

УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Подтележникова Инна Владимировна

УДК 691.3: 699.8(043.3)

**ЗАЩИТНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ,  
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ОБВОДНЕНИЯ И  
ТОКОВ УТЕЧКИ**

Специальность 05.23.05. – строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
Плугин Аркадий Николаевич,  
доктор химических наук, профессор

Харьков- 2008

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЯМ, ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ СТАЛИ ПОД ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ И ИЗМЕНЕНИИ ИХ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ОТ ПОТЕНЦИАЛОВ И ВО ВРЕМЕНИ	20
1.1. Анализ существующих нормативных требований к лакокрасочным материалам для защиты от коррозии металлических и железобетонных конструкций мостов.	22
1.1.1. Требования к защитным покрытиям для металлических пролетных строений.	22
1.1.2. Требования к защитным покрытиям для железобетонных и бетонных конструкций мостов	26
1.1.3. Обоснование дополнительных требований к покрытиям для защиты от электрокоррозии обводненных железобетонных, бетонных и кирпичных конструкций.	27
1.2. Микроструктура поверхности стали и ее электроповерхностные свойства.	30
1.3. Анализ существующих представлений о механизмах электрокоррозии стали и ее стойкости против коррозии	34
1.3.1. Электрохимическая гетерогенность поверхности стали	36
1.3.2. Классификация коррозионных процессов	37
1.3.3. Термодинамика и кинетика коррозионных процессов	44
1.3.4. Пассивность металлов	47
1.3.5. Применяемые методы защиты металлов от электрохимической коррозии	48
1.3.6. Механизмы локальной коррозии стали.	48
1.4. Механизм электрохимической коррозии стали под защитными покрытиями	54
1.5. Параметры защитных свойств покрытий и их изменение от потенциалов и во времени.	57
1.5.1. Влияние катодной и анодной поляризации на отслаивание защитных покрытий, контактирующих с водой.	57
1.5.2. Основные параметры защитных свойств покрытий и их изменение во времени.	59
1.6. Научная гипотеза исследований и ее обоснование.	62
Выводы по разделу 1	65
РАЗДЕЛ 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	67
2.1. Характеристики материалов, используемых при проведении исследований.	67
2.2. Методы исследований.	71
2.2.1. Физические и физико-механические методы	71
2.2.2. Коллоидно-химические методы исследования	77

2.2.3.	Физико-химические методы исследований.	79
2.2.4.	Электрохимические методы исследования.	81
РАЗДЕЛ 3. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОТЕКАНИИ ТОКОВ УТЕЧКИ ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦИИ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ, О СТРУКТУРЕ, АДГЕЗИИ И АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВАХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ.		84
3.1.	Возникновение и протекание токов утечки через конструкции искусственных сооружений.	84
3.2.	Электромиграционные и диффузионные потоки через капилляры защитных покрытий.	88
3.3.	Развитие представлений о природе прочности защитного покрытия и его адгезии к металлическим и бетонным поверхностям.	91
3.3.1.	Структура и электроповерхностные свойства компонентов защитных покрытий.	91
3.3.2.	Влияние электроповерхностных свойств компонентов защитного покрытия на адгезию к стальной и бетонной поверхностям.	104
3.3.3.	Формирование структуры и структурные характеристики защитных покрытий и их оптимальные величины.	107
	Выводы по разделу 3	115
РАЗДЕЛ 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РАЗВИТЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ		116
4.1.	Исследование взаимодействий и структурных характеристик защитных покрытий и их составляющих, а также их влияния на реологические и адгезионные свойства	116
4.1.1.	Исследование взаимодействий между составляющими защитного состава с помощью ИК – спектроскопии.	116
4.1.2.	Исследование геометрических размеров частиц пигментов оптико-микроскопическим и электронно-микроскопическим методами	119
4.1.3.	Исследование геометрических размеров частиц пигментов седиментационным методом.	131
4.1.4.	Исследование влияния отношения ацетона и инден-кумароновой смолы на реологические характеристики их смесей	134
4.1.5.	Уточнение выражений для оптимальных структурных характеристик защитных покрытий.	136
4.1.6.	Определение оптимального по плотности смеси отношения эпоксидной и инден-кумароновой смол.	143
4.1.7.	Исследование влияния субмикроструктурных характеристик защитных покрытий на их адгезию к стальным и бетонным поверхностям.	144
4.2.	Разработка способа расчета оптимальных составов (по защитным свойствам) защитных покрытий.	148
4.2.1.	Способ расчета составов защитных покрытий без микронаполнителя.	148
4.2.2.	Способ расчета составов защитных покрытий с микронаполнителем.	149
4.3.	Исследование контактной зоны разработанных защитных покрытий с защищаемой поверхностью и их стойкости против электрокоррозии.	151

4.3.1.	Оптико-микроскопические исследования контактной зоны между разработанными защитными покрытиями и стальной поверхностью.	151
4.3.2.	Потенциостатические исследования антикоррозионных свойств защитных покрытий.	156
4.3.3	Исследования стойкости против действия положительных потенциалов утечки.	158
4.4.	Экспериментальная проверка защитных свойств разработанных защитных покрытий на долговечность.	166
4.4.1.	Проверка по долговременной безнапорной водопроницаемости.	166
4.4.2.	Исследование свойств защитных покрытий на стальных и бетонных поверхностях на морозостойкость и адгезию.	171
4.4.3.	Исследование растекаемости защитных покрытий по величине краевого угла смачивания.	178
4.5.	Разработка технологии изготовления защитных покрытий в полигонных условиях и для малых предприятий.	183
	Выводы по разделу 4.	186
<b>РАЗДЕЛ 5. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>		<b>188</b>
5.1.	Эксплуатационные измерения токов утечки на конструкциях мостов, эксплуатируемых на электрифицированных участках железных дорог.	188
5.2	Эксплуатационная проверка и внедрение разработанных защитных покрытий.	202
5.3	Экономический эффект	203
5.4	Разработка нормативных документов	204
	Выводы по разделу 5	205
	<b>ОБЩИЕ ВЫВОДЫ</b>	<b>206</b>
	Список использованных источников	208
	Приложения	217

## ВВЕДЕНИЕ

Основными конструкциями мостов являются: железобетонные и металлические пролетные строения, опоры (промежуточные, (или быки), и береговые (или устои)). Опоры мостов и конструкции водопропускных труб являются обычно сборными железобетонными, бетонными сборными или монолитными, кирпичными или каменными. Стальные конструкции металлических и железобетонных мостов, а также других инженерных сооружений на электрифицированных постоянным током участках железнодорожных путей подвержены усиленной коррозии и электрокоррозионному разрушению [34, 5, 50, 67, 115, 118, 150], особенно эксплуатируемые на водотоках [25, 31, 32, 38, 41, 42, 48, 65, 83, 94, 150]. Кроме огромных потерь металла практически во всех отраслях народного хозяйства, это вызывает снижение несущей способности мостов и труб, сокращение срока их службы и, что самое важное, представляет угрозу безопасности движения поездов, нередко приводит к авариям [43]. Имея часто локальный характер, электрокоррозия может вывести металлическую конструкцию из строя за несколько лет или даже месяцев [118].

В связи с этим, снижение огромного ущерба от коррозии, а также продление срока службы и защиты от коррозии металлических конструкций и сооружений из них представляет научно-техническую проблему большой важности [24, 43, 47, 115, 119, 118, 131, 133].

