

Министерство образования и науки Украины
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

На правах рукописи

Конев Александр Анатольевич

УДК 691.32:620.193.7

**ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТОЧНЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЗАРЯДОВ ОТ ТОКОВ
УТЕЧКИ НА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ БЕТОННЫХ И
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

05.23.05 – Строительные материалы и изделия

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
Лауреат Государственной премии Украины в
области науки и техники
доктор химических наук, профессор
ПЛУГИН Аркадий Николаевич

Харьков 2014

СОДЕРЖАНИЕ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТРЕЩИН В БЕТОНЕ. ВОЗДЕЙСТВИЕ БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ И ТОКОВ УТЕЧКИ ОТ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	14
1.1 Анализ причин возникновения внутренних напряжений и трещин в бетоне бетонных и железобетонных конструкций	14
1.2 Внутренние напряжения и трещины, вызванные усадкой цементного камня (бетона)	16
1.3 Внутренние напряжения, вызванные разницей температур	18
1.3.1 Воздействие перепада температур на бетон	18
1.3.2 Воздействие низких отрицательных температур на бетон	20
1.4 Внутренние напряжения и трещины, вызванные ползучестью бетона	24
1.5 Внутренние напряжения и трещины, вызванные статическими и динамическими воздействиями на бетон	28
1.6 Внутренние напряжения и трещины, вызванные коррозией арматуры	29
1.7 Токи утечки, источники их возникновения	30
1.8 Электропроводность и электросопротивление бетона	33
1.9 Воздействие электрического тока на бетон	36
1.10 Трещинообразование от воздействия тока утечки	39
1.11 Методы защиты бетонных и железобетонных конструкций от воздействия блуждающих токов и токов утечки	41
1.11.1 Критический анализ существующих методов защиты от токов утечки и блуждающих токов	44
1.11.2 Критический анализ способов активной защиты конструкций от электрохимической коррозии и электрокоррозии	46

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 1	50
РАЗДЕЛ 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	52
2.1 Характеристика материалов используемых при проведении исследований	52
2.2. Методы исследований	52
2.2.1 Методика исследования и измерения параметров блуждающих токов и токов утечки от электротранспорта	53
2.2.2 Методика исследования в лабораторных условиях внутренних напряжений и трещин в бетоне от воздействия избыточных отрицательных зарядов от токов утечки разной величины	55
2.2.3 Определение физико-механических свойств экспериментальных бетонных образцов и их безнапорной водопроницаемости	60
2.2.4 Методы физико-химического анализа	61
РАЗДЕЛ 3 РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВЛИЯНИИ ИЗБЫТОЧНЫХ ЗАРЯДОВ ОТ ТОКОВ УТЕЧКИ НА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	63
3.1 Теоретические предпосылки для развития представлений о механизме влияния избыточных отрицательных зарядов, создаваемых токами утечки с рельсового пути, на трещинообразование бетона	63
3.1.1 Характер разрушения при сжатии пластичных и хрупких материалов. Концентрация напряжений	64
3.2 Основные положения механики разрушения бетона	67
3.3 Развитие представлений о возникновении трещин на основе положений коллоидной химии и физико-химической механики, а также представлений об электроповерхностных свойствах веществ	76
3.4. Развитие теоретических представлений о влиянии структуры бетона на возникновение трещин под нагрузкой	78
3.5 Развитие теоретических представлений о механизме влияния избыточных электрических зарядов от токов утечки	80

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 3	87
РАЗДЕЛ 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РАЗВИТЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВЛИЯНИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА УТЕЧКИ И ИЗБЫТОЧНЫХ ЗАРЯДОВ НА ЭЛЕКТРОКОРРОЗИЮ И ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В БЕТОНЕ	88
4.1 Натурные исследования возникновения трещин в железобетонных конструкциях от избыточных зарядов, образованных токами утечки	88
4.2 Лабораторно-экспериментальные исследования влияния постоянного электрического тока и избыточных зарядов различного напряжения на бетонные образцы разного размера	94
4.2.1 Лабораторно-экспериментальные исследования воздействия избыточного отрицательного заряда от тока утечки с рельса на фрагмент бетона железобетонной шпалы	95
4.2.2 Лабораторно-экспериментальные исследования воздействия избыточных зарядов Земли на бетон и цементный камень (образец-балка 100×100×400 мм)	116
4.2.3 Исследование механизма возникновения внутренних напряжений в бетоне и цементном камне при воздействии избыточных отрицательных зарядов от ПОЭН на образцы-кубы 100×100×100 мм	134
4.2.4 Моделирование воздействия токов утечки и возникновение внутренних напряжений в бетоне и цементном камне (образцы-цилиндры (H = 100 мм, D = 250 мм))	150
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 4	162
РАЗДЕЛ 5. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЮ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	164
5.1 Использование результатов исследований при разработке и внедрении новых материалов и технологий для защиты от электрокоррозии, восстановлении и усилении аварийных конструкций и	164

