

Министерство образования и науки Украины
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

На правах рукописи

ПЛУГИН ДМИТРИЙ АРТУРОВИЧ

УДК 620.193.7:691.32 (043.3)

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ ОБВОДНЕННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ И РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОКОРРОЗИОННОСТОЙКИХ
МАТЕРИАЛОВ И СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:
Плугин Аркадий Николаевич,
лауреат Государственной премии
Украины в области науки и техники,
доктор химических наук, профессор

Харьков – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
РАЗДЕЛ 1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДАННЫХ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОКОВ УТЕЧКИ С РЕЛЬСОВ И ТОКОВ ИЗ КОНТАКТНЫХ ПРОВОДОВ НА ЭЛЕКТРОКОРРОЗИЮ РЕЛЬСОВ И КОНСТРУКЦИЙ ОБВОДНЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	24
1.1 Общие данные о количестве электрифицированных путей на железных дорогах Украины.....	24
1.2 Анализ влияния постоянных токов утечки на состояние и сроки службы железобетонных и стальных конструкций железнодорожных тоннелей.....	26
1.2.1 Характеристика тоннелей железных дорог Украины.....	26
1.2.2 Срок службы и коррозионные повреждения конструкций тоннелей.....	31
1.3 Анализ влияния коррозии и электрокоррозии на срок службы рельсов верхнего строения пути в железнодорожных тоннелях.....	34
1.3.1 Срок службы рельсов.....	34
1.3.2 Критический анализ существующей классификации дефектов и повреждений рельсов и причин их возникновения.....	35
1.4 Анализ влияния напряжения от контактной сети, закрепленной на конструкциях путепроводов, на электрокоррозию этих конструкций...	39
1.4.1 Анализ статистических данных о путепроводах, на которых закреплена контактная сеть.....	39
1.4.2 Критический анализ крепления контактных проводов и натурные исследований их влияния на электрокоррозию конструкций.....	42
1.4.3 Натурные исследования влияния электрического поля от контактных проводов, закрепленных на конструкциях путепроводов и мостов, на электрокоррозию этих конструкций.....	47
1.5 Предварительные натурные исследований влияния токов утечки на электрокоррозию конструкций высоких пассажирских платформ.....	55
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 1.....	62
РАЗДЕЛ 2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О	64

МЕХАНИЗМАХ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ, ДОЛГОВЕЧНОСТИ И
ЗАЩИТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ, БЕТОННЫХ, КАМЕННЫХ И
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ,
ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ
УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ПУТИ.....

2.1 Критический анализ существующих представлений о возникновении токов утечки и токов от контактных проводов и их протекания через конструкции.....	64
2.1.1 Возникновение токов утечки и блуждающих токов и механизм электрокоррозии.....	64
2.1.2 Критический анализ существующих представлений о путях и схемах прохождения токов утечки по бетонным и железобетонным конструкциям.....	68
2.1.3 Традиционно принятые показатели электрокоррозионной опасности и защищенности конструкций и сооружений.	74
2.2 Анализ существующих способов защиты инженерных сооружений от электрокоррозии.....	78
2.2.1 Активная защита искусственных сооружений.....	79
2.2.2 Защита железнодорожных железобетонных сооружений.....	80
2.2.3 Защита рельсов и рельсовых скреплений в тоннелях.....	81
2.3 Анализ существующих представлений о влиянии наведенных токов от контактной сети на электрокоррозию инженерных сооружений и способов их защиты от электростатического поля.....	82
2.3.1 Аналитический обзор литературных источников о распространении электрического поля в воздушной среде и попадании его на конструкции.....	82
2.3.2 Анализ существующих литературных данных о защите инженерных сооружений от электростатического поля.....	87
2.4 Критический анализ существующих представлений о механизме электрокоррозии бетона.....	88
2.5 Коррозия металла и ее связь с возникновением трещин в бетоне....	91
2.6 Анализ существующих представлений о влиянии электрического поля на структуру и свойства стали.....	96
2.6.1 Существующие представления о механизме электропластического эффекта.....	96
2.6.2 Кинетика пластической деформации.....	98
2.6.3 Влияние электрического тока и магнитного поля на	100

взаимодействие дислокаций с точечными дефектами в металлах.....	
2.6.4 Деформационная поляризация металлов под действием электрического тока.....	102
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 2.....	104

РАЗДЕЛ 3 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И МАТЕРИАЛЫ.....	107
3.1 Методы исследований.....	107
3.1.1 Методика натурных исследований параметров токов утечки и блуждающих токов с электрифицированного рельсового пути.....	107
3.1.2 Методика исследования влияния электрического тока на бетон	112
3.1.3 Методика исследование воды, контактирующей с испытываемыми образцами.....	115
3.1.4 Методика определения физико-механических характеристик образцов бетона, подвергшихся воздействию электрического тока...	117
3.1.5 Методика лабораторных исследований электрокоррозии элементов верхнего строения пути.....	119
3.1.6 Методика лабораторных исследований новых конструктивных решений защиты от электрокоррозии конструкций путепроводов, на которых закреплена контактная сеть.....	123
3.1.7 Методы физико-химического анализа.....	125
3.2 Характеристика материалов используемых при исследованиях.....	127
РАЗДЕЛ 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ, БЕТОННЫХ, КАМЕННЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ.....	128
4.1 Натурные исследования электрокоррозии неармированного бетона в водопропускных трубах и бетонных опорах высоких пассажирских платформ.....	128
4.1.1 Натурные исследования электрокоррозии неармированного бетона в конструкциях бетонной водопропускной трубы.....	128
4.1.2 Определение остаточных свойств материалов трубы.....	136
4.1.3 Исследование электрических потенциалов на рельсах и конструкциях трубы.....	138
4.2 Натурные исследования электрокоррозионного состояния бетонных конструкций высоких пассажирских платформ.....	142
4.2.1 Натурные исследования электрокоррозионного состояния конструкций высоких пассажирских	142

платформ.....	
4.2.2 Исследование влияния водоемов и водотоков на электрокоррозию конструкций пассажирских платформ.....	147
4.3 Натурные исследования электрокоррозии неармированного бетона, каменной кладки и железобетона в конструкциях малых мостов-труб.....	150

4.4 Исследования разрушений конструкций мостов под влиянием избыточных отрицательных зарядов на дне рек и других больших водотоков.....	157
.....	157
4.4.1 Вантовые мосты.....	157
4.4.2 Южный и Дарницкий мосты через р. Днепр в г. Киеве.....	163
4.5 Натурные исследования влияния электрического поля от контактных проводов, закрепленных на конструкциях путепроводов и мостов, на их электрокоррозионное состояние.....	165
4.5.1 Натурные исследования влияния электрического поля от контактных проводов на электрокоррозионное состояние конструкций..	165
4.5.2 Натурные исследования электрокоррозии конструкций и установление причины обрушения железобетонной балки в путепроводе через железнодорожные пути ст. Лозовая на 928 км участка Харьков – Лозовая Южной железной дороги.....	172
4.5.3 Систематизация разрушающих факторов и повреждений конструкций путепроводов, на которых закреплена контактная сеть.....	183
4.6 Исследование влияния электрического поля контактной сети, токов утечки и природных избыточных зарядов на электрокоррозию тоннелей.....	184
4.6.1 Тоннели Донецкой железной дороги.....	184
4.6.2 Тоннели Львовской железной дороги.....	194
4.6.3 Тоннели Приднепровской железной дороги.....	198
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 4.....	204
РАЗДЕЛ 5 РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВЛИЯНИИ НА ЭЛЕКТРОКОРРОЗИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ И ОТКАЗ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ИЗБЫТОЧНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ И ЗАРЯДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.....	208
5.1 Развитие представлений о влиянии избыточных зарядов от запусков космических ракет-носителей на повреждаемость опор контактной сети	208
5.2 Механизм возникновения и распространения токов утечки в железобетонных	219

конструкциях.....	
5.3 Разработка схем протекания токов утечки и попадания избыточных зарядов Земли на конструкции сооружений.....	220
5.4 Развитие представлений о цикличности постоянного напряжения и тока утечки в конструкциях на электрифицированных постоянным током участках пути.....	231

5.5 Развитие представлений о прочности и механизме растворения цементного камня и бетона в электрическом поле токов утечки.....	236
5.5.1 Уточнение количественной теории прочности цементного камня с учетом растворения кристаллогидратов портландита при электрокоррозии бетона.....	236
5.5.2 Вынос потенциалопределяющих ионов Ca^{2+} и продуктов растворения $Ca(OH)_2$ из цементного камня в электрическом поле токов утечки и поле от избыточных природных и от запуска ракет-носителей зарядов.....	248
5.5.3 Особенности выщелачивания цементного камня из бетона конструкций в реальных условиях их эксплуатации на электрифицированных постоянным током участках пути.....	251
5.5.4 Электромиграционный перенос в процессах электрокоррозии бетона.....	253
5.6 Развитие представлений о прочности и электрокоррозии стали и бетона в стальных и железобетонных конструкциях.....	259
5.6.1 Общие сведения о теориях прочности материалов.....	259
5.6.2 Реальная структура стали и ее электроповерхностные свойства.....	260
5.6.3 Механизм электрокоррозии стали.....	269
5.7 Развитие представлений о механизме износа и трещинообразования стали в головке рельса.....	275
5.7.1 Восприятие нагрузки от колеса единичными контактами между ферритовыми блоками в стали.....	275
5.7.2 Развитие количественных представлений о механизме износа и трещинообразования в головке рельса под нагрузкой с учетом микроструктуры стали и электроповерхностных свойств ее структурных элементов.....	279
5.7.3 Дополнительная сила латерального электроповерхностного отталкивания между блоками феррита в подошве рельса от потенциала в контактном проводе.....	291

	11
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 5.....	292
РАЗДЕЛ 6 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МЕХАНИЗМАХ И СВОЙСТВАХ.....	295
6.1 Лабораторно-экспериментальные исследования воздействия на бетон пульсирующего однонаправленного постоянного напряжения.....	295

6.1.1 Экспериментальные исследования влияния пульсирующего постоянного напряжения на свойства бетона невысокой прочности..	295
6.1.2 Исследование механизма воздействия на бетонный образец пульсирующего однонаправленного постоянного напряжения.....	297
6.1.3 Новые теоретические представления о емкостной проводимости, гигантской диэлектрической проницаемости и электрокоррозии бетона при воздействии на него пульсирующего однонаправленного постоянного напряжения.....	302
6.1.4 Физические и физико-механические исследования бетонного образца при воздействии на него пульсирующего однонаправленного постоянного напряжения.....	304
6.1.5 Физико-химические исследования цементного камня из бетонного образца после длительного воздействия на него пульсирующего однонаправленного постоянного напряжения.....	308
6.1.6 Исследование влияния пульсирующего однонаправленного постоянного напряжения на бетоны различной прочности.....	313
6.2 Лабораторно-экспериментальные исследования влияния пульсирующего постоянного напряжения на электрокоррозию стали.....	315
6.3 Экспериментальные исследования воздействия пульсирующего напряжения на рельсы, скрепления и бетон под ними в условиях обводнения.....	321
....	
6.4 Исследования эффективности применения защитных экранов различных конструкций.....	330
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 6.....	334
РАЗДЕЛ 7 РАЗРАБОТКА, ВНЕДРЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ БЕТОННЫХ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ, КАМЕННЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	338
7.1 Разработка предложений по усовершенствованию нормативных	338

документов по защите от электрокоррозии проектируемых бетонных и железобетонных конструкций.....