Перспективным в создании антикоррозионных материалов является использование эпоксидной смолы, модифицированной другими смолами с получением более высоких результирующих физико-механических и других характеристик.

Особое значение в решении этих задач в настоящее время имеет так же невысокая стоимость создаваемых защитных покрытий, возможность их производства из местного сырья, а так же эстетический вид сооружения, в частности тоннелей, пролетных строений и опор мостов.

Из указанных конструкций и сооружений мосты, путепроводы, виадуки и др (далее мосты), а так же тоннели относятся к наиболее ответственным сооружениям, т.к. они непосредственно воспринимают большую нагрузку от подвижного состава, и их эксплуатация связана с жизнями большого количества людей.

Срок эксплуатации и надежность мостов и тоннелей определяется долговечностью применяемых конструкционных материалов, в первую очередь углеродистой стали и железобетона.

Коррозионное разрушение этих материалов и, следовательно, снижение прочностных характеристик долговечности конструкций происходят под воздействием атмосферных факторов (перепады температур, повышенная влажность, агрессивные газовые выбросы автомобилей, предприятий, локомотивов (тепловозов) и др. Кроме того, мостовые и тоннельные конструкции подвергаются дополнительно интенсивному увлажнению, значительным знакопеременным напряжениям и динамическим (вибрационным) нагрузкам, что ускоряет процессы их разрушения [76].

Кроме того, на электрифицированных постоянным током участках железнодорожного пути мостовые металлические и железобетонные конструкции подвергаются интенсивному электрокоррозионному износу от блуждающих токов и токов утечки. По сравнению с почвенной и атмосферной коррозией, электрокоррозия является наиболее опасной [67, 117, 118]. Наиболее интенсивно электрокоррозия железобетона протекает в условиях обводнения, влияние которого усиливается высыпавшимися из вагонов агрессивными грузами. К таким конструкциям относятся в первую очередь тоннели на Львовской ж.д. Среди железнодорожных мостов к этим конструкциям относятся мосты с балластной ездой, особенно в случае нарушения их гидроизоляции и повреждения водоотводных трубок [94].

Большое влияние на коррозионное разрушение железобетонных пролетных строений мостов оказывает возникновение макрогальванических

пар на арматуре железобетонных конструкций, подробно исследованное В.А. Бондарем для конструкций зданий и сооружений [17].

По его мнению, все железобетонные элементы с точки зрения доступности их арматуры для деполяризатора, агрессивной среды разделены на элементы с односторонним, двухсторонним и трёхсторонним фронтом доступности. В результате распределение коррозионного тока на поверхности арматуры тока по окружности сечения носит неравномерный характер. Большая плотность тока наблюдается в местах более доступных для деполяризатора.

В еще большей мере проявляется эффект неодинаковости доступа агрессивной среды и, соответственно, возникновения значительных макрогальванических пар в крайних (сбоку моста) и средних (ближе к оси моста) железобетонных пролетных строениях мостов (рис. 1). Из приведенных фотоснимков видно, что наибольшие разрушения в балках с интенсивной коррозией арматуры и бетона произошли в крайних пролетах, в то время как средние (ближе к оси путепровода) практически не разрушены.

Эффективным способом защиты от такого разрушения может быть окрашивание поверхности железобетонных конструкций водонепроницаемыми защитными покрытиями как при строительстве, так и во время эксплуатации, в т.ч. после восстановления поврежденных участков.

На железнодорожном транспорте проблема коррозии металла и железобетона выливается в проблему долговечности и надежности рельсового пути, искусственных сооружений (мостов, тоннелей, труб), а также опор контактной сети, от которых зависят не только вопросы экономики, но, главное, – безопасности движения железнодорожного транспорта.

Для защиты бетонных и кирпичных конструкций стали применять новые высокоэффективные способы гидроизоляции и усиления – металлоинъекционные обшивки [88], которые также могут быть подвержены коррозии и электрокоррозионному разрушению. Наконец, в работах [65, 83,

84] показано, что в условиях обводнения и токов утечки электрокоррозии подвержен бетон в железобетонных конструкциях, неармированный бетон и раствор в швах каменной или кирпичной кладке.

а)



б)

Балка крайнего пролетного строения



Балки средних пролетных строений



Рис. 1. Интенсивное разрушение крайних железобетонных пролетных строений одного из железнодорожных путепроводов в г. Харькове

Изложенное требует осуществления надежной защиты указанных конструкций пассивными и активными (для металлических конструкций и арматуры в железобетоне) способами. Как известно, к пассивным способам защиты в первую очередь относятся защитные антикоррозионные покрытия [36, 114], которые для указанных условий эксплуатации должны быть особо надежными. Однако, несмотря на большое количество разработанных отечественных и зарубежных покрытий, проблема защиты металлических и железобетонных конструкций от электрокоррозии в указанных сложных условиях остается нерешенной. В большой степени это обусловлено недоизученностью механизмов разрушения считающихся антикоррозионными покрытий в условиях постоянных токов утечки через конструкции и обводнения сооружений [150], вследствие чего они разрушаются намного раньше проектируемых сроков, за счет недоступности особо качественных покрытий из-за их дороговизны, из-за отсутствия простых и надежных способов контроля защитных свойств покрытий в условиях обводнения и постоянных токов утечки.

**Актуальность.** На основании изложенного тема диссертации, посвященной разработке антикоррозионных недорогих надежных составов, в т.ч. декоративных, для металлических и железобетонных конструкций мостов и труб на основе использования коллоидно-химических представлений об электроповерхностных явлениях, процессах, взаимодействиях и свойствах является актуальной.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Диссертационная работа выполнена на кафедре «Строительные материалы, конструкции и сооружения» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта в рамках госбюджетной научно-исследовательской работы по теме: «Теоретичні та експериментальні

дослідження із створенням нових матеріалів і засобів захисту від корозії металевих мостів та інших конструкцій» №ДР 0100U000825, а так же в рамках планов НИОКР Укрзалізнични, планов Южной железной дороги по темам:

- «Підвищення довговічності конструкції мостів та їх захист від корозії». (договір № 406/03-34/03-ЦТех, від 31.06.2003);

- «Дослідження та розробка рекомендацій по захисту конструктивних елементів будівель та споруд, що експлуатуються, від агресивних дій» (договір № 4/07-ЦТех-778/07-ЦЮ, від 31.03.2007);

а также в рамках хоздоговорных НИР с Южной ж. д.:

- «Ремонт залізобетонних конструкцій шляхопроводу на 802 км діл. Гребінка–Черкаси» (договір № П/П – 06/454/НЮ від 03.04.2006);

- «Капітальний ремонт водопропускної труби на 111 км ділянки Харків - Куп'янськ» (договір № П/П-07587/НЮ від 23.03.2007);

- «Капітальний ремонт верхньої частини водопропускної труби на 365 км ділянки Основа – Букине» (договір № П/П-07586/НЮ від 23.03.2007);

- «Капітальний ремонт водопропускної труби на 19 км ділянки Харків - Люботин» (договір № П/П-071913/НЮ від 16.06.2007).