сооружений	
5.1.1 Измерение электрических потенциалов на конструкциях путепровода	165
5.2 Использование рекомендаций автора диссертации при восстановлении аварийных фундаментных блоков пассажирских платформ на остановочных платформах Южной железной дороги	167
5.3 Рекомендации по уменьшению влияния водохранилищ и водотоков на электрокоррозию конструкций пассажирских платформ	169
5.4 Защита конструкций пассажирских платформ от электрокоррозии под действием тока утечки с рельсовой колеи с помощью гидроизолирующего слоя-корыта и защитного стального заземленного экрана	170
5.5 Общие рекомендации по защите конструкций пассажирских платформ от электрокоррозии под действием тока утечки с рельсовой колеи	172
5.6 Разработка отраслевых рекомендаций	172
5.7 Использование результатов исследований в учебном процессе	173
5.8 Экономический эффект	173
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 5	175
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	177
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	179
Приложения А. Ведомственные строительные нормы, технические указания, рекомендации	196
Приложения Б. Акты производственного внедрения	210

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ДЭС	–	двойной электрический слой
ИКС	–	инфракрасная спектроскопия
ПОЭН	–	пульсирующее однонаправленное электрическое напряжение
ПОИ	–	потенциалопределяющий ионы ДЭС
ПРИ	–	противоионы ДЭС
РФА	–	рентгеновский фазовый анализ
ЭГК	–	электрогетерогенный контакт
ЭМС	–	электронная микроскопия
I	–	сила тока, сила тягового тока, А
I_0	–	сила тока утечки, А
ψ_0	–	потенциал на границе раздела фаз, В
$\mu_{\text{ОПТ}}$	–	коэффициент оптимальной раздвижки зерен песка
$\alpha_{\text{ОПТ}}$	–	коэффициент оптимальной раздвижки зерен щебня

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Повышение надежности железобетонных конструкций за счет повышения трещиностойкости бетона всегда представляло важнейшую проблему строительного материаловедения и эксплуатации конструкций. С массовой электрификацией железных дорог начала проявляться и нарастать интенсивная электрокоррозия бетонных и железобетонных обводненных конструкций. Многолетние исследования, выполненные учеными кафедры строительных материалов, конструкций и сооружений УкрГАЗТ, показали, что характерными разрушениями обводненных бетонных и железобетонных конструкций на участках с постоянным током является большая интенсивность их электрокоррозии и трещинообразования, по сравнению с конструкциями на неэлектрифицированных участках.

Сквозные трещины в бетонных и железобетонных конструкциях всегда являются аварийно опасными, часто возникают неожиданно и приводят к обрушениям мостов, тоннелей, к тяжелым авариям на транспорте, в т. ч. с человеческими жертвами. В последние десятилетия количество таких обрушений в разных странах мира нам-ного увеличилось.

По разработкам кафедры, причинами интенсивного разрушения обводненных бетонных и железобетонных конструкций на участках с постоянным током считается электрокоррозия бетона от действия токов утечки, практически не признаваемая нормативными документами и большинством ученых.

Однако, наши исследования по материалам кафедры и диссертации Д.А. Плугина, а также собственные натурные исследования показывают, что, как правило, электрокоррозионные разрушения и трещины в бетонных и железобетонных конструкциях протекают не по одинаковому механизму и на различных участках конструкций могут отличаться. Так, в опорах контактной сети электрокоррозия проявляется чаще в нижней части опоры, а трещинообразование — в верхней, в железобетонных шпалах электрокоррозия проявляется в опорных частях, а трещинообразование — на концах шпал. Часто трещины появляются в неожиданных, необъяснимых с точки зрения строительных расчетов местах конструкции. Так, большие и аварийно опасные трещины отрыва между плитой и стенкой железобетонных балок проявляются не в середине пролета, а в приопорной части, а косые трещины — практически над опорой, а не на отдалении от нее. Часто трещинообразование обусловлено изменением строительно-технических свойств бетона под влиянием токов утечки.