7.2 Использование результатов исследований при разработке и внедрении новых материалов и технологий для защиты от электрокоррозии, восстановлении и усилении аварийных конструкций и сооружений.....

..... 342

7.3 Разработка способов и технологий по защите от электрокоррозии конструкций железнодорожных тоннелей и верхнего строения пути в них.....	343
7.3.1 Мероприятия по защите от коррозии и электрокоррозии элементов верхнего строения пути в железнодорожных тоннелях.....	343
7.3.2 Гидроизоляцией тоннелей с помощью водонепроницаемых рубашек.....	346
7.3.3 Основание пути в тоннелях на сборных железобетонных плитах	352
7.3.4 Сроки службы элементов верхнего строения пути в железнодорожных тоннелях.....	353
7.4 Разработка способов и технологий по защите от электрокоррозии конструкций путепроводов.....	355
7.4.1 Защита конструкций путепроводов от электрокоррозии с помощью сплошного стального экрана с глубинным заземлителем.....	356
7.4.2 Защита конструкций путепроводов от электрокоррозии с помощью сетчатых экранов понизу опор с глубинным заземлением....	356
7.4.3 Защита конструкций путепроводов от электрокоррозии с помощью жидкостекольных экранов с глубинным заземлением.....	358
7.5 Разработка способов и технологий восстановления несущей способности и защиты от электрокоррозии конструкций высоких пассажирских платформ.....	360
7.5.1 Усиление плит покрытия.....	360
7.5.2 Усиление опор из бетонных блоков.....	364
7.5.3 Защита конструкций пассажирских платформ от электрокоррозии под действием тока утечки с рельсового пути.....	365
7.6 Общие рекомендации по защите от электрокоррозии бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций и сооружений железных дорог.....	369
7.6.1 Глубинный заземлитель.....	369

7.6.2 Защита конструкций от электрокоррозии путем устранения токов утечки с рельсового пути через шпалы.....	370
7.7 Внедрение и эксплуатационные испытания способов и технологий по защите от электрокоррозии бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций и сооружений железных дорог.....	373
7.7.1 Восстановление эксплуатационных свойств и защита от электрокоррозии конструкций водопропускных труб, мостов и путепроводов.....	373
.....	373

7.7.2 Производственно-эксплуатационные испытания технологии восстановления несущей способности и защиты от электрокоррозии конструкций высоких пассажирских платформ.....	381
7.8 Внедрение результатов исследований в нормативных документах...	385
7.9 Патентование разработанных решений.....	386
7.10 Экономический эффект.....	387
7.11 Использование результатов исследований в учебном процессе.....	388
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 7.....	390
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	393
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	397
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	414
Приложение А. Схема расположения тоннелей Приднепровской железной дороги относительно морского побережья.....	415
Приложение Б. Ситуационные планы окружающей местности высоких пассажирских платформ Южной железной дороги.....	417
Приложение В. Ведомственные строительные нормы, технические указания, рекомендации.....	423
Приложение Г. Акты производственного внедрения.....	449
Приложение Д. Патенты по результатам исследований.....	470

ВВЕДЕНИЕ

На железных дорогах, в метрополитенах, городском и промышленном рельсовом транспорте эксплуатируется значительное количество металлических и железобетонных конструкций подрельсовых оснований (шпал, брусьев, плит), инженерных сооружений (мостов, тоннелей, труб), опор контактной сети и линий связи и т.п. Рельсовый транспорт часто является электрифицированным постоянным или переменным током напряжением: железные дороги – постоянным 3 кВ , переменным 25 кВ ; метрополитен – постоянным 825 В ; трамвай – постоянным 600 В .

Эксплуатационная надежность мостов, путепроводов, тоннелей, верхнего строения пути, опор контактной сети и других сооружений, эксплуатирующихся на электрифицированных участках железнодорожных путей, в значительной степени определяется способностью их железобетонных, бетонных, каменных и металлических конструкций сопротивляться разрушительному действию токов утечки и блуждающих токов, возникающих при движении электроподвижного железнодорожного транспорта.

Существующими представлениями и действующими нормативами учтено, что такое действие вызывает только постоянный ток и только в анодных зонах металлических и арматуры железобетонных конструкций. Однако в последнее время научный коллектив кафедры БМКС УкрГАЖТ получает новые данные и выдвигает гипотезы о том, что электрокоррозионному разрушению под действием постоянного тока в условиях обводнения подвергается также и бетон, и металлические конструкции под слоем защитных покрытий. Это подтверждается тем, что в некоторых сооружениях, эксплуатируемых в соответствии с действующими инструкциями, в частности тоннелях, путепроводах и мостах, отмечаются непредвиденные значительные коррозионные повреждения. Указанные сооружения относятся к наиболее ответственным, т.к. они непосредственно воспринимают большую нагрузку от подвижного состава, и их безаварийная эксплуатация связана с безопасностью жизни большого количества людей.

Практически все повреждения тоннелей могут быть обусловлены коррозией материалов обделки (исключительно или в сочетании с другими факторами) – выщелачиванием бетона и раствора, коррозией бетона и арматуры от агрессивного воздействия подземных вод и выхлопных газов. Веской причиной может быть электрокоррозия арматуры и бетона на электрифицированных участках, однако действующими нормативами она не учтена.

Влияние электрификации на срок службы рельсов учтен только для участков рекуперативного торможения. Особенности эксплуатации в обводненных условиях или в тоннелях нормами не учтены.

Анализ данных предварительных натуральных исследований металлических и железобетонных пролетных строений путепроводов, на которых закреплена контактная сеть постоянного тока, выявил значительное влияние постоянного напряжения в контактных проводах на состояние их конструкций. При этом в значительной мере интенсифицируется электрокоррозия металлических конструкций, арматуры и бетона в железобетонных конструкциях, а также защитных покрытий на металлических конструкциях. Характерными повреждениями железобетонных конструкций является интенсивное выщелачивание бетона, отслоение защитного слоя, трещины над арматурой и коррозия арматуры как непосредственно над контактным проводом, так и в нижних зонах конструкций, где наведенный потенциал стекает в грунт.

Неудовлетворительное, а зачастую аварийное состояние отмеченных сооружений потребовало дальнейшего более детального и масштабного обследования железобетонных, бетонных, каменных и металлических конструкций и сооружений эксплуатирующихся на электрифицированных участках железных дорог.

Основной причиной указанного выше неудовлетворительного состояния инженерных сооружений и низкой эффективности способов и материалов для их защиты от электрокоррозии является, по нашему мнению, то, что между различными теоретическими и экспериментальными данными о характере и

степени электрокоррозии цементного камня, бетона и стали нет согласованности, и единая теория не сформулирована. Высокая долговечность бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций в условиях обводнения и постоянного тока утечки не может быть обеспечена на основе существующих представлений, не позволяющих раскрыть действительный механизм электрокоррозионного разрушения.

Разногласия в теоретических представлениях и несовершенство существующих норм обусловлены не учитываемыми поляризацией бетона, снижающей результирующую напряженность электрического поля, различной степенью обводненности конструкций, принципиальным отличием параметров постоянного тока, применяемого в экспериментах от действительного, действующего на реальные конструкции – ток фактически является не постоянным, а пульсирующим однонаправленным, изменяющимся во времени при прохождении электроподвижного состава в зоне сооружения.

Одной из неизученных причин интенсификации электрокоррозии металлических конструкций, арматуры и бетона в железобетонных конструкциях пролетных строений путепроводов, а также тоннелей, на (в) которых закреплена контактная сеть постоянного тока, является возникновение электростатического поля в воздухе от потенциала в контактном проводе, которое может индуцировать противоположный потенциал на поверхности металла конструкций или арматуры.

Разрушение бетона конструкций под воздействием токов утечки также может происходить при участии следующих факторов – осмотическое и капиллярное проникание воды в бетон, безнапорная фильтрация, диффузионный вынос продуктов коррозии и выщелачивания из него, электроосмотический перенос и вызванное им расклинивающее давление в бетоне.

Традиционные представления о природе электрохимического механизма коррозии стали, обусловленной электрохимической гетерогенностью поверхности раздела металл – электролит, являются слишком условными, не

отражающими, на наш взгляд, действительную структуру металлов в поверхностных слоях. Действительный механизм возникновения анодного и катодного участков и механизмов электрохимической коррозии и электрокоррозии стали обусловлен реальной микро- и субмикроструктурой стали, а также существованием у всех простых и сложных веществ абсолютных электроповерхностных потенциалов $\psi_{ЭП}^0$.

Существующие представления о механизме влияния тока на механические характеристики металлов носят общий характер, не согласуются друг с другом, не содержат количественных зависимостей, которые можно было бы использовать для развития их в качестве теории износа стали рельсов. Вместе с тем они свидетельствуют о реальности влияния токов на износ и старение рельсов на электрифицированных путях, что делает реальной и задачу разработки теории ускоренного старения рельсов под воздействием потенциала на них.

Отмеченные неизученные ранее явления можно полагать главной причиной недостаточной долговечности и надежности обводненных бетонных, железобетонных, каменных и металлических сооружений, эксплуатирующихся на электрифицированных участках железнодорожного пути.

Таким образом, существует *научная проблема*, сущность которой заключаются в необходимости развития теоретических основ защиты и восстановления бетонных, железобетонных, каменных и металлических сооружений, эксплуатирующихся в условиях обводнения и воздействия на них блуждающих токов, токов утечки и электростатического поля от потенциала в контактном проводе, на основе изучения долговременных свойств материалов и процессов их разрушения, и разработки на этой основе новых, более эффективных и недорогих способов и материалов для их защиты и восстановления. *Значимость* данной проблемы обусловлена массовостью указанных сооружений, ухудшающимся техническим состоянием в условиях дефицита средств на текущее содержание и капитальные ремонты,

непосредственной связью их безаварийной эксплуатации с безопасностью жизни большого количества людей.

Исходя из изложенного, *исходными* для разработки темы являются *данные* о конструкции бетонных, железобетонных, каменных и металлических сооружений, эксплуатирующихся на электрифицированных участках железнодорожного пути в условиях обводнения и воздействия на них блуждающих токов, токов утечки и электростатического поля от потенциала в контактном проводе, и материалах для их возведения, защиты и восстановления, об эксплуатационных воздействиях на эти сооружения и их фактическом состоянии, о долговременных свойствах и процессах разрушения материалов для их возведения, защиты и восстановления эксплуатационных свойств.

Таким образом, основной причиной электрокоррозионного повреждения и преждевременного снижения долговечности конструкций бетонных, железобетонных, каменных и металлических сооружений является несовершенство теории прочности и электрокоррозии цементного камня, бетона и стали и долговечности конструкций из них, что не позволяет разработать эффективные способы и материалы для защиты от электрокоррозии. Следовательно, *тема диссертации*, посвященная развитию теории долговечности обводненных бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций и сооружений, эксплуатирующихся на электрифицированных участках железнодорожного пути и созданию на этой основе теоретических и методических основ их эффективной защиты от электрокоррозии, восстановления и обеспечения надежной эксплуатации, *является актуальной*.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена на кафедре «Строительные материалы, конструкции и сооружения» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта.