**Объект исследований** – защитные составы и защищаемые ими материалы и конструкции.

**Предмет исследований** – структура, свойства, процессы и механизмы, в том числе электрокоррозии и защиты от нее.

**Целью диссертации**, направленной на решение данной проблемы, является повышение долговечности металлических и железобетонных конструкций мостов, а также бетонных и кирпичных водопропускных труб и других инженерных сооружений, эксплуатируемых в условия обводнения и токов утечки, за счет создания высокоэффективных антикоррозионных защитных покрытий на основе закономерностей физико-химической механики дисперсных систем и материалов, совершенствования представлений об электроповерхностных и электродных явлениях, процессах и взаимодействиях.

**Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:**

1. Разработка новых методик исследования адгезионных и реологических характеристик для лабораторных и полевых условий.
2. Развитие представлений о механизмах возникновения дефектов в антикоррозионных покрытиях, взаимодействий между компонентами этих составов, проникающей способности агрессивной среды под покрытия.
3. Исследование структуры и свойств эпоксидной смолы и композиций на ее основе.
4. Разработка антикоррозионных защитных составов для железобетонных и металлических конструкций мостов (в условиях воздействия блуждающих токов и токов утечки) и технологии их изготовления.
5. Экспериментальная проверка защитных свойств и долговечности разработанных защитных составов.
6. Эксплуатационные испытания разработанных покрытий и внедрение результатов исследований.

**Научная гипотеза** исследований заключается в следующем:

- интенсивный износ стальных конструкций мостов, тоннелей и водопропускных труб, эксплуатируемых на электрифицированных участках железных дорог, обусловлен совместным действием обводнения и токов утечки, при котором на стальных конструкциях возникают электрические потенциалы, вызывающие под защитным покрытием реакции электрокоррозии и давление, а в бетонных, железобетонных и кирпичных конструкциях возникает вынос продуктов гидратации цемента в воду или водонасыщенный грунт, что значительно ускоряет разрушение защитных покрытий и конструкций и требует разработки и применения новых защитных покрытий с высокой адгезией к влажным поверхностям, высокой безнапорной водонепроницаемостью и электрохимической стойкостью в сочетании с хорошими декоративными свойствами;

- создание новых защитных покрытий с такими свойствами может быть обеспечено за счет сочетания эпоксидной смолы ЭД-20 и отвердителя для влажных и мокрых поверхностей УП-583 с каменноугольной (КУС) и инденкумароновой (ИКС) смолами, а также с пигментами, содержащими поверхностные центры полимеризации эпоксидной смолы, в оптимальном соотношении, обеспечивающем оптимальную микро- и субмикроструктуру защитного покрытия и его максимальную долговечность в условиях обводнения и токов утечки.

**Методы исследований.** В работе использованы стандартные методы исследования свойств лакокрасочных материалов.

Кроме того, использовали следующие специальные существующие и разработанные в диссертационной работе методы и методики исследований:

- для определения зернового состава пигментов и микронаполнителей, а также исследования контактной зоны сталь-защитное покрытие - метод оптической и электронной микроскопии (в том числе с дополнительным увеличением с помощью сканера и ПЭВМ), метод седиментации в керосине, а также методика сопоставления реальной и теоретической плотностей смеси песка, микронаполнителя, пигментов и воды [82];
- для исследования реологических свойств - методика определения условной вязкости, определяемой с помощью вискозиметра ВЗ-1 (ГОСТ 8420-24. Материалы лакокрасочные. Метод определения условной вязкости);
- для оценки величин адгезии разрабатываемых покрытий к защищаемым поверхностям (лабораторных образцов и реальных бетонных, кирпичных и металлических конструкций) - методика отрыва адгезиометром наклеенных штампов на поверхность покрытий;
- для определения фазового состава и взаимодействия между составляющими защитных покрытий - метод инфракрасной спектроскопии (ИК-спектроскопии);

- для исследования электрохемостойкости исследуемых защитных покрытий на поверхностях металлических лабораторных образцов и реальных конструкций, эксплуатируемых в условиях токов утечки - методика измерения сопротивления и тока, проходящего через защищаемую поверхность при высоком электрическом напряжении и агрессивной среде, с помощью разработанных накладного датчика и прижима в среде раствора соляной кислоты или водной среде;

- для исследования процессов электрохимической коррозии на металлических образцах с защитными покрытиями - метод потенциостатирования [137] (потенциостат ПИ-50-1);

- для исследования фильтрационных свойств защитных покрытий - методика определения безнапорной водопроницаемости [8, 135];

- для исследования электроповерхностных свойств составляющих защитных покрытий - методика расчета электроповерхностного потенциала по стандартному водородному потенциалу [96];

**Научную новизну работы составляют:**

- разработанные в диссертации методики:
  - определения адгезионной прочности на вертикальных поверхностях для лабораторных и полевых исследований;
  - оценки долговечности антикоррозионных составов по морозостойкости и адгезии;
  - оценки электрохемостойкости антикоррозионных составов по величине тока и электросопротивления при высоком напряжении с использованием специального датчика с магнитным прижимом;
- экспериментальные данные об электроповерхностных свойствах пигментов, КУС, ИКС, и ЭД;
- развитые представления: о механизме протекания электрокоррозионных процессов под защитным покрытием; о механизме взаимодействия между КУС, ЭД, ИКС и пигментами; об адгезии полимеркомпозиционных защитных покрытий к стальным и бетонным

поверхностям; о зависимости адгезии затвердевшего защитного состава от краевого угла смачивания при его нанесении на поверхность;

- разработанные новые способы расчета оптимальных (по защитным свойствам и долговечности) составов покрытий;

- адгезионные, реологические и фильтрационные характеристики разработанных защитных покрытий;

- развитые представления: о структуре и структурных характеристиках защитных покрытий на микро-, субмикроуровнях и их оптимальных (по водонепроницаемости и адгезии) величинах;

- результаты физико-химических (оптико-микроскопических, электронно-микроскопических и ИК-спектроскопических) исследований защитных покрытий и их компонентов.

**Практическое значение полученных результатов** заключается в использовании разработанных защитных покрытий при ремонте сильно поврежденных железобетонных конструкций путепровода на 802 км участка Гребенка - Черкассы Южной ж.д., капитальном ремонте водопропускных труб на 119 км ПК 1+60 линии Харьков-Купянск, на 111 км участка Харьков-Купянск, на 365 км участка Основа - Букино Южной ж.д. Основной технико-экономический эффект от внедрения разработанных защитных покрытий заключается в том, что вместе с другими новыми материалами и технологиями они обеспечили исключение указанных искусственных сооружений из числа аварийных с установлением нормальных скоростей движения поездов. Разработанные покрытия обеспечат также надежную защиту конструкций от разрушения и намного больший срок службы восстановленных сооружений, по сравнению с традиционными технологиями ремонта и средствами пассивной защиты.

**Личный вклад соискателя.** Автором лично выполнено следующее: сделан критический обзор литературных источников; обоснован критерий электрохемостойкости для выбора составляющих защитных покрытий; разработаны и экспериментально доказаны гипотезы о механизме

электрокоррозии под защитными покрытиями, зависимости долговечности защитного покрытия от его безнапорной водопроницаемости, зависимости адгезии затвердевшего защитного покрытия от растекаемости при его нанесении на поверхность; обоснован выбор наиболее подходящих пигментов; разработаны методики, собраны схемы и устройства, выполнены все (кроме ИК-спектроскопических) экспериментальные лабораторные исследования; разработаны способы определения оптимальных составов, сами составы и технология их изготовления; принято основное участие во всех эксплуатационных испытаниях и внедрении разработанных защитных составов, разработаны и утверждены технические условия на созданные в диссертации защитные покрытия ТУ У 45.2-01116472-105:2006 [134], разработаны соответствующие разделы в отраслевом нормативном документе: ЦП 0142 Правила фарбування залізничних мостів, що експлуатуються.