В литературных источниках и нормативной документации отсутствует объяснение такого трещинообразования, практически отсутствуют соответствующие теоретические представления. Изложенное выше свидетельствует о существовании пока нерешенной научной и практической крайне важной проблемы в области железнодорожного транспорта – интенсивное трещинообразование бетонных и железобетонных конструкций от действия токов утечки на участках железнодорожного пути, электрифицированных постоянным током.

Предварительный анализ возможных причин необычного обрушения и трещинообразования железобетонных мостов и их конструкций, изменения строительно-технических свойств бетона под влиянием токов утечки, а также анализ последних разработок ученых, в частности Д.А. Плугина и Л.В. Трикоз, позволили автору предположить, что основной причиной этих разрушений являются избыточные отрицательные заряды от токов утечки.

В связи с этим, тема диссертации, посвященная раскрытию механизма действия избыточных отрицательных зарядов от токов утечки на трещинообразование бетонных и железобетонных конструкций и увеличение трещиностойкости этих конструкций, является актуальной задачей.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Диссертация выполнена на кафедре «Строительные материалы, конструкции и сооружения» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта в составе госбюджетных научно-исследовательских тем по планам НИОКР Министерства инфраструктуры Украины «Разработка теоретических основ и экспериментальные исследования влияния токов утечки и блуждающих токов на бетон и раствор бетонных, железобетонных и каменных конструкций» (0110U002128) [1] и по планам НИОКР Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины «Укрзалізниця»:

– № 32/10-ЦТех-164/10-ЦЮ «Исследование и разработка эффективных способов закрепления слабых грунтов основ зданий и сооружений, которые эксплуатируются на железных дорогах Украины» [2];

– № 31/11-ЦТех/81/2011-ЦЮ «Розробка та випробування нових конструктивних рішень захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа» [3];

– № 31/10-ЦТех/165/10-ЦЮ «Проведення досліджень корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях, визначення їх термінів експлуатації та розробка заходів щодо їх захисту від корозії» [4];

– № 25/11-ЦТех-75/2011-ЦЮ «Проведення досліджень і розробка рекомендацій із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць» [5];

– № 1/2012-ЦТех-36/2012-ЦЮ «Аналитический обзор современных антикоррозионных систем и экспериментальных исследований их совместимости с существующими на эксплуатируемых мостах лакокрасочными покрытиями» [6];

– № 6.4-15/2013-ЦТех-41/2013-ЦЮ «Аналитический обзор современных конструктивно-технологических решений прокладочного слоя безбалластного мостового полотна и экспериментальные исследования технологии устройства полимер композиционного прокладочного слоя» [7].

Объект исследований – цементный камень, бетон, токи утечки и избыточные электрические заряды.

Предмет исследований – явления и процессы, определяющие возникновения внутренних напряжений и трещин в цементном камне и бетоне, механизмы трещинообразования в бетоне.

Цель исследований – выявление механизма возникновения внутренних напряжений и трещин в бетонных и железобетонных конструкциях от воздействия избыточного отрицательного электрического заряда, вызванного током утечки с рельсового пути, и разработка мероприятий по увеличению трещиностойкости конструкций.

Научная гипотеза: основным фактором возникновения трещин в бетонных и железобетонных конструкциях на участках железнодорожного пути, электрифицированных постоянным током, является воздействие избыточных электрических зарядов, вызванных токами утечки, которое приводит к возникновению больших сил отталкивания между гидросиликатными частицами и

большого давления набухания геля внутри кристаллогидратного каркаса цементного камня.