Выполнение работы осуществлялось в рамках госбюджетных научно-исследовательских тем УкрГАЖТ: «Розробка теоретичних та

експериментальних основ захисту від електрокорозії споруд залізничного транспорту» (№ ДР 0108U000076); «Розробка теоретичних основ та експериментальні дослідження впливу струмів витoku та блукаючих струмів на бетон та розчин бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій» (№ ДР 0110U002128); «Розвиток теоретичних основ та експериментальні дослідження протизсувних заходів, технологічних рішень і матеріалів» (№ ДР 0112U000420); «Розвиток теоретичних та експериментальних основ визначення складів водонепроникного тріщиностійкого бетону для конструкцій і споруд залізниць» (№ ДР 0113U001030); «Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд і колії на їх надійність і безпеку руху» (№ ДР 0113U001031); а також в рамках хоздоговорних НИР, виконуваних в соответствии с планами НИОКР Укрзалізничниці, с Южной железной дорогой и другими организациями (разд. 7).

Цель исследований – развитие теории электрокоррозии бетона, железобетона и стали в обводненных конструкциях сооружений, эксплуатирующихся на электрифицированных участках железнодорожного пути на основе положений коллоидной химии, физико-химической механики дисперсных систем и электрогетерогенных взаимодействий в них и создание на этой основе комплекса высокоэффективных материалов, конструктивных решений, способов и технологий защиты от электрокоррозии, восстановления и продления сроков службы конструкций и сооружений.

Научная гипотеза заключается в следующем:

1. Электрокоррозионное разрушение бетона под влиянием пульсирующего однонаправленного постоянного электрического потенциала на рельсах и конструкциях происходит за счет электромиграционного выноса катионов Ca^{2+} из капилляров в воду или водонасыщенный грунт под влиянием токов утечки и электрического поля от контактных проводов.

2. Причиной интенсификации электрокоррозии металлических конструкций, арматуры и бетона в железобетонных конструкциях пролетных строений путепроводов, а также тоннелей, на которых закреплена контактная

сеть постоянного тока, может служить возникновение электростатического поля в воздухе от потенциала в контактном проводе, которое индуцирует противоположный потенциал на поверхности металла конструкций или арматуры. Это вызывает необходимость разработки в дополнение к обычному заземлению устройств экранирующей защиты;

3. Защита вновь возводимых и восстановление разрушающихся от электрокоррозии эксплуатирующихся конструкций может быть обеспечена за счет разработки и внедрения следующего комплекса мер:

- методики проведения эксплуатационных исследований электрокоррозионной опасности бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций сооружений от действия блуждающих токов, токов утечки и электростатического поля с учетом обводненности конструкций и графика движения электроподвижного состава (ЭПС);

- комплексной защиты от электрокоррозии за счет устранения выноса продуктов электрокоррозии из тела конструкции; отвода токов утечки от подверженной электрокоррозии подземной и наземной конструкции, уменьшение их обводненности с помощью противофильтрационной завесы в грунте, применения для изготовления новых или восстановления разрушающихся от электрокоррозии эксплуатируемых конструкций электрокоррозионностойкого бетона или раствора оптимального состава из безосадочной с высокой виброрастекаемостью смеси.

Задачи исследования. Для достижения указанной цели с учетом изложенной научной гипотезы поставлены следующие основные задачи:

- выполнить анализ существующих данных об электрокоррозионном состоянии бетонных, железобетонных, металлических и каменных конструкций сооружений на электрифицированных постоянным током участках железнодорожного пути;

- выполнить критический анализ существующих теоретических представлений о механизмах электрокоррозии бетонных и железобетонных конструкций и способах их защиты от электрокоррозии;

- выполнить натурные исследования электрокоррозионного состояния обводненных бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций в эксплуатационных условиях и характера воздействия на них токов утечки и электрического поля от контактных проводов;

- разработать новые теоретические представления об электрокоррозии бетона в обводненных неармированных бетонных и железобетонных конструкциях;

- выполнить комплексные лабораторные исследования по проверке новых теоретических представлений;

- разработать комплекс высокоэффективных материалов и технологий по защите обводненных конструкций от электрокоррозии;

- выполнить эксплуатационные испытания и внедрить новые материалы и технологии;

- разработать новые нормативные документы по обеспечению защиты обводненных конструкций от электрокоррозии.

Объект исследования – цементный камень, бетон и сталь обводненных бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций и сооружений, которые эксплуатируются на электрифицированных участках железнодорожных путей и разрушаются, материалы для защиты и восстановления указанных конструкций.

Предмет исследования – процессы, явления и взаимодействия, определяющие структуру, прочность, разрушение, в том числе электрокоррозионное, защиту от электрокоррозии и долговечность цементного камня, бетона, железобетона и стали в сооружениях, эксплуатируемых на электрифицированных участках железнодорожного пути в условиях обводнения и воздействия на них блуждающих токов, токов утечки и электростатического поля от потенциала в контактном проводе.

Методы исследований. Изменение свойств бетона и стали, в результате воздействия электрического поля в условиях обводнения, исследовали с использованием комплекса стандартных и оригинальных методов. Физико-

механические свойства бетона определялись по стандартным методикам. Фазовый состав цементного камня в бетоне (исходном и подвергнутому воздействию электрического поля) и продуктов коррозии стали – с помощью физико-химических методов: рентгенографического – с помощью дифрактометра ДРОН-3 и инфракрасной спектроскопии – ИК-Фурье-спектрометра Bruker ALPHA. Микро- и субмикроструктуру цементного камня и бетонных образцов изучали с помощью метода люминесцентной дефектоскопии и оптической микроскопии с использованием бинокулярного микроскопа МБС-2, структурных элементов надмолекулярного уровня – путём дополнительного увеличения с помощью сканера и ПЭВМ. Химический состав воды в ячейках с обрабатываемыми бетонными образцами – методом *pH*-метрии с помощью *pH*-метра-милливольтметра *pH*-150М и *pH*-метра-иономера «Эксперт-001», и методом титрования. Электрические характеристики бетона, в том числе как элементов подрельсовых оснований, стальных элементов верхнего строения пути при воздействии постоянного электрического поля в условиях обводнения, новых конструктивных решений защиты от электрокоррозии конструкций путепроводов, на которых закреплена контактная сеть, – по оригинальным методикам с помощью специально разработанных и изготовленных датчиков и установок. Характеристики распространения электрического поля от тока утечки с рельсов на обводненные конструкции и сооружения исследовали в соответствии с оригинальными методиками и схемами измерений с помощью цифровых мультиметров Sanwa PC510, оснащенных интерфейсом с компьютером, программного обеспечения PC Link и специально изготовленных датчиков.

Достоверность результатов исследований обеспечена использованием в теоретических исследованиях фундаментальных положений и закономерностей коллоидной химии, физико-химической механики дисперсных систем и материалов, применением в экспериментах комплекса стандартных и оригинальных физико-механических, физико-химических и электрометрических методов исследований, методов статистической обработки

результатов исследований, а также подтверждением теоретических и экспериментальных исследований эксплуатационными исследованиями и внедрением.

Научная новизна полученных результатов:

1. Новые теоретические представления, схемы и уравнения:

– о природе тока утечки с рельсов на электрифицированном постоянным током пути, которая заключается в том, что в действительности это пульсирующий однонаправленный постоянный ток;

– об электрокоррозионном разрушении цементного камня в обводненном бетоне, которое заключается в растворении под действием пульсирующего напряжения блоков портландита $Ca(OH)_2$, уменьшении при этом концентрации электрогетерогенных контактов ЭГК с единичными контактами между катионами Ca^{2+} и анионами OH^- , возникновении за счет этого избыточных электрогомогенных контактов ЭГомК между частицами объемного геля и отталкивания между ними, что обуславливает возникновение внутренних растягивающих напряжений;

– о зависимости электрокоррозионной повреждаемости железобетонных опор контактной сети от гигантских по величине избыточных природных зарядов, а также зарядов, возникающих при запуске космических ракет-носителей.

– о емкостной проводимости бетона, обусловленной его гигантской диэлектрической проницаемостью, что в условиях пульсирующего однонаправленного постоянного тока создает сопоставимую с активной и даже превышающую ее емкостную проводимость $2\pi fC$.

2. Новые представления об основных механизмах:

– формирования прочности и электрокоррозии стали, в т.ч. рельсов, с учетом ее микро- и субмикроструктуры, согласно которым под воздействием внешнего электрического потенциала на поверхности блоков и зерен стали возникает дополнительный электроповерхностный потенциал, что приводит к увеличению на поверхности ферритового блока (зерна) латерального

электроповерхностного отталкивания между потенциалопределяющими ионами, что вызывает электрокоррозию стали;

– аномально высоких коррозионных разрушений в конструкциях тоннелей на неэлектрифицированных и электрифицированных участках пути, механизм которых обусловлен существованием избыточного положительного заряда во вмещающих грунтовых массивах и в конструкциях тоннеля в связи с его большим заглублением или расположением на побережье в окружении морского залива с нескольких сторон;

– разрушения легких экономичных висячих и больших железобетонных мостов через большие реки, механизм которого связан с накоплением после строительства моста избыточных отрицательных зарядов огромной величины, переходящих со дна реки на его конструкции, вызывая в них большие растягивающие напряжения и переход упругих свойств материалов в эластичные.

3. Новые схемы протекания электрокоррозионных токов через бетонные и железобетонные конструкции, в том числе для опор контактной сети, обделки тоннелей, высоких пассажирских платформ, обычных путепроводов и мостов, висячих разрушенных и аномально колеблющихся мостов.

4. Впервые установленная зависимость электрокоррозионного разрушения бетонных и железобетонных конструкций пассажирских платформ от их расстояния до водоема или водотока.

Практическая значимость полученных результатов заключается в разработке и внедрении комплекса новых методик проведения эксплуатационных исследований электрокоррозионной опасности бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций сооружений, а также высокоэффективных материалов и технологий для защиты от электрокоррозии и обеспечения несущей способности и высокой долговечности обводненных конструкций из бетона, железобетона, каменной кладки и стали, эксплуатирующихся на электрифицированных участках железнодорожного пути.

Отмеченные материалы и технологии были успешно реализованы при восстановлении и усилении аварийных мостов, водопропускных труб и пассажирских платформ по планам капитального ремонта Южной железной дороги и ряда других организаций (Прил. Г), а также при разработке следующих ведомственных нормативных и инструктивных документов (Прил. В):

- технічні вказівки до захисту конструкцій мостів від корозії, що виникає від блукаючих струмів;
- технічні вказівки з контролю електричного опору бетону і залізобетонних шпал у заводських та експлуатаційних умовах;
- рекомендації по захисту конструктивних елементів будівель та споруд, що експлуатуються, від агресивних дій;
- рекомендації зі зменшення та усунення тріщиноутворення дерев'яних шпал та брусів;
- рекомендації із захисту та підсилення будівель та споруд станційних комплексів, що руйнуються від спільної дій електричного струму, вібрації, ґрунтових вод;
- рекомендації із захисту від корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях;
- рекомендації із закріплення слабких ґрунтів основ будівель та споруд, що експлуатуються на залізницях України;
- рекомендації із забезпечення тріщиностійкості плит безбаластного мостового полотна, ЦП – 0224;
- рекомендації із захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа;
- рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць;
- рекомендації з усунення тріщин у стінах будівель станційних комплексів;

- рекомендації з улаштування полімеркомпозиційного прокладного шару під збірним та збірномонолітним залізобетонним безбаластним мостовим полотном;

- галузеві будівельні норми України (проект). Споруди транспорту. Захист будівельних конструкцій та споруд залізничного транспорту від агресивних дій;
- технічні умови «Склади захисні кольорові ЗС-1М і ЗС-3М для бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій» ТУ У 45.2-01116472-105:2006.