В соавторстве выполнены следующие теоретические и экспериментальные исследования: разработка механизмов, схемы и физико-химических моделей электрокоррозии стали под защитными покрытиями; анализ, выводы и обсуждения результатов исследований; физико-химические исследования с помощью инфракрасной спектроскопии, исследования адгезии, тока и электросопротивления защитных составов на стальных конструкциях мостов; разработан и изготовлен датчик и магнитный прижим для измерения тока и электросопротивления на вертикальных стальных поверхностях

Участие автора в совместных публикациях отражено в перечне опубликованных работ.

#### **Апробация результатов диссертации.**

Основные результаты научных исследований по диссертации докладывались на:

1. Международной научно-практической конференции «Захист від коро-зії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж», м. Донецьк, 9-12 червня 2003р.

2. Научно-технической конференции «Математические модели процессов в строительстве» (железобетонные конструкции и материалы), Луганск, 9-11 июня 2004 г.

3. Украинском межотраслевом научно-практическом семинаре «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення», Київ, 27-28 июня 2006г.

4. Сопещания експертів Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу по подтеме №2.2 «Земляное полотно, искусственные сооружения и их комплексная диагностика», г. Сенец, Словацкая Республика, 19-22 сентября 2006 г.

5. VIII научно-технической конференции «Actualne problemy naukovno-badawcze bodownictwa», Ольштин, Польша, 2006 г.

6. Сопещания експертів Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу по подтеме №2.2 «Земляное полотно, искусственные сооружения и их комплексная диагностика», г. Хисар, Болгария, 11-13 сентября 2007г.

7. 62÷68 научно-технических конференциях кафедр УкрГАЗТ и специалистов железнодорожного транспорта в 2002÷2008 гг.

Рассмотрены и одобрены «Рекомендації по захисту конструктивних елементів будівель та споруд, що експлуатуються, від агресивних дій», где использованы результаты диссертации по электрокоррозии и защите конструкций от электрокоррозии.

На разработанные защитные составы утверждены технические условия ТУ У 45.2 - 01116472-105:2006р. «Склади захисні кольорові ЗС-1М і ЗС-3М для бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій».



По материалам диссертации опубликовано 11 работ, из них 9 в изданиях, рекомендованных ВАК Украины, а также получено 2 патента Украины на изобретение.

#### **Список опубликованных работ:**

1. Подтележникова И.В. Разработка способа оценки качества защитных покрытий на стальных поверхностях / И.В. Подтележникова // Зб. наук. праць. - Харків: ХарДАЗТ, 2007. - Вип.87. - С. 151-160.

2. Подтележнікова І.В. Потенціостатичні методи випробувань для оцінки захисних властивостей комбінованих антикорозійних покриттів / І.В. Подтележнікова // Зб. «Дороги і мости». - К.: ДерждорНДІ, 2007. - Вип. 7, т.2. - С. 127-133.

3. Экспериментальное определение потенциалов в конструкциях железнодорожных мостов на электрифицированных участках пути / И.В. Подтележнікова, А.М. Плугін, Д.А. Плугін, В.А. Лютий, О.С. Борзяк, А.А. Плугін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - К.: НТУ, 2006. - №73.- С. 253-257. (Личный вклад соискателя - установление максимальных потенциалов на стальных конструкциях фермы и кинетики их изменения при прохождении поездов с электротягой)

4. Методичні основи оптимізації структури антикорозійних полімеркомпозиційних покриттів / А.М. Плугін, І.В. Подтележнікова, С.В. Мірошніченко, Л.В. Трикоз, А.А. Плугін // Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж: матер. міжнар. конфер., 9-12 червня 2003р. - Донецьк: УАМК, 2003. - С. 138-145. (Личный вклад соискателя - разработка механизма избирательного действия наполнителя и оптимизации структуры антикоррозионных защитных покрытий).

5. Механізм виборчої дії наповнювача та оптимізація структури антикорозійних захисних покриттів / А.М. Плугін, І.В. Подтележнікова, С.В. Мірошніченко, Л.В. Трикоз, А.А. Плугін // Зб. наук. праць. - Харків:

ХарДАЗТ, 2004. - Вип.63. - С. 82-90. (Личный вклад соискателя - разработана гипотеза о механизме избирательного действия микронаполнителя, предложена структурная характеристика на микроуровне).

6. К механизму коррозии низкоуглеродистой стали под защитными покрытиями / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, И.В. Подтележникова, С.В. Мирошниченко, Ю.Н. Горбачева, А.В. Афанасьев // Моделирование в компьютерном материаловедении: матер. к 46-му междунар. семин. по моделированию и оптимизации композитов МОК'46, Одесса, 26-27 апреля 2007. - Одесса: Астропринт, 2007. - С. 197-202. (Личный вклад соискателя - разработана гипотеза о механизме коррозии стали под защитными покрытиями).

7. Электрокоррозия железобетонных мостов и других искусственных сооружений / А.Н. Плугин, А.А. Скорик, А.А. Плугин, С.В. Мирошниченко, О.А. Калинин, И.В. Подтележникова, О.С. Герасименко, В.А. Лютий // Залізничний транспорт України. - Хрків: УкрДАЗТ, 2004. - №1. - С. 11-13. (Личный вклад соискателя - анализ процессов возникновения токов на стальной ферме и токов утечки через мостовую опору)

8. Пат.71122UA. МПК<sup>7</sup> С04В28/12 Спосіб визначення складу важкого бетону з мінеральним наповнювачем / А.М. Плуґін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Плуґін, Арт.М. Плуґін, С.М. Кудренко, І.В. Подтележнікова, О.С. Герасименко, В.А. Лютий, А.В. Никитинський. - № 2003087901; Заявл. 21.08.2003; Опубл. 15.06.2006, Бюл.№6. (Личный вклад соискателя - предложен способ определения размеров микронаполнителя в смеси песок-микронаполнитель-вода).

9. Пат.62613UA. МПК<sup>7</sup> С04В28/00 Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону / А.М. Плуґін, О.А.Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Плуґін, С.М. Кудренко, В.А. Лютий, А.В.Никитинський, І.В. Подтележнікова, Г.О. Линник, М.Д. Костюк, В.О.Яковлєв. - №2003043396; Заявл. 15.04.2003; опубл.15.12.2003, Бюл.№12.

(Личный вклад соискателя - представления и эксперименты по оптимизации структуры цементного камня с микронаполнителем на микроуровне).

10.Захисні покриття світлих тонів на основі продуктів коксохімічної промисловості для металевих конструкцій залізничних мостів і тунелів / А.М. Пługін, І.В. Подтележнікова, С.В. Мірошніченко, Л.А. Коршиков, Л.В. Трикоз // Зб. наук. праць. - Харків: УкрДАЗТ, 2002. - Вип.49. - С. 131-136. (Личный вклад: проведение экспериментов, подбор составов и литературный анализ).

11.Електроміграційний перенос у процесах корозії бетону / А.М. Пługін, Д.А. Пługін, І.В. Подтележнікова, О.С. Борзяк // Зб. наук. праць. - Харків: УкрДАЗТ, 2006. - Вип.77. - С. 130-138. (Личный вклад: участие в проведении исследований).