Для подтверждения указанной гипотезы и достижения цели диссертации поставлены следующие *задачи исследований*:

– выполнить критический анализ литературных источников и натурные исследования относительно воздействия токов утечки на трещинообразование бетонных и железобетонных конструкций железнодорожных сооружений на участках пути с постоянным током;

– разработать новые теоретические представления о механизме возникновения избыточных электрических зарядов от токов утечки и их разрушающего действия на бетон конструкций;

– выполнить лабораторно-экспериментальные исследования по проверке разработанных теоретических представлений;

– разработать мероприятия по повышению трещиностойкости бетонных и железобетонных конструкций в условиях избыточных отрицательных зарядов и внедрить результаты исследований.

Методы исследований. Исследования физико-механических свойств материалов выполняли с помощью стандартных методов. Исследования действия избыточных зарядов на бетон – с помощью созданной оригинальной установки с соблюдением режима движения поездов. Фазовый состав цементного камня и его микроструктуру исследовали с помощью комплекса физико-химических методов – оптической и электронной микроскопии, рентгеновской и инфракрасной спектроскопии. Распространение электрического поля от токов утечки с рельсов на обводненные бетонные, железобетонные и каменные конструкции и сооружения исследовали с помощью цифровых мультиметров, оснащенных интерфейсом с компьютером, и специально изготовленных датчиков.

Научная новизна полученных результатов:

1. Развита теоретические представления о трещинообразовании в бетоне конструкций в зависимости от структуры бетона при действии избыточных отрицательных зарядов.

2. Раскрыт механизм трещинообразования бетона под влиянием избыточного отрицательного заряда, который заключается в том, что этот заряд вызывает большое давление отталкивания между частицами и глобулами геля, которое передается на электрогетерогенные контакты кристаллогидратного каркаса, разрывая его.

3. Проведены экспериментальные исследования для определения причин возникновения трещин и установлено, что главным фактором является ток утечки с рельсового пути, который вызывает поляризацию бетонных и железобетонных конструкций и возникновение в них зон с избыточным отрицательным электрическим зарядом.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием в теоретических исследованиях закономерностей коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем, применением комплекса современных физико-механических и физико-химических методов исследований.

Практическая значимость полученных результатов. Разработан проект и выполнено опытное восстановление бетонной опоры высокой пассажирской платформы остановочного пункта Водяное Южной железной дороги с защитой ее от проникания и накопления в ней избыточного заряда. Разработаны комплексные рекомендации по защите конструкций пассажирских платформ от электрокоррозии под действием избыточного заряда от токов утечки с рельсовой колеи, в т. ч. с помощью гидроизолирующего слоя-корыта и защитного стального заземленного экрана.

Материалы диссертации вошли в отраслевые рекомендации:

– «Рекомендації із захисту від корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях», 2010 г.;

– «Рекомендації із захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа», 2013 г.;

– «Рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць», 2011 г.;

– «Звіт з рекомендаціями щодо збільшення міжремонтних термінів фарбування мостів».

Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении лекций, проведении лабораторных и практических занятий, дипломном проектировании при подготовке специалистов и магистров УкрГАЗТ строительных специальностей.

Личный вклад соискателя. Обзор литературы по тематике исследования, формулирование научной гипотезы, большинство физико-механических испытаний, электрометрических и физико-химических исследований, обработка, расчеты и получение экспериментальных зависимостей выполнены автором лично. Экспериментальные и натурные исследования выполнены совместно с соавторами публикаций. Участие автора в совместных публикациях отражено в перечне опубликованных работ.

Апробация результатов диссертации.

Основные результаты диссертационного исследования докладывались на следующих конференциях: Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия, 23 мая 2013 г.; 69-й научно-технической конференции Харьковского национального университета строительства и архитектуры (Харьков, 18 – 20 февраля 2014 г.), а также на ежегодных Международных научно-технических конференциях кафедр Украинской государственной академии железнодорожного транспорта (Харьков, 2010 – 2014 гг.).

Публикации: Основные научные результаты диссертации опубликованы в 9 статьях в сборниках научных трудов, рекомендованных МОН Украины, в т. ч. 2 – в издании, включенном в международные наукометрические базы. [8÷16].

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, основных выводов, списка литературы из 159 наименований на 17 страницах; содержит 140 страниц основного текста, 106 рисунков, 6 таблиц, 2 приложения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Розробка теоретичних основ та експериментальні дослідження впливу струмів витоку та блукаючих струмів на бетон та розчин бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій: Анот. звіт з НДР № ДР 0110U002128 / УкрДАЗТ Мінтрансзв'язку. – Харків, 2010. – 40 с.