Матеріали дисертації використовуються в УкрГАЗТ в навчальному процесі при підготовці спеціалістів і магістрів по спеціальностям «Железнодорожные сооружения и путевое хозяйство» и «Промышленное и гражданское строительство», а также при повышении квалификации специалистов предприятий железнодорожного транспорта.

Основной экономической эффект от разработок по диссертации составил 2 803 745 грн за период внедрения. Он обусловлен выполнением капитального ремонта в сочетании с защитой от электрокоррозии сооружений вместо полной замены поврежденных конструкций новыми, а также увеличением межремонтных сроков.

Личный вклад соискателя. Обзор существующих представлений по изучаемым вопросам, разработка теоретических разделов диссертации – формулирование научных гипотез, вывод зависимостей, соответствующие расчеты и т.д. выполнены автором лично. Экспериментальные и натурные исследования и внедрение результатов исследований выполнены совместно с соавторами публикаций. Участие автора в совместных публикациях отражено в перечне опубликованных работ.

Соискатель выражает искреннюю благодарность научному консультанту проф. Плугину А.Н. и зав. кафедрой СМКС УкрГАЗТ проф. Плугину А.А. за научные консультации и помощь в организации исследований, а также всем соавторам, совместно с которыми выполнялись экспериментальные и натурные исследования и внедрение их результатов.

Апробация результатов диссертации. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях и семинарах: 45-й Международный семинар по моделированию и оптимизации композитов МОК'45 (Одесса, 28 – 29 апреля 2006 г.); Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa: VIII Konferencje Naukowo-Techniczna (Польша, Ольштын, 18 – 20 мая 2006 г.); 6-й украинский межотраслевой научно-практический семинар «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення» (Киев, 26 – 28 июня 2006 г.); Международная научно-техническая конференция «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення» (Киев, 21 – 23 июня 2007 г.); 2-я научно-техническая конференция «Математичні моделі процесів в будівництві» (Залізобетонні конструкції та матеріали) (Луганск, 29 – 30 марта 2007 г.); Школа-семинар «Протирозмивні заходи. Використання залізобетонних габіонних конструкцій» (Коломыя, 29 – 30 сентября 2010 г.); 7 International Conference on Bridges across the Danube 2010. «Theory and practice in bridge engineering» (Болгария, София, 14 – 15 октября 2010 г.); Школа-семинар «Відновлення інженерних споруд в умовах щільної міської забудови» (Белгород – Днестровский, 6 – 7 сентября 2011 г.); 18 Internationale Baustofftagung «18 Ibausil» (Германия, Веймар, 12 – 15 сентября 2012 г.); Aplikovane vědecke novinky – 2013: IX Mezinar. vědecko-prakt. konf. (Чехия, Прага, 27 июля – 5 августа 2013 г.); Международная научная конференция «Эффективные композиты для архитектурной геоники» (Россия, Белгород, 18 – 19 сентября 2013 г.); Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы физико-химического материаловедения» (Макеевка, 30 сентября – 4 октября, 2013 г.); III-я Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БелИИЖТа – БелГУТа «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (Беларусь, Гомель, 03 – 04 октября 2013 г.); 66 – 75 международных научно-технических конференциях УкрГАЗТ (Харьков, 2004 – 2013 гг.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 50 научных трудах, из которых 30 опубликованы в научных журналах и сборниках научных трудов в изданиях, рекомендованных ВАК Украины, в т.ч. 2 монографии; 2 – в изданиях зарубежных государств; 3 – в изданиях, включенных в международные наукометрические базы. По результатам исследований получено 7 патентов Украины на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 разделов, общих выводов, 5 приложений и изложена на 492 страницах, которые включают 300 страниц основного текста, 32 таблицы, 293 рисунка и приложения на 79 страницах, список использованных источников из 220 наименований на 17 страницах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне / С.Н. Алексеев. – [2-е изд.]. – М.: Стройиздат, 1968. – 232 с.
2. Анализ состояния опорного хозяйства контактной сети в четвертом квартале 2012 года [Электронный ресурс] // Филиал ОАО «РЖД». Центральная дирекция инфраструктуры. Управление электрификации и электроснабжения. – Режим доступа: http://static.scbist.com/scb/uploaded/1056_1369944191.pdf.
3. Анализ ферритного зерна в малоуглеродистой стали ASTM E 112 plate I, ASTM E 1382 [Электронный ресурс] / ПРЕСС-РЕЛИЗ №12. – Режим доступа: http://siams.com/releases/solutions/grain_astm.pdf.
4. Артамонов В.С. Защита железобетона от коррозии / В.С. Артамонов. – М.: Стройиздат, 1967. – 128 с.
5. А. с. 1158552 СССР. Способ обработки бетонных смесей электротоком критической частоты / И.А. Чулков, А.И. Бирюков, С.С. Духин и др. (СССР). – № 3568769/29-33; заявл. 25.03.83; опубл. 30.05.85, Бюл. № 20.
6. А. с. 1762191 А1 СССР, G 01 N 17/00. Медно-сульфатный электрод сравнения / В.А. Бондарь (СССР). – № 4866437/28; заявл. 17.09.90; опубл. 15.09.92, Бюл. № 34.
7. А. с. 329191 СССР, C 09 k 1/02, C 09 k 3/00. Люминесцентная паста для дефектоскопии пористых материалов / Л.Я. Малкес, А.Г. Ольгинский, Б.М. Красовицкий, О.П. Мчедлов-Петросян, А.А. Старосельский, П.А. Мельниченко (СССР). – № 1462971/23-4; заявл. 24.07.70; опубл. 09.02.72, Бюл. № 7.
8. А. с. 694608 СССР, E 04 B 1/64, E 04 C 5/00. Устройство для защиты от коррозии арматурных каркасов железобетонных изделий / В.А. Бондарь, Г.Л. Пругло (СССР). – № 2617403/29-33; заявл. 16.05.78; опубл. 30.10.79, Бюл. № 40.
9. Бабушкин В. И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона / Бабушкин В.И. – М.: Стройиздат, 1968. – 188 с.
10. Багоцкий В.С. Основы электрохимии / В.С. Багоцкий. – М.: Химия, 1988. – 400 с.
11. Бадовска Г. Антикоррозионная защита зданий / Г. Бадовска, В. Дпнилецкий, М. Мончинский. – М.: Стройиздат, 1978. – 508 с.
12. Батаронов И.Л. Механизмы влияния электрического поля и электрического тока на пластическую деформацию металлов : дис. ... д-ра физ.-мат. наук: 01.04.07 / Батаронов Игорь Леонидович. – Воронеж, 2000. – 280 с.
13. Батаронов И.Л. Механизмы электропластичности / И.Л. Батаронов // Соросовский Образовательный Журнал. – 1999. – № 10. – С. 93 – 99.
14. Батаронов И.Л. О влиянии электрического тока и магнитного поля на взаимодействие дислокаций с точечными дефектами в металлах / И.Л. Батаронов, А.М. Рощупкин // ФТТ. 1988. Т.30, № 11. С. 3311 – 3318.
15. Белореченский карта поселка городского типа [Электронный ресурс] // Gorodovik.com. – Режим доступа: <http://gorodovik.com/towns/info/Belorechenskiy/12585>.

16. Бернацкий А.Ф. Электрические свойства бетона / А.Ф. Бернацкий, Ю.В. Целебровский, В.А. Чунчин. – М.: Энергия, 1980. – 208 с.

17. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності: ДСТУ Б В.2.7-170:2008. – [чинний з 2009–07–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009 – 38 с. – (Національні стандарти України).

18. Бирюков А. И. О механизме электровоздействия на ранней стадии твердения цемента / Бирюков А.И., Плугин А.Н., Чулков И.А. // Повышение долговечности бетона транспортных сооружений. – М., 1980. – Вып. 662. – С. 59 – 66.

19. Блуждающие токи [Электронный ресурс] // Энциклопедия ж.д. – Режим доступа: <http://www.jd-enciklopedia.ru/8-elektrifikaciya-i-elektrosnabzhenie-zheleznyx-dorog/8-3-2-bluzhdayushhie-toki/>.

20. Болдырев А. И. ИК–спектры минералов / А.И. Болдырев. – М.: Недра, 1976. – 199 с.

21. Бондарь В.А. Защита от коррозии арматуры надземных железобетонных конструкций катодной поляризацией: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05; 05.17.14 / Бондарь Виктор Александрович; Полтавский инженерно-строительный ин-т. – Полтава, 1994. – 349 с.

22. Борзяк О.С. Исследование состава водной среды, контактирующей с бетоном, подвергающимся электрокоррозии / О.С. Борзяк, Ал.А. Плугин, Д.А. Плугин // Вісник НТУ. – 2011. – № 27. – С. 138 – 145.

23. Брандт У. Изучение диэлектрических свойств твердеющих минеральных вяжущих веществ: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Брандт Ульрих. – Харьков, 1976. – 94 с.

24. Брунов В.В. Влияние гео- и технопатогенных зон на различные аспекты жизнедеятельности [Электронный ресурс] / В.В. Брунов. – Москва – Вологда, 2005. – 366 с. – Режим доступа: www.iga1.ru/conferation/monograf.doc.

25. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками : ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [чинний з 2010–09–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010 – 43 с. – (Національні стандарти України).

26. Будівельні матеріали. пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-32-95. – [чинний з 1996-01-01]. – К.: Держкоммістобудування, України, 1996 – 13 с. – (Національні стандарти України).

27. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-46:2010. – [чинний з 2011-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011 – 14 с. – (Національні стандарти України).

28. Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-75-98. – [чинний з 1999-01-01]. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 1999 – 14 с. – (Національні стандарти України).

29. Бурдин В.В. Физика : учеб. пособие. Часть II. Основы электромагнетизма / В.В. Бурдин; Под общ. ред. проф. А.И. Цаплина; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2007. – 188 с.