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, основных выводов, списка использованных литературных источников из 152 наименований на 9 страницах. Содержит 158 страниц основного текста, в т.ч. 104 рисунков и 15 таблиц, 48 полных страниц содержащих рисунки и таблицы, 3 приложений.

Автор выражает благодарность инженерам Скрипнику В.Г, Герасименко О.С., кандидату технических наук Лютому В. А., кандидату химических наук Коршикову Л.А., кандидатам технических наук, доцентам, Калинину О.А., Мирошніченко С.В., Плугину Д.А., доктору технических наук, профессору Плугину А.А. за оказание помощи при выполнении экспериментальных исследований и внедрении разработок, инженеру Борзяк О.С. - за консультации и помощь в проведении физико-химических исследований, Куковицкому Н.Н. - за консультации в области потенциостатических исследований.

## Список использованных источников

1. Акимов Г. В. Основы учения о коррозии и защите металлов / Г. В. Акимов. – М.: Металлургия, 1946. – 216 с.
2. Акимов Г. В. Теория и методы исследования коррозии металлов / Г.В. Акимов. – М-Л.: Изд. АН СССР, 1945. – 414 с.
3. Андрющенко Е.А. Светостойкость лакокрасочных покрытий / Е.А. Андрющенко. – М.: Стройиздат, 1986. – 192с.
4. Антропов Л.И. Ингибиторы коррозии металлов / Л.И. Антропов, У.М. Макушин, В.Ф. Панасенко. – К.: Техника, 1981. – 182 с.
5. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И. Антропов. – М.: Высшая школа, 1975. – 568 с.
6. Артамонов В.С. Защита от коррозии железобетонной обделки тоннелей на электрифицированных дорогах / В.С. Артамонов // Транспортное строительство. – 1963. - №2. - с.50-52.
7. А.с. 1158552 СССР. Способ обработки цементной бетонной смеси / А.И.Бирюков, С.С.Духин, Ф.Д.Овчаренко, А.Н.Плугин [и др.]. - Оpubл.1985, Бюл.№20.
8. А.с. 94042090 СССР. Способ определения водонепроницаемости бетона и изделий / А.Н. Плугин, И.Г. Прокопова, Д.Н. Косинов. – Заявл. 15.04.94. – Оpubл. 25.12.98. - Бюл. № 6.
9. Бабушкин В.И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа / В.И. Бабушкин. – Харьков: Выща школа, 1989. – 167 с.
10. Бадовска Г. Антикоррозионная защита зданий / Г. Бадовска, В. Данилецкий, М. Мончинский. – М.: Стройиздат, 1978. – 508 с.
11. Басин В.А. Адгезионная прочность / В.А. Басин.– М.: Химия, 1981. – 125 с.
12. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л. Беллами. – М.: Изд-во иностр. литературы. 1963. – 590 с.
13. Берлин А.А. Основы адгезии полимеров / А.А. Берлин, В.Е. Басин. – М.: Химия, 1983. – 210 с.
14. Берлин В.И. Транспортное материаловедение / В.И. Берлин, О.П. Мчедлов-Петросян, А.К. Шубников. – М.: Транспорт, 1972. – 408 с.
15. Бирюков А.И. О механизме электровоздействия на ранней стадии твердения цемента / А.И. Бирюков, А.Н. Плугин, И.А. Чулков // Повышение долговечности бетона транспортных сооружений: межвузовский сборник.- М.: МИИТ, 1980. - Вып. 662.– С.59-66.
16. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений / М.Д.Бойко. – Л.: Стройиздат, 1986. - 256 с.
17. Бондарь В.А. Защита от коррозии арматуры надземных железобетонных конструкций катодной поляризацией: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Бондарь В.А. – Харьков: ХГТУСА, 1994. - 380 с.
18. Братчун В.И. Модифицированные дегти и дегтебетоны повышенной долговечности / В.И. Братчун, В.А. Золотарев – Макеевка: ДГАСА, 1998. – 225 с.
19. Братчун В.І. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів / В.І. Братчун,

- В.О.Золотарьов, М.К.Пактер, В.Л.Беспалов. - Макіївка: ДГАСА, 2006. – 303с.
20. Брунауэр С. Гидратация трехкальциевого и  $\beta$ -двухкальциевого силиката в температурном интервале 5-50С / С. Брунауэр, Д.Л. Кантро // Химия цементов; под ред. Х.Ф.У.Тейлора. – М.: Стройиздат, 1969. – С.214-232.
  21. Брык М.Т. Полимеризация на твердой поверхности неорганических веществ / М.Т. Брык– К.: Наук. думка, 1981.- 288 с.
  22. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги: ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 1006.0-95). – [Чинний від 1996-11-01]. - К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1996. - 12с. – (Національний стандарт України).
  23. Возненко С.И. Герметизирующие композиции на основе цемента и КУС для обводненных тоннелей: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / С.И. Возненко. – Харьков.: ХарГАЖТ, 1999. – 176 с.
  24. Garside J.E. Anti-Corros. Met. and mater., 1966. - v.1. - № 1. - p. 22.
  25. Гольдштейн А.Н Коррозия железобетонных конструкций под действием блуждающих токов / А.Н. Гольдштейн, Р.А. Завертки. – М.: Промышленное строительство, 1963. - №7. - с. 25-29.
  26. Горчаков Г.И. Строительные материалы / Г.И. Горчаков, Ю.М. Бакенов. – М.: Стройиздат, 1986.- 689 с.
  27. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высша школа, 1981. – 335 с.
  28. Григоров О.Н. Электрокинетические явления / О.Н. Григором. – Л: Изд-во ЛГУ, 1973. – 196 с.
  29. Гуль В.Е. Структура и прочность полимерных материалов / В.Е. Гуль. – М.: Химия, 1971. – 344 с.
  30. Декорирование поверхности твердых тел / [Г.И. Дистлер, В.П. Власов, Ю.М.Герасимов и др.]. - М.: Наука, 1976.-111 с.
  31. Демиденко А.Б. Влияние токов утечки из рельсовой цепи на коррозию струнобетонных шпал / А.Б. Демиденко. – Д.:Труды ДИИТ, 1962. - вып. 42. – С. 22-30.
  32. Демиденко А.Б. Коррозионные разрушения железобетонных блоков на электрифицированных участках железных дорог / А.Б. Демиденко. – Д.: Труды ДИИТ, 1969. - вып. 99. - С. 98-102.
  33. Дерягин Б.В. Поверхностные силы / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
  34. Долговечность железобетона в агрессивных средах / [С.Н. Алексеев, Ф.М.Иванов, С. Модры, П. Шиссель] – М.: Стройиздат, 1990. – 316 с.
  35. Духин С.С. Диэлектрические явления и двойной слой в дисперсных системах и полиэлектролитах / С.С. Духин, В.Н. Шилов. – К.: Наукова думка, 1972. - 204 с.
  36. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии: ГОСТ 9.602-89. – [Дата введения 1990-01-01]. - М.: Изд-во стандартов, 1989. - 59 с.
  37. Електрокорозія бетону залізобетонних блоків обробки метрополітену /