2. Дослідження та розробка ефективних способів закріплення слабких ґрунтів основ будівель та споруд, що експлуатуються на залізницях України: Звіт з НДР за г/д № 6/14-2010 (№ 32/10-ЦТех-164/10-ЦЮ) / УкрДАЗТ: Харків, 2010. – Етап 1. – 100 с.; Етап 2. – 43 с.; Етап 3. – 103 с.

3. Розробка та випробування нових конструктивних рішень захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – г/д № 31/11-ЦТех/81/2011-ЦЮ (60/2-2010). – Етап 1. – 71 с.; Етап 2. – 99 с.

4. Проведення досліджень корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях, визначення їх термінів експлуатації та розробка заходів щодо їх захисту від корозії: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – № 31/10-ЦТех/165/10-ЦЮ (60/3-2010). – Етап 1. – 71 с.; Етап 2. – 99 с.; Етап 3. – 114 с.

5. Проведення досліджень і розробка рекомендацій із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – г/д № 25/11-ЦТех-75/2011-ЦЮ (60/2-2011). – Етап 1. – 71 с.; Етап 2. – 99 с.

6. Аналітичний огляд сучасних антикорозійних систем та експериментальних досліджень їх сумісності з існуючими на експлуатованих мостах лакофарбовими покриттями: Звіт з НДР за г/д № 60/2-2012 (№ 1/2012-ЦТех-36/2012-ЦЮ) / УкрДАЗТ: Харків, 2012. – 101 с.

7. Аналітичний огляд сучасних конструктивно-технологічних рішень прокладного шару безбаластного мостового полотна та експериментальні дослідження технології улаштування полімер композиційного прокладного шару:

Звіт з НДР за г/д № 6/9-2013 (№ 6.4-15/2013-ЦТех-41/2013-ЦЮ) / УкрДАЗТ: Харків, 2013. – Етап 1. – 54 с.; Етап 2. – 92 с.

8. Исследования влияния переменного электрического поля в бетоне на его электрокоррозию [Текст] / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, А.А. Конев и др. // Зб. наук. праць ОДАБА. – Одеса, 2010. – Вип. 38. – С. 517-524.

9. Аналіз впливу агресивних дій на конструкції та споруди залізниць: верхня будова колії в залізничних тунелях [Текст] / А.А. Плугін, А.М. Плугін, Д.А. Плугін, О.С. Борзяк, О.О. Скорик, О.А. Конев та ін. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – Вип. 122. – С. 187-201.

10. Защита металлических и железобетонных сооружений железно-дорожного транспорта от электрокоррозии с помощью диодного заземления [Текст] / Ал.А. Плугин, О.С. Борзяк, А.А. Дудин, А.А. Конев, А.А. Плугин // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – Вип. 127. – С. 204-212.

11. Влияние постоянных токов утечки на трещинообразование бетонных и железобетонных конструкций [Текст] / А. Н. Плугин, Ал. А. Плугин, А. А. Конев, // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2012. – Вип. 130. – С. 64-70.

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

13. Конев А.А. Исследование влияния постоянного тока на трещинообразование бетона [Текст] / А.А. Конев // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА; ХОТВ АБУ, 2013. – Вип. 73. – С. 230-237.

14. Внутренние напряжения в бетоне, обусловленные электрическими воздействиями на него: экспериментальные исследования [Текст] / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, А. А. Конев и др. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2013. – Вип. 138. – С. 102-119.

15. Трещинообразование в обводненном бетоне при воздействии постоянного электрического тока [Текст] / Ал.А. Плугин, А.Н. Плугин, А.А. Плугин, А.А. Конев и др. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2013. – Вип. 142. – С. 173-181.

16. Воздействие токов утечки на конструкции пассажирских платформ, расположенных вблизи электрифицированных постоянным током участков пути [Текст] / О.С. Борзяк, Д.А. Плугин, О.С. Герасименко, А.А. Дудин, А.А. Конев // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА; ХОТВ АБУ, 2014. – Вип. № 1 (75). – С. 80–85.

17. Штарк И. Долговечность бетона. [Текст] / И. Штарк, Бернд В. – К.: Оранта, 2004. – С. 145. (Перевод с немецкого докт. техн. наук проф. А. Тулаганова).