30. Бутт Ю.М. Влияние импульсного электрического поля на кинетику гидратации и твердение структуры цементного камня / Ю.М. Бутт, В.М. Колбасов, А.М. Левшин // Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1973. – № 9. – С. 65 – 68.
31. В Киеве дал трещину Южный мост [Электронный ресурс] // MIGnews.com.ua. – Режим доступа: <http://mignews.com.ua/ru/articles/136448.html>.
32. Вакс В.Г. Упорядочивающиеся сплавы. Структуры, фазовые переходы, прочность / В.Г. Вакс // Соросовский Образовательный журнал. – 1977. – №3. – С. 115 – 123.
33. Гейдер Р. Исследование характера износа рельсов в кривой / Р. Гейдер // Железные дороги мира. – 2001. – № 12. – С. 67 – 73.
34. Географические координаты Лутугино, Украина [Электронный ресурс] // DATEANDTIME.INFO. – Режим доступа: <http://dateandtime.info/ru/citycoordinates.php?id=702563>.
35. Герасименко О.С. Увеличение проникающей способности и прочности жидкого стекла : дисс. ... к.т.н.: 05.23.05 / Герасименко Олег Степанович. – Х., 2008. – 231 с.
36. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – [чинний з 2010-07-01]. – К.: МОЗ України, 2010 – 43 с. – (Нормативні документи МОЗ України).
37. Горшков В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высш. школа, 1981. – 335 с.
38. Грачев Н.Н. Средства и методы защиты от электромагнитных и ионизирующих излучений. Глава 3 – Теоретическая и экспериментальная оценка электромагнитных излучений [Электронный ресурс] / Н.Н. Грачев // Кафедра РТУиС, МИЭМ. – Режим доступа: http://grachev.distudy.ru/Uch_kurs/sredstva/Templ_1/templ_1_3.htm.
39. Громов В.Е. Электростимулированная пластичность металлов и сплавов / [В.Е. Громов, Л.Б. Зуев, Э.В. Козлов, В.Я. Целлермайер]. – М.: Недра, 1996. – 290 с.
40. Гуляев А.П. Металловедение : учеб. для вузов / А.П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
41. Гусейнов М.Ш. Влияние физико-механических характеристик бетона на стойкость железобетона при электрокоррозии / Гусейнов М.Ш. // Труды АзНИИ стройматериалов и сооружений. – Баку, 1968. – Вып. 33. – С. 100 – 109.
42. Дарницкий мост не смог устоять [Электронный ресурс] // Українська правда, Київ. – Режим доступа: <http://kiev.pravda.com.ua/news/4858b30b76a37/>.
43. Дерягин Б. Теории устойчивости сильно заряженных лиофобных золь и слипания сильно заряженных частиц в растворах электролитов / Б. Дерягин, Л. Ландау // Журн. Экспер. и теорет. физики. – М., 1945. – т. 15. – В. 11.– 663 с.
44. Деформация. Список явлений и эффектов [Электронный ресурс] // Втрормет Винница. – Режим доступа: <http://www.vtormet.vn.ua/info/proces/deformation.html>.
45. Духин С.С. Диэлектрические явления и двойной слой в дисперсных системах и полиэлектролитах / С.С. Духин, В.Н. Шилов. – Киев: Наукова думка, 1972. – 20 с.

46. Експериментальний ремонт дослідної ділянки залізобетонного шляхопроводу № 26 на перегоні ст. Сартана – ст. Сортувальна : Креслення, технол. схеми, склади рем. матер., кошт. док. за г/д № 6/10-07 / УкрДАЗТ. – Харків, 2007.

47. Зарембо В.И. Влияние импульсов тока на процессы плавления и кристаллизации металлов / [В.И. Зарембо, О.Л. Киселёва, А.А. Колесников и др.] // Литейное производство / Металлургия машиностроения, 2005. – №1. – С. 11 – 15.

48. Земля [Электронный ресурс] // Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D1%8F>.

49. Илюхин В.В Гидросиликаты кальция. Синтез и кристаллохимия / [В.В. Илюхин, В.А. Кузнецов, А.Н. Лобачев, В.С. Бакщуттов]. – М.: Наука, 1979. – 185 с.

50. Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами : ЦЭ 3551 / ЦЭ МПС СССР. – М.: Транспорт, 1979. – 89 с.

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

52. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Системи газопостачання. Газопроводи підземні сталеві. Загальні вимоги до захисту від корозії : ДСТУ Б В.2.5-29:2006. – [чинний з 2007–06–01]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 120 с. – (Національні стандарти України).

53. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Трубопроводи сталеві підземні систем холодного і гарячого водопостачання. Загальні вимоги до захисту від корозії : ДСТУ Б В.2.5-30:2006. – [чинний з 2007–06–01]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 112 с. – (Національні стандарти України).

54. Інструкція по утриманню штучних споруд : ЦП 0054 / ЦП УЗ. – К.: Транспорт України, 1999. – 96 с. – (Нормативний документ Мінтранспорту України. Інструкція).

55. Каганов М.И. К теории электромеханических сил в металлах / М.И. Каганов, В.Б. Фикс. – ЖЭТФ, 1977. – Т. 73. – № 2. – С. 753 – 760.

56. Каминский М. Атомные и ионные столкновения на поверхности металла / М. Каминский. – М.: Мир, 1967. – 216 с.

57. Капітальний ремонт верхової частини водопропускної труби на 365 км ділянці Основа – Букіне : Роб. проект №П/П-062974/НЮ від 25.12.2006 і вик. док. № П/П-07586/НЮ від 23.03.2007 / СУНЦЗТ ХарДАЗТ. – Харків, 2007.

58. Капітальний ремонт водопропускної труби на 111 км ділянці Харків-Куп'янськ : Роб. проект П/П-062975/НЮ від 25.12.2006 і вик. док. №П/П-07587/НЮ від 23.03.2007 / СУНЦЗТ ХарДАЗТ. – Харків, 2007.

59. Капітальний ремонт водопропускної труби на 19 км ділянці Харків – Люботин : Роб. проект і вик. док. № П/П-071913/НЮ від 16.06.2007 / УкрДАЗТ, 2007.

60. Карта Куйбышевской железной дороги [Электронный ресурс] // Путешествие на поезде. – Режим доступа: <http://rupoezd.ru/maps/kuybyshevskaya.php>.
61. Карты Свердловской области [Электронный ресурс] // Карты мира. – Режим доступа: <http://www.map-site.ru/sverdlovskobl.html>.
62. Киселев В.Ф. Адсорбционные процессы на поверхности полупроводников и диэлектриков / В.Ф. Киселев, О.В. Крылов. – М.: Наука, 1978. – 256 с.
63. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1978. – 792 с.
64. Класифікація і каталог дефектів і пошкоджень рейок : ЦП 0061 / ЦП УЗ // Класифікація і каталог дефектів і пошкоджень елементів стрілочних переводів та рейок залізниць України. – Дніпропетровськ: Арт-Прес, 2000. – 148 с. – (Нормативний документ Мінтранспорту України. Інструкція).
65. Классификация дефектов и повреждений рельсов [Электронный ресурс] // ПКФ Металло-транспортная компания. – Режим доступа: <http://www.mtrk.ru/defekt.php>.
66. Котельников А.В. Блуждающие токи электрифицированного транспорта / А.В. Котельников. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
67. Котельников А.В. Коррозия и защита сооружений на электрифицированных железных дорогах / [А.В. Котельников, В.И. Иванова, Э.П. Селедцов и др.] – М.: Транспорт, 1974. – 150 с.
68. Красный Мак [Электронный ресурс] // Незабаром. – Режим доступа: http://crimea.nezabarom.ua/krasnie_mak/.
69. Краткий справочник физико-химических величин. – Л.: Химия, 1983. – 231 с.
70. Кудрявцев А.А. Несущая способность опорных конструкций контактной сети // А.А. Кудрявцев. – М.: Транспорт, 1988. – 160 с.
71. Кузнецкий Алатау [Электронный ресурс] // Друзья минералогии. – Режим доступа: http://geo.web.ru/~evseev/13KuznAlatau_0.htm.
72. Курушин А.Д. Вынужденная поляризация бетонов с противоморозными добавками в постоянном электрическом поле / [А.Д. Курушин, С.Г. Афанасьев, П.С. Костяев]. // Повышение долговечности бетона транспортных сооружений, Труды институтов инженеров железнодорожного транспорта, Межвузовский сборник. – М.: Транспорт, 1980. – Вып. № 62.
73. Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Гостехтеориздат, 1957. – 246 с.
74. Ларионова З.М. Петрография цементов и бетонов / З.М. Ларионова, Б.Н. Виноградов. – М.: Стройиздат, 1974. – 347 с.
75. Ларионова З.М. Фазовый состав, микроструктура и прочность цементного камня и бетона / З.М. Ларионова, Л.В. Никитина, В.Р. Гарашин. – М.: Стройиздат, 1977. – 264 с.
76. Леманн Г. Исследование гидратации клинкерных минералов и цементов при помощи ИКС / Г. Леманн, Г. Датц // Тр. IV Междунар. конгр. по химии цемента. – М.: Стройиздат, 1964. – С. 383 – 388.

77. Львовская железная дорога [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nado.znate.ru/Львовская%20железная%20дорога>.

78. Малкес Л.Я. Люминесцентная дефектоскопия неорганических строительных материалов / [Л.Я. Малкес, О.П. Мчедлов-Петросян, А.Г. Ольгинский и др.]. // Дефектоскопия. – 1973. – № 1. – С. 121 – 124.

79. Минкин В.И. Дипольные моменты в органической химии / [В.И. Минкин, О.А. Осипов, Ю.А. Жданов]. – Л.: Химия, 1968. – 248 с.

80. Михельсон Ю.И. Исследование свойств пропаренного и автоклавного бетона в процессе электрокоррозии / Ю.И. Михельсон // Труды Магнитогорского горно-металлургического института, 1974. – № 139. – С. 82 – 87.

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

82. Москвин В.М. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры / [В.М. Москвин, С.Н. Алексеев, Г.П. Вербецкий, В.И. Новгородский]. – М.: Издательство литературы по строительству, 1971. – 144 с.

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

84. Мчедлов-Петросян О.П. Бетоны с улучшенными электроизоляционными свойствами / О.П. Мчедлов-Петросян, А.П. Сивцов, А.А. Старосельский // Бетон и железобетон. – 1977. – № 1. – С. 11 – 12.

85. Наконечный А.С. Деструкция бетона подрельсовых оснований при одновременном воздействии динамической нагрузки и тока / А.С. Наконечный, П.А. Мельниченко, А.А. Старосельский // Труды ХИИТ, 1971. – Вып. 122. – С. 45 – 50.

86. Нові технології гідроізоляції та підсилення мостів, будівель та інших споруд, що руйнуються / А.М. Плугін, Ю.М. Федюшин, А.А. Плугін, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, Д.А. Плугін. Реєстраційна картка технології. – УкрІЕНТІ. – № 0606U000057. – 2006. – 96 с.

87. Нові технології гідроізоляції та підсилення тунелів та інших споруд, що руйнуються / А.М. Плугін, А.А. Плугін, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, Д.А. Плугін. Реєстраційна картка технології. – УкрІЕНТІ. – № 0606U000058. – 2006. – 98 с.

88. Нормы амортизационных отчислений на основные фонды народного хозяйства СССР. – Утв. Пост. Совета министров СССР от 14.03.1974 № 183.

89. Обследование и испытание конструкций путепровода через железнодорожные пути ст. Лозовая на 928 км уч. Харьков - Лозовая с заключением о несущей способности и техническом состоянии путепровода: Отчет о НИР, Х/д №60/2-2010 (УкрГАЖТ).