- А.М.Плугін, А.А.Плугін, О.О.Скорик, О.С.Герасименко, Л.В.Трикоз // зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2003.- Вип.56.- С.126-135.
38. Ершов И.М. Защита сооружений от воздействия блуждающих токов железных дорог / И.М. Ершов, Л.С. Панфиль. – М.: Транспорт, 1965. – 148 с.
  39. Ефремов И.Ф. Периодические коллоидные структуры / И.Ф. Ефремов – Л.: Химия, ленинградское отделение 1971. - 191 с.
  40. Жданюк В.К. Структурообразование в контактной зоне как основа формирования водостойкости асфальтобетонов: дисс. ... докт. техн. наук: 05.23.05 / Жданюк В.К. - Харьков: ХГТУСА. – 2007. - 370 с.
  41. Защита металлических мостов от коррозии. – М.: ВНИИЖТ, 1950. – 23 с. - (Информационное письмо № 176).
  42. Защита подземных металлических сооружений от коррозии: справочник / [Стрижевский И.В., Белоголовский А.Д., Дмитриев В.Н. и др.]. – М.: Стройиздат, 1990. – 300 с.
  43. Защита строительных конструкций и химической аппаратуры от коррозии / [Чекулаева, Жолудов В.С., Радзевич, Соколов В.А.]. – М.: Стройиздат, 1980. – 161 с.
  44. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 413 с.
  45. Зиневич А.М. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии / А.М. Зиневич, В.И. Глазков, В.Г. Котик. – М.: Недра, 1975. – 287 с.
  46. Золотарев Д.В. Цветной дорожный бетон на основе талового пека, модифицированного атактическим полипропиленом.: дисс. ...канд. техн. наук: 05.23.05. / Золотарев Д.В. - Харьков: ХГТУСА, 2002. – 172 с.
  47. Зусман Л.Л. Кругооборот металла в народном хозяйстве СССР. / Л.Л. Зусман. – М.: Металлургиздат, 1962. — 319 с.
  48. Иванов Ф.М. Защита железобетонных транспортных сооружений от коррозии / Ф.М. Иванов. – М.: Транспорт, 1968. – 175 с.
  49. Иващенко Ю.Н. Определение поверхностной энергии по размерам лежащей капли, когда краевой угол мал, но не меньше, чем  $\pi/4$  / Ю.Н. Иващенко, В.Н.Еременко, Б.Б. Богатыренко // ЖФХ. – 1965. – 39. - № 2. – С. 516-519.
  50. Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами.  $\frac{ЦЭ}{3551}$  – М.: Транспорт, 1979. – 89 с.
  51. Инструкция по содержанию искусственных сооружений.  $\frac{ЦП}{4363}$  - М.: Транспорт, 1987. - 65 с.
  52. Исследование влияния природы растворителя на процесс формирования эпоксидных покрытий / С.С. Иванова, Л.А. Сухарева, Н.И. Серая, П.И. Зубов // Коллоидный журнал. – 1974. – т.36. - №4. – С. 666-671.
  53. Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України.  $\frac{ЦП}{0050}$  - К.: Транспорт України, 1999. – 244 с.
  54. Інструкція по утриманню штучних споруд.  $\frac{ЦП}{0054}$  - К.: Транспорт України,

1999. – 96 с.
55. К механизму коррозии низкоуглеродистой стали под защитными покрытиями / А.А.Плугин, И.В. Подтележникова, С.В.Мирошниченко [и др.] // Моделирование в компьютерном материаловедении: - Одесса: Астропринт, 2007. - С.197. -202 с.
56. Каминский М. Атомные и ионные столкновения на поверхности металла / М.Каменский. – М.: Мир, 1967. – 216 с.
57. Камчатная С.Н. Долговременная ползучесть и бетоны с низкой деформативностью: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Камчатная С.Н. - Харьков: УкрГАЖТ. – 2005. - 247 с.
58. Капранов В.В. Твердение вяжущих веществ и изделий на их основе / В.В.Капранов. – Челябинск, Южно-Уральское кн. Изд-во, 1976. - 192 с.
59. Кардашев Д.А. Полимерные клеи / Д.А. Кардашев, А.П. Петрова. – М.: Химия, 1983. – 182с.
60. Карякина М.И. Физико-химические основы процессов формирования и старения покрытий / М.И. Карякина. - М.: Химия, 1980. - 216 с.
61. **Кемпбел Д. Изучение катодного отслаивания некоторых эпоксидных порошковых покрытий / Д. Кемпбел // Покрытия и обработка поверхностей для защиты от коррозии и износа. - М.: Металлургия, 1991. – С. 219-227. - (сб. статей).**
62. Киселев В.Ф. Адсорбционные процессы на поверхности полупроводников и диэлектриков / В.Ф. Киселев, О.В. Крилов. – М.: Наука, 1978.- 256 с.
63. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М: Наука, 1978. – 792с.
64. Кондращенко Е.В. О формировании структуры проникающей гидроизоляции / Е.В. Кондращенко, Т.А. Костюк // Науковий вісник будівництва. – Харьков: ХДТУБА, 2007. – Вып. 43. – С. 138-142.
65. Конструкційні матеріали нової генерації та технології їх впровадження в будівництво / [Рунова Р.Ф., Братчун В.І., Плугін А.М. та ін.]. – К: УВПК «ЕксОб», 2008. – 355 с.
66. Косовова З.П. Определение адгезии путем отрыва покрытия штампом / З.П.Косовова // Защита от коррозии строительных конструкций. - М: Стройиздат, 1971. – С.56-58.
67. Котельников А. В. Коррозия и защита сооружений на электрифицированных железных дорогах / А. В. Котельников, В. И. Иванова, Э. П. Селедцов, А.В.Наумов. - М.: Транспорт, 1986. – 152 с.
68. **Краткий справочник физико-химических величин. - Л.: Химия, 1983, 231 с.**
69. Лакокрасочные покрытия. Технология и оборудование / [Елисаветский А.М., Ратников В.Н., Дорошенко В.Г. и др.]. – М.: Химия, 1992. – 416 с. – (справочное издание).
70. Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. – М.: Гостехтеориздат, 1957.– 246 с.

71. Лебедев Г.А. Сварка. Склеивание. Напыление. / Г.А. Лебедев, Г.А. Кракович, К.Г. Безкоровайный. – Л.: Химия, 1973 – 211 с.
72. Липатов Ю.С. Межфазные явления в полимерах / Ю.С. Липатов. – К.: Наукова думка, 1980. – 241 с.
73. Липатов Ю.С. Физико-химия наполненных полимеров / Ю.С. Липатов. – К.: Наукова думка, 1967. – 233 с.
74. Литвиненко М.С. Химические продукты коксования для производства полимерных материалов / М.С. Литвиненко, И.М. Носалевич. – Харьков: Metallurgizdat, 1962. – 251 с.
75. Лобковский В.П. Краска для защиты мостовых конструкции / В.П. Лобковский // Строительные материалы. – №12. - 2000, – С. 14 -15.
76. Лютый В.А. Повторяющаяся быстроснатекающая ползучесть бутовой кладки мостовых опор при механоэлектрических воздействиях: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Лютый В.А. - Харьков: УкрГАЗТ. – 2007. - 201 с.
77. Майофис И.М. Химия диэлектриков / И.М. Майофис. – М.: Высшая школа, 1970. – 332 с.
78. Мак-Леод М Образование пузырей на красочных покрытиях, нанесенных на работающие в морской воде стальные поверхности / М. Мак-Леод, Дж. М. Сайке // Покрытия и обработка поверхностей для защиты от коррозии и износа: сб. статей. - М.: Metallurgia, 1991. – С. 193-205.
79. Малахов А.И. Основы металловедения и теории коррозии / А.И. Малахов, А.П. Жуков– 2-е издание переработанное – М.: Высшая школа, 1991. – 168 с.
80. Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости: ГОСТ 8420-74. – [Дата введения 1975-01-01]. - М.: Изд-во стандартов, 1975. - 8с.
81. Методика кількісної оцінки в'язкотекучих рідин за допомогою віскозиметрів типу ВЗ – 4. / А.М. Плугін, Д.А. Плугін, С.В. Мірошніченко, С.І. Возненко // Збірник наукових праць – вип. 37. – Харків: ХарДАЗТ, 2000 – С. 14 – 20.
82. Методичні основи оптимізації структури антикорозійних полімеркомпозиційних покриттів / А.М. Плугін, І.В. Подтележнікова, С.В. Мірошніченко [та ін.] // Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж: матер. міжнар. конф., 9-12 червн. 2003р. - Донецьк, 2003. - С. 242-248.
83. Механизм разрушения кирпичной кладки водопропускной трубы переменным блуждающим током или током утечки / А.А. Плугин, О.С. Герасименко, А.А.Дудин [та ін.] // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2007. - Вип.42. - С.112-119.
84. Механизм электрокоррозии бетонных конструкций пульсирующим однонаправленным блуждающим током или током утечки / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, С.В. Мирощниченко [та ін.] // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2007. - Вип.42. - С. 106-111.