90. Ольгинский А.Г. Определение качества изоляции бетонных и железобетонных конструкций методом люминесцентной дефектоскопии / [А.Г. Ольгинский, Ю.П. Либенко, А.А. Старосельский и др.]. // Защита

металлических и железобетонных строительных конструкций от коррозии: Тез. докл. Всесоюзной Научно-технической конференции. – М., 1978. – С. 46 – 47.

91. Охрана труда Тема 8. Защита от воздействия электромагнитных полей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: sumdu.telesweet.net/.../9135/index.html.

92. Парафіни нафтові тверді. Технічні умови : ДСТУ 4153-2003. – [чинний з 2004-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – III, 14 с. – (Національні стандарти України).

93. Пат. 10183 UA, МПК 6 G01N15/08. Спосіб визначення водонепроникності бетону та виробів / А.М. Пługін, І.Г. Прокопова, Д.М. Косінов; заявник та патентовласник заявник та патентовласник Харківська держ. академія залізнич. тр-ту. – № 94042090; заявл. 15.04.94; опубл. 25.12.98. – Бюл. № 6.

94. Пат. 58250 UA МПК 7 E 01 B 3/34. Спосіб ремонту шпал або інших підрейкових основ / А.М. Пługін, Ю.П. Лібенко, О.І. Белорусов, О.М. Жученко, О.В. Рибко, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, А.А. Пługін, В.А. Лютий, А.В. Никитинський, Ю.М. Федюшин, М.Д. Костюк, В.О. Яковлев, Г.О. Линник, А.О. Івановський, В.О. Голубев, В.Г. Міщенко; заявник та патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. – №2002118756; заявл. 05.11.2002; опубл. 15.12.2005, Бюл. №12.

95. Пат. 62613 UA МПК 7 C 04 B 28/12. Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону / А.М. Пługін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Пługін, С.М. Кудренко, В.А. Лютий, А.В. Никитинський, І.В. Подтележнікова, Г.О. Линник, М.Д. Костюк, В.О. Яковлев; заявник та патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. –

№ 2003043396; заявл. 15.04.2003; опубл. 15.06.2005, Бюл. № 6.

96. Пат. 71208 UA МПК 7 C 04 B 28/12. Суперпластифікована цементно-водяна суспензія СПЦВС для цементації гірських порід і будівельних конструкцій / А.М. Пługін, Арт. М.Пługін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Пługін, Д.В. Шумик, Д.А. Пługін, А.В. Никитинський, В.А. Лютий, М.Д. Костюк; заявник та патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. – № 20031210920; заявл. 02.12.2003; опубл. 25.02.2008, Бюл. №4.

97. Пат. 78666 UA МПК E 01 B 9/30, E 01 B 9/68. Пружне рейкове скріплення PRS-4 / А.М. Пługін, О.І. Белорусов, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, А.А. Пługін, Д.А. Пługін, В.А. Лютий, А.В. Никитинський, П.В. Рагулін, А.О. Іванівський; заявник та патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. – заявл. 12.10.2006; опубл.10.04.2007, Бюл. № 4.

98. Пат. 78667 UA МПК E 01 B 3/00. Шпала Ш-1-1-PRS / А.М. Пługін, А.А. Пługін, О.І. Белорусов, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, Д.А. Пługін, П.В. Рагулін, В.О. Яковлев; заявник та патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. – № а 2006 10861; заявл. 16.10.2006; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 4.

99. Пат. 87795 UA МПК C 04 B 28/26 E 01 C 21/00. Рідкоскляна композиція / А.А. Пługін, А.М. Пługін, О.С. Герасименко, Л.В. Трикоз, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, Д.А. Пługін, О.А. Дудін, В.А. Лютий, О.А. Пługін; заявник та

патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. – № а 200811931; заявл. 07.10.2008; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15.

100. Пат. 88998 UA, МПК E 04 B 1/66, E 04 B 1/62. Спосіб визначення електрокорозійної стійкості захисних покриттів / А.А. Плугін, А.М. Плугін, І.В. Потележнікова, О.В. Афанасьєв, Ю.М. Горбачова, С.В. Мірошніченко, Д.А. Плугін, О.А. Плугін, О.А. Дудін, О.С. Борзяк; заявник та патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. – № а 2008 11897; заявл. 07.10.2008; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.

101. Пат. 94875 UA, МПК G 01 N 27/02. Спосіб вимірювання вологості і визначення вологісного стану ґрунтів, у тому числі на глибині / А.А. Плугін, А.М. Плугін, Л.В. Трикоз, О.С. Герасименко, Д.А. Плугін, О.А. Дудін, В.А. Лютий, О.А. Плугін; заявник та патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. – № а 2010 09447; заявл. 28.07.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

102. Пат. 99426 UA МПК (2012.01) G01N 33/38 (206.01) C04B 28/00. Особливошвидкотверднучий безпропарювальний бетон / А.А. Плугін, А.М. Плугін, О.В. Романенко, О.А. Плугін, О.А. Калінін, Д.А. Плугін, С.В. Мірошніченко; заявник та патентовласник Українська держ. академія залізнич. тр-ту. – № а 201114838; заявл. 14.12.2011; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15.

103. Плугин А.Н. Коллоидно-химические аспекты прочности и водостойкости различных вяжущих и композиционных материалов / А.Н. Плугин, А.А. Плугин // *Modern Building Materials, Structures and Techniques: Proc.of 4th Intern.Conf.* – Vilnius, 1995. – V.1. – P. 206 – 211.

104. Плугин А.А. Долговечность бетона и железобетона в обводненных сооружениях: коллоидно-химические основы : Дисс. ... докт. техн. наук: 05.23.05 / Плугин Андрей Аркадьевич. – Харьков, 2005. – 420 с.

105. Плугин А.А. Механизм возникновения дефектов в эпоксидно-каменноугольном покрытии / [А.А. Плугин, А.В. Афанасьєв, Ю.Н. Горбачова, Д.А. Плугин] // *Збірник наукових праць УкрДАЗТ.* – 2012. – Вип. 130. – С. 78 – 83.

106. Плугин А.А. Механизм электрокоррозии железобетонных конструкций под действием высоковольтного переменного напряжения в контактных проводах / [А.А. Плугин, А.Н. Плугин, Д.А. Плугин и др.]. // *Комунальне господарство міст. Науково технічний збірник. Серія технічні науки та архітектура.* – Харків: ХНАМГ, 2012. – Вип. 103. – С. 13 – 23.

107. Плугин А.А. Теоретические предпосылки создания количественной теории электрокоррозии стали и защиты от нее / [А.А. Плугин, А.Н. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // *Збірник наукових праць УкрДАЗТ.* – 2012. – Вип. 129. – С. 169 – 173.

108. Плугин А.Н. Блуждающие токи на конструкциях, зданиях и сооружениях, расположенных вблизи электрифицированных постоянным током участков железных дорог / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // *Збірник наукових праць УкрДАЗТ.* – 2009. – Вип. 109. – С. 131 – 143.

109. Плугин А.Н. Долговечность конструкций и сооружений из бетона, эксплуатируемых в условиях обводнения / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – Київ, НТУ, 2006. – № 73. – С. 248 – 253.

110. Плугин А.Н. Исследование влияния токов утечки и блуждающих токов на здания и сооружения, расположенные возле электрифицированных железнодорожных путей / [А.Н. Плугин, Ал.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // Вісник НТУ. – 2009. – № 40. – С. 88 – 104.

111. Плугин А.Н. Механизм формирования структуры, прочности и долговечности стали и железобетона на основе электроповерхностного потенциала простых веществ / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.]. // Науковий вісник ЛНАУ. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2010. – № 14. – С. 250 – 270.

112. Плугин А.Н. Механизм электрокоррозии бетонных конструкций пульсирующим однонаправленным блуждающим током или током утечки // [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.]. – Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2007. – Вип. 42. – С. 106 – 111.

113. Плугин А.Н. Новый принцип соответствия как основа надежности и долговечности бетонных, железобетонных и каменных конструкций в сложных условиях эксплуатации / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2007. – Вип. 87. – С. 13 – 24.

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

115. Плугин А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них : монография в 3 т. / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.]; Под ред. А.Н. Плуцина. – К.: Наукова думка, 2012. – Т. 2: Теория твердения портландцемента. – 2012. – 224 с.

116. Плугин А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них : монография в 3 т. / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.]; Под ред. А.Н. Плуцина. – К.: Наукова думка, 2012. – Т. 3: Теория прочности, разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них. – 2012. – 288 с.

117. Плугин А.Н. Повышение эффективности пропитки деревянных шпал каменноугольным маслом за счет введения катионных ПАВ / А.Н. Плугин, Д.А. Плугин, О.С. Борзяк // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2007. – Вип. 87. – С. 98 – 107.

118. Плугин А.Н. Проектирование долговечности конструкций и сооружений из бетона на основе физико-химических моделей / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa: VIII Konferencje Naukowo-Techniczna, Olsztyn, 18 – 20 maja 2006. – Olsztyn: Uniwersytet Warminsko-Mazurski, 2006. – S. 143 – 152.

119. Плугин А.Н. Проектирование долговечности конструкций и сооружений из бетона на основе физико-химических моделей / [А.Н. Плугин,

А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // Компьютерное материаловедение и обеспечение качества: Матер. К 45-му Междунар. семинару по моделированию и оптимизации композитов МОК'45, Одесса, 28 – 29 апреля 2006. – Одесса: Астропринт, 2006. – С. 10 – 14.

120. Плугин А.Н. Развитие некоторых аспектов коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем и материалов применительно к устойчивости откосов и склонов / [А.Н. Плугин, Л.В. Трикоз, Д.А. Плугин и др.] // Вісник ДНУЗТ. – 2011. – Вип. 39. – С. 150 – 156.

121. Плугин А.Н. Теоретические предпосылки создания теории электрогетерогенного твердения портландцемента, прочности, разрушения и долговечности бетона / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2006. – Вип. 77. – С. 5 – 70.

122. Плугин А.Н. Уточнение количественной теории прочности бетона и закона водоцементного отношения / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, О.С. Борзяк, О.А. Калинин]. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 109. – С. 8 – 37.

123. Плугин А.Н. 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. – Київ: НТУ, 2006. – № 73. – С. 253 – 257.

124. Плугин А.Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих : дисс. ... доктора хим. наук: 02.00.11 / Аркадий Николаевич Плугин. – Х., 1989. – 282 с.

125. Плугин А.Н. 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.

126. Плугин А.Н. Электроосмотический перенос как фактор разрушения железобетонных и каменных опор железнодорожных мостов на водотоках / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.] // Збірник наукових праць ЛНАУ. Серія «Технічні науки». – Луганськ: ЛНАУ, 2007. – № 71 (94). – С. 189 – 196.

127. Плугин А.А. Исследование влияния токов утечки на конструкции искусственных сооружений / А.А. Плугин, А.Н. Плугин, Д.А. Плугин // Школа-семинар, «Протирозмивні заходи. Використання залізобетонних габіонних конструкцій», Укрзалізниця, Львівська залізниця (Коломия), 29 – 30 вересня, 2010. – С. 79 – 86.

128. Плугин Д.А. Коррозия верхнего строения пути в железнодорожных тоннелях: Определение сроков эксплуатации / Д.А. Плугин // Промышленный транспорт Казахстана. – Алматы: КУПС, 2013. – № 3 (40). – С. 13 – 19.