85. Механізм виборчої дії наповнювача та оптимізація структури антикорозійних захисних покриттів / А.М. Плугін, І.В. Подтележнікова, С.В. Мірошніченко, Л.В. Трикоз // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: зб. наук. праць. - Харків: ХарДАЗТ, 2004. - Вип. 63. – С. 82-90.
86. Миллс Д.Дж. Электрические измерения на постоянном токе для оценки качества антикоррозионных покрытий / Д.Дж. Миллс. // Покрытия и обработка поверхностей для защиты от коррозии и износа: сб. статей. - М.: Металлургия, 1991. – С. 206-216.
87. Мірошніченко С.В. Составы на основе цемента, КУС и высококачественных смол для герметизации и лечения трещин и швов : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Мірошніченко С.В. – Харьков: ХарГАЖТ, 1999. – 176 с.
88. Новая комплексная технология гидроизоляции и усиления разрушающихся мостов, зданий и других сооружений / Плугин А.Н., Федюшин Ю.М., Плугин А.А. [и др.]. - УкрІНТІ. - Рег. № 0606U000057. – Харьков, 2005. – 98 с.
89. Опыт защиты мостов от коррозии / Б.Н. Монов, А.И. Либерман, Б.И. Ройтман, К.О. Распоров // Транспортное строительство. - № 5. – С. 10-13.
90. Пааш Г. Поверхности твердых тел. - В кн.: Достижения электронной теории металлов. / Г. Пааш, М. Хитшольд. - М.: Мир, 1984. – 466 с.
91. Пат.62613UA. МПК<sup>7</sup> C04B28/00 Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону / Плугін А.М., Калінін О.А., Мірошніченко С.В. [та ін.]. - №2003043396; заявл. 15.04.2003; опубл.15.12.2003, Бюл.№12.
92. Пат.71122UA. МПК<sup>7</sup> C04B28/12 Спосіб визначення складу важкого бетону з мінеральним наповнювачем / Плугін А.М., Калінін О.А., Мірошніченко С.В. [та ін.]. - № 2003087901; заявл 21.08.2003; опубл.15.06.2006, Бюл.№6.
93. Пиментел Д. Водородная связь / Д. Пиментел, О. Мах-Клеллан. - М.: Мир, 1964.-459 с.
94. Плугин А.А. Долговечность бетона и железобетона в обводненных сооружениях: Коллоидно-химические основы: дисс. ... доктора техн. наук: 05.23.05. / Плугин А.А.- Харьков: ХГТУСА, 2005.- 442 с.
95. Плугин А.Н. Об электроповерхностном потенциале твердой фазы в цементно-водных системах / А.Н. Плугин, А.А. Плугин // Сб.тр. по техн. химии.- Киев, УкрХО, 1997.- С.363-367.
96. Плугин А.Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих: дис. ... доктора химических наук. / Плуги А.Н. – К.: ИКХХВ, 1989. – 282 с.
97. Подтележнікова І.В. Разработка способа оценки качества защитных покрытий на стальных поверхностях / І.В. Подтележнікова // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: зб. наук. праць. - Харків: ХарДАЗТ, 2007. - Вип. 87. – С.151-160.
98. Покрытия лакокрасочные. Методы определения водопоглощения: ГОСТ 4650-80\*. – [Дата введения 1980-12-01]. - М.: Изд-во стандартов, 1980. - 12с.
99. Полинг Л. Общая химия / Л. Полинг – М: Мир, 1964. – 583 с.

100. Пэйн Г.Ф. Технология органических покрытий. Т. 2 / Г.Ф. Пэйн – Л.: Госнаучтехиздат хим. лит, 1963. – 776 с.
101. Рабинович В.А. Краткий химически справочник / В.А. Рабинович, З.Я. Хавин. - Л.: Химия, 1978. – 392 с.
102. Раджюнас Л.В. Обзорная информация. Инденкумароновые смолы (синтез, свойства и применение в производстве строительных материалов). / Л.В.Раджюнас, Г.И. Баерас, З.А. Мачионис // ВНИИЭСМ Министерства промышленности строительных материалов СССР. – М.: Ротапринт ВНИИСЭМа, 1977. – 45 с.
103. Рафиков С.Р. Введение в физико-химию растворов полимеров / С.Р. Рафиков, В.П. Будтов, Ю.Б. Монаков. – М.: Наука, 1978. – 328 с.
104. Рачев Х. Справочник по коррозии / Х. Рачев, С. Стефанова. – М: «Мир» 1982. – С. 28-31. – 520 с.
105. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика: Избранные труды / П.А. Ребиндер. - М.: Наука, 1979. - 384 с.
106. Рекомендации по защите от коррозии стальных и железобетонных конструкций лакокрасочными покрытиями. – М: Стройиздат, 1973. – 223 с.
107. Розенфельд И. Л. Антикоррозионные грунтовки и ингибированные лакокрасочные покрытия / И.Л. Розенфельд, Ф.И. Рубин штейн. — М.: Химия, 1980. – 200 с.
108. Руководство по защите от коррозии лакокрасочными покрытиями строительных бетонных и железобетонных конструкций, работающих в газувлажностных средах. – М.: Стройиздат, 1978. – 224 с.
109. Сафрончик В.И. Защита от коррозии в промышленном строительстве на Севере. / В.И. Сафрончик – Л.: Стройизд. 1983г. – 208 с.
110. Свентославский В.В. Физическая химия каменноугольной смолы. – М.: Изд-во Инлит, 1958. – 870 с.
111. Сергеева Е.И. Метод исследования электрохимического поведения металлов в условиях консервации полимерными пленками / Е.И. Сергеева, Г.К. Берукштис, Ю.И. Михайловский // Коррозия и защита металлов. – М.: Наука, 1970. – С. 186-188.
112. Скорчелетти В.В. Теоретические основы коррозии металлов / В.В. Скорчелетти. – Л.: Химия, Ленингр. отделение, 1973. – 263 с.
113. СН-65—76 Инструкция по защите железобетонных конструкций от коррозии, вызванной блуждающими токами. – М.: Стройиздат, 1977. - 79 с.
114. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. - М.: Стройиздат, 1996. – 56 с.
115. Совершенствование защиты железнодорожных конструкций от электрокоррозии. ВНТО. – М.: Транспорт, 1990. – 31 с.
116. Справочник по электроснабжению железных дорог. – Т.1. / [П.М. Шилкин, Б.Е. Геронимус, И.Б. Мостинский и др.]; под ред. Марквардта. – М.: Транспорт, 1980. – 256 с.
117. Справочник по электроснабжению железных дорог. / [Ю.Н. Макас, В.М. Эрлих, И.Б. Мостинский и др.]; под ред. Марквардта. – М.: Транспорт, 1981. –

392 с.

118. Старосельский А.А. Бетоны с улучшенными электроизоляционными свойствами для защиты от коррозии / А.А. Старосельский, И.Б. Дмитриев, А.П. Сивцов. – Харьков: ХИИКС, 1986. – 48 с.
119. Старосельский А.А. Коррозия и долговечность железобетона в условиях электрических воздействий: дис. ... докт. технич. наук. / Старосельский А.А.– М.: НИИЖБ, 1989. – 282 с.
120. СТП 001-95. "Защита металлических конструкции мостов от коррозии методом окрашивания". - Корпорация "Трансстрой", 2001. – 316 с.
121. Стрижевский И.В. Теория и расчет влияния электрифицированной железной дороги на подземные металлические сооружения / И.В. Стрижевский. – М.: Стройиздат, 1967. – 247 с.
122. Структурні елементи хвойної деревини та їх роль у формуванні міцності / Плугін Д.А., Трикоз Л.В., Плугін А.М. [та ін.] // Питання підвищення надійності залізничної колії та інженерних споруд: зб.наук.пр.- Харків: ХарДАЗТ, 2001.- Вип.48.- С.10-20.
123. Сумм Б.Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов – М.: Химия – 1976. – 231 с.
124. Сухарев А.А. Долговечность полимерных покрытий / А.А. Сухарев. – М.: Химия, 1984. – 240 с.
125. Сухарева Л.А. Влияние условий формирования покрытий на механизм кратерообразования / Л.А. Сухарева, С.С. Иванова, П.И. Зубов // Коллоидный журнал. – 1973. – т.35. - №1. – С. 69-76.
126. Сухарева Л.А. Исследование влияния природы растворителя на структурные превращения при формировании эпоксидных покрытий / Л.А. Сухарева, С.С. Иванова, П.И. Зубов // Коллоидный журнал. – 1973. – т.35. - №3. – С. 492-496.
127. Сухарева Л.А. Электронно-микроскопическое исследование эпоксидных полимеров / Л.А. Сухарева, С.С. Иванова, П.И. Зубов – 1973. – Т. XXXV - № 1. – С. 21-28.
128. Технологические правила окраски эксплуатируемых железнодорожных мостов. – М.: Транспорт, 1976. – 103 с.
129. Тищенко Г.П. Антикоррозионная защита металлоконструкций и коммуникаций / Г.П. Тищенко, В.Я. Жужман. – К.: Будівельник, 1988. – 160 с.
130. Толстая С.Н. Применение поверхностно-активных веществ в лакокрасочной промышленности / С.Н. Толстая, С.Н. Шабанова – М: Химия, 1976. – 176 с.
131. Томашов Н.Д. Коррозия и коррозионностойкие сплавы / Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова – М.: Металлургия, 1973. – 232 с.
132. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защита металлов / Н.Д. Томашов. – М.: АН СССР, 1959. – 591 с.
133. Томсон Д. Предвидимое будущее / Д. Томсон. – М.: ИЛ, 1958. – 176 с.
134. ТУ У 45.2-01116472-105:2006 р. „Склади захисні кольорові ЗС-1М і ЗС-3М для бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій”. Технічні умови. – 2006р. – 33 с.
135. The Mechanism of Water and Ionic Permeability of Concrete / A.N. Plugin,

- I.G.Prokopova, S. Wild, A.A. Plugin // Proceedings of the 10th International Congress of the Chemistry of Cement.- Gothenburg: Inform Trycket AB, 1997.- Vol.4.- 4iv075.- 8p.
136. Фрейман Л.И. О гальванических макроэлементах с одинаковым направлением электродных процессов на катоде и аноде / Л.И. Фрейман. // Защита металлов. - 1998. - Т.34.-N 2. - С. 186-191
  137. Фрейман Л.И. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите / Л.И. Фрейман, В.А. Макаров, И.Е. Брыксин. – Л.: Химия, 1972. – 240 с.
  138. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. - Л.: Химия, 1984.-368 с.
  139. ЦП-0142. Правила фарбування залізничних мостів, що експлуатуються. - Київ: Головне управління колійного господарства Укрзалізниці, 2005. - 126 с.
  140. Чернявский В.Л. Адаптация бетона / В.Л. Чернявский. - Днепропетровск: Нова ідеологія, 2002. – 116 с.
  141. Чернявский В.Л. Повышение антикоррозионных свойств бетона / В.Л. Чернявский. – Киев: Будівельник, 1983. – 89 с.
  142. Шалимо М.А. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии / М.А. Шалимо. – М.: Высшая школа, 1986. – 196 с.
  143. Шампетье Г. Химия лаков, красок и пигментов Т.2 / Г. Шампетье, Г. Рабатэ. – М.: Госхимиздат, 1962. – 576 с.
  144. Шевченко О.Н. Противокоррозионные материалы на основе инденкумароновой фракции коксохимического производства: дисс. ... канд. техн. наук / Шевченко О.Н. - Макеевка: Донбас. гос. акад. стр. и арх., 2002. – 192 с.
  145. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов. / А.Е. Шейкин, Ю.В.Чеховский, М.И. Бруссер. - М.: Стройиздат, 1979. – 344 с.
  146. Шнейдерова В.В. Определение стойкости защитных покрытий при периодическом замораживании и нагревании / В.В. Шнейдерова, З.М. Минаева / Защита от коррозии строительных конструкций. - М: Стройиздат, 1971. – С. 114-115.
  147. Эванс Ю.Р. Коррозия, пассивность и защита металлов / Ю.Р. Аванс. – М.: ГосНТИ литературы по черной и цветной металлургии, 1941. – 886 с.
  148. Эйзенберг Д. Структура и свойства воды / Д. Эйзенберг, В. Кауцман - М.: Наука, 1973. – 20 с.
  149. Экспериментальное определение потенциалов в конструкциях железнодорожных мостов на электрифицированных участках пути / А.Н.Плугин, Д.А.Плугин, В.А.Лютый [и др.] // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ, 2006.- №73.- С. 253-257.
  150. 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.

151. Элиасов Б.Л. Использование отходов целлюлозно-картонного производства для улучшения влагоустойчивости бетонных изделий / Б.Л. Элиасов, С.Б.Цыренова, О.Л. Дубинина // Новые технологии добычи и переработки природного сырья в условиях экологических ограничений: материалы всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием 26-30 июля 2004 г. - Улан-Удэ, 2004. – С. 69-71.
152. Якубович С.В. Испытания лакокрасочных покрытий / С.В. Якубович. – М.: Гос. науч.-техн. издательство хим. мет., 1952. – 208 с.