129. Плугін А.А. Аналіз впливу агресивних дій на конструкції та споруди залізниць: Верхня будова колії в залізничних тунелях / [А.А. Плугін, А.М. Плугін, Д.А. Плугін та ін.] // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 122, С. 187 – 201.

130. Плугін А.А. Аналіз впливу агресивних дій на конструкції та споруди залізниць: Огляд характерних пошкоджень залізобетонних, бетонних і кам'яних

конструкцій штучних споруд / [А.А. Пługін, В.О. Систренський, Д.А. Пługін та ін.] // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2007. – Вип. 87. – С. 79 – 88.

131. Пługін А.А. Аналіз впливу агресивних дій на конструкції та споруди залізниць: промислові та цивільні будівлі та споруди / [А.А. Пługін, В.І. Наконечний, Д.А. Пługін та ін.] // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2007. – Вип. 87. – С.68 – 78.

132. Пługін А.А. Дослідження можливості виробництва залізобетонних шпал за безпропарювальною технологією / [А.А. Пługін, А.М. Пługін, О.С. Борзяк та ін.]. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2008. – Вип. 91. – С. 211 – 224.

133. Пługін А.А. Рекомендації із забезпечення тріщиностійкості плит безбаластного мостового полотна : ЦП 0224 / [А.А. Пługін, А.М. Пługін, Д.А. Пługін та ін.]. // ЦП УЗ. – К., «Інпрес», 2010. – 42 с. – (Нормативний документ Мінтрансзв'язку України. Рекомендації).

134. Пługін А.М. Електроміграційний перенос у процесах корозії бетону / [А.М. Пługін, Д.А. Пługін, І.В. Подтележнікова, О.С. Борзяк]. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2006. – Вип. 77. – С. 130 – 138.

135. Пługін А.М. Зменшення та усунення тріщиноутворення дерев'яних шпал і брусів та поліпшення їх електроізолювальних властивостей / [А.М. Пługін, Д.А. Пługін, О.С. Борзяк, А.А. Пługін] // Дороги і мости: Зб. наук. праць. В 2-х томах: – Київ, 2007. – Вип. 7. – Т. II. – С. 114 – 120.

136. Пługін Д.А. Дослідження впливу водойм і водотоків на електрокорозію конструкцій пасажирських платформ // Д.А. Пługін. – Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА; ХОТВ АБУ, 2013. – Вип. 71. – С. 254 – 259.

137. Пługін Д.А. Дослідження й розвиток кількісних уявлень про мікроструктуру сталі: механізм зношування й тріщиноутворення залізничних рейок / Д.А. Пługін // Вісник НТУ. – 2013. – № 64 (1037). – С. 129 – 142.

138. Пługін Д.А. Дослідження й розвиток кількісних уявлень про мікроструктуру сталі: механічні властивості сталі залізничних рейок / Д.А. Пługін // Вісник НТУ. – 2013. – № 47 (1020). – С. 106 – 112.

139. Пługін Д.А. Електрокорозія конструкцій і верхньої будови колії залізничних тунелів і захист від неї / [Д.А. Пługін, О.А. Дудін, О.А. Забіяка, А.А. Пługін] // Школа-семинар, «Відновлення інженерних споруд і умовах щільної міської забудови. Досвід експлуатації розвідних замків підйомних прогонових будов мостів», Укрзалізниця, Одеська залізниця (Білгород – Дністровський), 6 – 7 вересня, 2011. – С. 52 – 71.

140. Пługін Д.А. Захист конструкцій пасажирських платформ від електрокорозії під дією струму витоку з рейкової колії / Д.А. Пługін // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2013. – Вип. 138. – С. 90 – 94.

141. Пługін Д.А. Оцінка можливого впливу замкнутого простору в тунелі на величину потенціалу на рейці / [Д.А. Пługін, А.М. Пługін, А.А. Пługін, О.С. Тіряєв] // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 127, С. 175 – 183.

142. Пługін Д.А. Реконструкція моста-пам'ятника архітектури та містобудування із забезпеченням сучасної вантажопідйомності / [Д.А. Пługін,

А.А. Плугін, С.В. Мірошніченко, О.В. Лобяк] // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 109, С. 189 – 212.

143. Плугін Д.А. Розробка конструктивних рішень захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа / Д.А. Плугін // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 130, С. 90 – 99.

144. Полак А.Ф. Коррозия железобетонных конструкций зданий нефтехимической промышленности / А.Ф. Полак, В.Б. Ратинов, Г.Н. Гельфман. – М.: Стройиздат, 1971. – 176 с.

145. Положение по оценке состояния и содержания искусственных сооружений на железных дорогах Союза ССР / МПС. – М.: Транспорт, 1991. – 29 с.

146. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України : ЦП 0113/ ЦП УЗ. – Київ, 2004. – 40 с. – (Нормативний документ Мінтрансв'язку України. Інструкція).

147. Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць : ЦЕ–0023 / ЦЕ УЗ. – К., «Інпрес», 2008. – 208 с. – (Нормативний документ Мінтрансв'язку України. Інструкція).

148. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог (ЦЭ–868). Департамент электрификации и электроснабжения Министерства путей сообщения Российской Федерации. – М., «ТРАНСИЗДАТ», 2002 г. – 184 с. – (Нормативный документ Министерства путей сообщения Российской Федерации. Правила)

149. Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия : ГОСТ 3282-74. – [действует с 1975-07-01]. – М.: Стандартинформ, 2007. – 9 с. – (Межгосударственный стандарт).

150. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент : ГОСТ 19903-74. – [действует с 1976-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 18 с. – (Межгосударственный стандарт).

151. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию / П. Райст. [Пер. с англ.]. – М.: Мир, 1987. – 280 с.

152. Реферат по дисциплине инженерная инфраструктура. Катастрофы при применении висячих мостов простейшей формы [электронный ресурс] / режим доступа – <http://lib.rushkolnik.ru/text/160/index-1.html?page=4>.

153. Рощупкин А.М. Развитие концепции о действии тока высокой плотности на пластическую деформацию металла / А.М. Рощупкин, О.А. Троицкий, В.И. Спицин // ДАН СССР. – 1986. – Т. 286, № 3. – С. 633 – 636.

154. Селедцов Э.П. Повреждения фундаментов опор контактной сети / Э.П. Селедцов, А.А. Кудрявцев // Труды ЛИИЖТа. – Ленинград, 1964. – Вып. 227. – С. 121 – 135.

155. Селедцов Э.П. Эксплуатация опор контактной сети / Э.П. Селедцов, Е.А. Баранов. – М.: Транспорт, 1970. – 94 с.

156. Семейкино, Украина, Луганская область [Электронный ресурс] // *Meteonovosti.ru*. – Режим доступа: <http://www.meteonovosti.ru/index.php?index=46&value=345281>.

157. Середні норми витрат матеріалів і виробів на поточне утримання та ремонт колії й інших пристроїв колійного господарства залізниць України : ЦП 0123 / ЦП УЗ. – Київ, 2005. – 43 с. – (Нормативний документ Мінтрансзв'язку України. Інструкція).

158. Сидоренков В.В. Закон Ома электропроводности как следствие нетеплового деяния электрического тока [Электронный ресурс] / В.В. Сидоренков. – Режим доступа: <http://rinrefer.ru/18/refs.php?id=0053>.

159. Сидоренков В.В. Развитие физических представлений о процессе электрической проводимости в сплаве / В.В. Сидоренков // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки*. – 2005. – № 2. – С. 35 – 46.

160. Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація : ДСТУ 7238:2011. – [чинний з 2011-08-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011 – III, 9 с. – (Національні стандарти України).

161. Склад захисний ЗС-3 для вологих та мокрих поверхонь залізобетонних конструкцій : ТУ У 01116472.042. – Х: ХарДАЗТ. – 33 с.

162. Склади захисні кольорові ЗС-1М і ЗС-3М для бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій : ТУ У 45.2-01116472-105:2006.

163. Спицын В.И. Электропластическая деформация металла / В.И. Спицын, О.А. Троицкий. – *Природа*, №7, 1977.

164. Спицын В.И. Электропластическая деформация металлов / В.И. Спицын, О.А. Троицкий. – М.: Наука, 1985. – 160 с.

165. Спичак Ю.Н. Новый способ гидроизоляции действующих железнодорожных тоннелей / Ю.Н. Спичак, Г.О. Линник // *Проблемы подземного строительства и направления развития тампонажа и закрепления горных пород: Мат. науч.-практ. конф.* – Луганск: Изд-во Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, 2006. – 221 с.

166. Спичак Ю.Н. Обеспечение безопасных условий строительства и эксплуатации подземных сооружений [Электронный ресурс] / Ю.Н. Спичак // *Мат. науч. конф. ШИ ЮРГПУ*. – Режим доступа: <http://www.siurgtu.ru/actionsferas/science/sbornik/3/2.php>.

167. Споруди зв'язку підземні. Загальні вимоги до захисту від корозії : ГСТУ 45.016-2000.

168. Справочник по электроснабжению железных дорог / Под ред. К.Г. Марквардта. – М.: Транспорт, 1981. – Т.2. – 392 с.

169. Старосельский А.А. Бетоны с улучшенными электроизоляционными свойствами для защиты от коррозии / А.А. Старосельский, И.Б. Дмитриев, А.П. Сивцов. – Харьков: ХИИГХ, 1986. – 48 с.

170. Старосельский А.А. Коррозия и долговечность железобетона в условиях электрических воздействий : дис. ... доктора технич. наук: 05.23.05 / Старосельский Александр Александрович. – М., НИИЖБ, 1989. – 282 с.

171. Старосельский А.А. Коррозия и защита железобетонных конструкций в сооружениях электрифицированных железных дорог : учеб. пособие / А.А. Старосельский. – Харьков: ХИИТ, 1988. – 82 с.

172. Старосельский А.А. Повышение долговечности железобетонных конструкций электрифицированного транспорта / А.А. Старосельский, А.П. Сивцов, И.Б. Дмитриев. – Харьков: ХИИГХ, 1989. – 76 с.

173. Старосельский А.А. Электрокоррозия железобетона / А.А. Старосельский. – Киев: Будівельник, 1978. – 168 с.

174. Старосельский А.А. Методы защиты от электрокоррозии под действием блуждающих токов : учеб. пособие / А.А. Старосельский, В.А. Шмалько, А.Э. Гвоздев. – Х.: ХПИ, 1980. – 46 с.

175. Стрижевский И.В. Коррозия и защита арматуры железобетонных трубопроводов / И.В. Стрижевский, Б.Л. Рейзин, Э.И. Иоффе. – М.: 1972. – 96 с.

176. Технологія виготовлення залізобетонних шпал із стержневою арматурою під пружне рейкове скріплення типу PRS / [А.М. Плугін, Д.А. Плугін, В.О. Каверинський та інш.]; реєстраційна картка технології. – УкрІЕНТІ. –

№ 0605U000003. – 2005. – 24 с.

177. Ток утечки [Электронный ресурс] // Словари и энциклопедии на Академике. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/stroitel/8199>.

178. Тоннели железнодорожные и автодорожные: СНиП 32-04-97. – [Действует с 1998-01-01]. – М.: ГУП ЦПП, 1997. – 24 с. – (Строительные нормы и правила Российской Федерации).

179. Троицкий О.А. Физические основы и технологии обработки современных материалов / [О.А. Троицкий, Ю.В. Баранов, Ю.С. Авраамов, А.Д. Шляпин]; Том 1. – 2004. – 590 с.

180. Утечка [Электронный ресурс] // Материал из Википедии – свободной энциклопедии – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%82%D0%B5%D1%87%D0%BA%D0%B0>.

181. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии : учеб. для вузов / Д.А. Фридрихсберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1984. – 368 с.

182. Холманский А.С. Адаптация растений к хиральному фактору [Электронный ресурс] / А.С. Холманский. – 2009. – 14 с. – Режим доступа: <http://www.portalus.ru/modules/psychology/data/files/adaptation-trees-for-chiral-factor-bel.doc>.

183. 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.

184. Целебровский Ю.В. О процессах электрокоррозии в армированном проводящем бетоне / Ю.В. Целебровский // Материалы н.-т. конф., посвященной 100-летию н.-т. общества. – Новосибирск, 1968. – С. 118 – 124.

185. Цементит [Электронный ресурс] // Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Режим доступа:

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%82>.

186. Чехов В.И. Экологические аспекты передачи электроэнергии / В.И. Чехов; Под ред. Г.К. Зарудского. – М.: Изд-во МЭИ, 1991. – 44 с.

187. Шалимо М.А. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии / М.А. Шалимо. – Мн.: Выш. Шк., 1986. – 200 с.

188. Штремель М.А. Разрушение / М.А. Штремель // Соросовский Образовательный журнал. – 1977. – №4. – С. 91 – 98.

189. Экспериментальные исследования работы защит при коротких замыканиях на разземленных опорах контактной сети [Электронный ресурс] / ДВГУПС. – Режим доступа: http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/DEPEN/ELSN_TR/REL_ZA/MET/DINKIN/UP5.htm.

190. Электрическое поле Земли [Электронный ресурс] // Научная библиотека избранных естественно-научных изданий научная-библиотека.рф. – Режим доступа: http://sernam.ru/book_phis_t2.php?id=30.

191. Электрическое поле Земли и электрические явления в атмосфере [Электронный ресурс] / Электронный учебник физики // Physbook.ru. – Режим доступа: http://www.physbook.ru/index.php/Л._%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B8.

192. Электромагнитное поле и его влияние на здоровье человека [Электронный ресурс] // Интегральная медицина XXI века. – Режим доступа: http://www.it-med.ru/library/ie/el_magn_field.htm.

193. Anderson G.H. Cathodic protection of a reinforced concrete bridge deck / G.H. Anderson // Concrete International Design Construction, 1980. – vol. 2.– № 6. – P. 32 – 36.

194. Barlo Thomas J. Stray Current Corrosion in Electrified Rail Systems – Final Report [Электронный ресурс] / Thomas J. Barlo, Alan D. Zdunek // formerly of Northwestern University, 1995. – 47 p. – Режим доступа: http://www.iti.northwestern.edu/publications../barlo_zdunek/Barlo_and_Zdunek-1995-Stray%20Current%20Corrosion%20in%20Electrified%20Rail%20Systems.pdf.

195. Bertolini L. Corrosion of Steel in Concrete [Электронный ресурс] / [L. Bertolini, B. Elsener, P. Pedferri et al.]. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany, 2013. – 414 p. – Режим доступа: http://books.google.com.ua/books?id=IJUR_dLW3LkC&pg=PA406&lpg=PA406&dq=electro+corrosion+of+concrete+construction&source=bl&ots=ZRd2l88P8-&sig=F0V4l5qdxzkIDFMMmm9izA2VWTM&hl=ru&sa=X&ei=wInvUuWzN4iLhQe_1oDYDg&ved=0CCYQ6AEwADgU#v=onepage&q=electro%20corrosion%20of%20concrete%20construction&f=false.

196. Böhni H. Corrosion in reinforced concrete structures [Электронный ресурс] / H. Böhni. – Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CB1 6AH, England, 2005. – 253 p. – Режим доступа: <http://books.google.com.ua/books?id=3Y->

рА-
gAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=one
page&q&f=false.

197. Bushman James B. Corrosion and Cathodic Protection Theory [Электронный ресурс] / James B. Bushman // Bushman & Associates, Inc Medina, Ohio USA. – 10 р. – Режим доступа: http://www.bushman.cc/pdf/corrosion_theory.pdf.

198. Daily Steven F. Understanding Corrosion and Cathodic Protection of Reinforced Concrete Structures [Электронный ресурс] / Steven F. Daily // Corrpro@Aegion compani. – 5 р. – Режим доступа: <http://corrpro.com/~media/Corporate/Files/Corrpro%20Literature/Technical%20Papers/Understanding%20Corrosion%20and%20Cathodic%20Protection%20of%20Reinforced%20Concrete%20Structures.ashx>.

199. Debye P. Zur Theorie der Elektrolyte / P. Debye, E. Huckel // Physikalische Zeitschrift. – 1923. – Vol. 24. – P. 185 – 206.

200. Double E.W. The effect of QC and DC Electrolysis upon Reinforced Concrete / E.W. Double // Technical Report Reference, 1937. – № 108. – P. 84 – 92.

201. File:China 100.78713E 35.63718N.jpg [Электронный ресурс] // Материал из Wikimedia Commons. – Режим доступа: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:China_100.78713E_35.63718N.jpg?uselang=ru.

202. Hempe T. Rail grinding as an integral part of technically and economically efficient track maintenance / T. Hempe, T. Siefer // Rail Engineering International. – 2007. – № 3. P. 6 – 12.

203. Huesmann H. Система колесо - рельс с точки зрения путевого хозяйства [Электронный ресурс] / H. Huesmann, A. Beck // Железные дороги мира. – 2005. – № 10. – С. 64 – 68. – Режим доступа к журн.: <http://www.zdmira.com/arhiv/2005/zdm-2005-no-10#ТОС--7>.

204. Keyvani A. Electrical resistivity of cement types in reinforced concrete structures of electrically powered transit lines [Электронный ресурс] / A. Keyvani // International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE), 2013. – Iss. 16. – Vol. 5. – № 3. – P. 96 – 101. – Режим доступа: <http://www.iotpe.com/IJTPE/IJTPE-2013/IJTPE-Issue16-Vol5-No3-Sep2013/14-IJTPE-Issue16-Vol5-No3-Sep2013-pp96-101.pdf>.

205. Mole G. Engineering / G. Mole // 1948. – № 5. – P. 453 – 454.

206. Nicholas U.J. Tests on the effect of electric current on concrete / U.J. Nicholas // Engineering News. – 1908. – Vol. 60. – № 26. – P. 710 – 712.

207. Plugin A.A. Quantitative Theory of Strength of Portland Cement Stone, Including with Mineral Additions / [A.A. Plugin, A.N. Plugin, D.A. Plugin et al.] // 18 Internationale Baustofftagung, 12 – 15 September 2012, Weimar, Bundesrepublik Deutschland: Tagungsbericht. – Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, 2012. – Band 1. – P. 0874 – 0881.

208. Plugin A.N. The Mechanism of Water and Ionic Permeability of Concrete / [A.N. Plugin, I.G. Prokopova, S. Wild, A.A. Plugin] // Proc. of the 10th Intern. Congr. of the Chemistry of Cement. – Goteborg, 1997. – V. 4. – 4iv075. – 8pp.

209. Plugin A.N. Research of influence of leakage currents and stray currents on railways on buildings and constructions / [A.N. Plugin, O. Plugin, O. Borzyak et al.]. // 17 Internationale Baustofftagung, 23 – 26 September 2009, Bundesrepublik Deutschland: Tagungsbericht. – Weimar, 2009. – Band 2. – P. 1151 – 1156.

210. Plugin Arkadiy N. Electro-corrosion of constructions of bridges on electrified by a direct current sections of railways / [Arkadiy N. Plugin, Dmitriy A. Plugin, Aleksei A. Plugin, Aleksei A. Dudin] // Proceedings of the 7 International Conference on Bridges across the Danube 2010. «Theory and practice in bridge engineering», October 14 – 15. 2010, Sofia. Bulgaria: Published by Color Studio. Sofia, 2010. – P. 167 – 172.

211. Pluguin Arkadiy. Hurricane sandy and tornados in America and the Largest earthquakes on the earth. Reasons of origin / [Pluguin Arkadiy, Pluguin Andrii, Trykoz Liudmyla, Pluguin Aleksey] // GEOCHANGE: Problems of Global Changes of the Geological Environment. – Munich, 2013. – Vol. 2. – C. 70 – 78.

212. Plugin D.A. Electro-corrosion of constructions of bridges on electrified by a direct current sections of railways / [D.A. Plugin, A.N. Plugin, Al.A. Plugin, O.S. Borzyak] // Nauka i Studia. Techniczne nauki budownictwo i architektura nowoczesne informacyjne technologie. – Przemysł, 2013. – № 30 (98). – S. 69 – 77.

213. Plugin D.A. Electro-corrosion of constructions of railway tunnels / [D.A. Plugin, A.N. Plugin, Al.A. Plugin, O.S. Borzyak] // Materiály IX mezinárodní vědecko-praktická konference «Aplikované vědecké novinky – 2013». – Díl 13. Moderní informační technologie. Výstavba a architektura, 27 Červenců – 05 Srpna 2013, Praha, Ceska republika: Publishing House «Education and Science» s.r.o. – Praha, 2013. – P. 52 – 58.

214. Ramesh M.N. Recent Developments in Mitigation of Rebar Corrosion in Concrete [Электронный ресурс] / M.N. Ramesh // The Masterbuilder – March 2012. – P. 118 – 122. – Режим доступа: <http://www.masterbuilder.co.in/data/edata/Articles/March2012/118.pdf>.

215. Rosa E.B. Electrolysis in concrete / Rosa E.B., Mc Collum B., Peters O. // Technologic Paper. – 1913. – № 18.

216. Roschupkin A.M. Electric current effect on metal surface layers / [A.M. Roschupkin, I.L. Bataronov, O.A. Troitskii, M.M. Moiseenko] // II Phys. stat. sol. (b). 1989. – V. 151. – No 1. – P. 121 – 126.

217. Shepard E.R. Abstracts and Summaries of the Bureau of standards publication on stray-current electrolysis / E.R. Shepard // Circular of the Bureau of standards. – 1933. – № 401. – P. 1 – 23.

218. Smoluchowski M. Zur kinetischen Theorie der Brownschen Molekularbewegung und der Suspensionen / Fon Smoluchowski M. // Annalen der Physik. – 1906. – Vol. 326, no. 14. – P. 756 – 780.

219. Wiersema P.H. Calculation of the electrophoretic mobility of a spherical colloid particle / P.H. Wiersema, A.L. Loeb, J.Th.G. Overbeek // Journal of Colloid and Interface Science. – 1966. – Vol. 22, no. 1. – P. 78 – 99.

220. Wittmann P.H. Observation of an electromechanical effect of hardened cement paste / P.H. Wittmann // Cement and Concrete Research. – 1973. – Vol. 3. – № 5. – P. 601 – 605.