18. Усадка бетона при изменении влажности. [Электрон. ресурс] / Режим доступа:

http://www.skshans.ru/информация/betonnye_raboty/usadka_betona_pri_izmenenii_vlazhnosti.html.

19. Дачник А.Д Трещины в бетоне и ремонт трещин [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://dom.dacha-dom.ru/treshiny-betone.shtml>.

20. Какое влияние оказывает мороз на бетон [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://beton2006.ru/article/428.html>.

21. Деформации бетона [Электрон. ресурс] / Голышев А.Б., Бачинский В.Я., Полищук В.П.// Железобетонные конструкции. – Киев, 2001. Режим доступа: <http://www.alobuild.ru/zhelezobetonniekonstrukcii/deformaciibetona.php>.

22. О морозостойкости и долговечности строительных материалов и конструкции [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.labmoroze.ru/moroz.htm>.

23. J. Nagaoka, K. Yamashita and F. Urano, Strengthening of Cement Products, Japan Kokai 79 01728, Jan 29 1979; Chem. Abstr., 90 156097, (1979).

24. P. A. Closset, Polymer Emulsions for Concrete, Japan Kokai 78142494, Dec 12 1978; Chem. Abstr., 90 156101, (1979).

25. Кунцевич О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера [Текст] / О.В. Кунцевич. – Л.: Стройиздат, 1981. – 209 с.
26. Горчаков Г.И. Состав, структура и свойства цементных бетонов [Текст] / Г.И. Горчаков [и др.]. – М.: Стройиздат, 1976.
27. Деформации бетона при длительном нагружении. Ползучесть [Электрон. ресурс] / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Режим доступа: <http://m350.ru/articles/-more/v/id/104/>.
28. Каримов И.Ш. Механизм ползучести бетона и факторы, влияющие на нее (обзор) [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://korytov.su/library/articles/22/191/>.
29. Brooks J.J., Neville A. M. Creep and Shrinkage of Concrete as Affected by Admixtures and Cement Replacement Materials. Как воздействуют добавки и наполнители на ползучесть и усадку бетона. Creep and Shrinkage of Concrete: Effect of Materials and Environment, ACI SP 135, American Concrete Institute, Detroit, 1992, pp. 19 – 36.
30. Ползучесть бетона [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://mstspb.ru/publikacii/141-polzuchest-betona.html>.
31. Невилль А. М. Свойства бетона. Сокращенный перевод с английского В. Д. Парфёнова и Т. Ю. Якуб. Учебное издание [Текст] / А. М. Невилль // Изд-во литературы по строительству. – М.: 1972. – 345 с.
32. Защита от коррозии транспортных сооружений [Текст] / Артамонов В. С., Молгина Г.М.; под ред. С.Г. Веденкина. М., «Транспорт», 1976. – 192 с.
33. Чмырь В.М. Системы протекторной защиты [Электрон. ресурс] / В.М.Чмырь, В.Г.Васильев, Ю.Л.Кузьмин // Нефть. Газ. Промышленность. – 2006. – Вып. 3 (23). Режим доступа: <http://www.radical-zinc.ru/rus/ManufactureRus/SisProtZ/>.
34. Плугин Ал.А. Влияние постоянного тока на бетон обводненных конструкций и сооружений, расположенных вблизи электрифицированных железнодорожных путей [Текст]: Дисс. ... к.т.н.: 05.23.05 / Плугин Алексей Андреевич. – Харьков: ХГТУСА, 2010. – 256 с.

35. Protecting people, assets and the environment from the effects of corrosion [Электрон. ресурс] – Режим доступа: www.nace.org.

36. Блуждающие токи [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://lib2.-podelise.ru/docs/18606/index-24324-7.html>.

37. Борзяк О.С. Механизм электрокоррозии бетона железобетонных конструкций в сложных условиях эксплуатации [Текст]: Дисс... к.т.н.- 05.23.05. – Защ. 30.09.10. – Харьков: УкрГАЖТ, 2010. – 240 с.

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

39. Бернацкий А.Ф. Электрические свойства бетона [Текст] / А.Ф. Бернацкий, Ю.В. Целебровський, В.А. Чунчин; под ред. Ю.Н. Вершинина. – М.: Энергия, 1980. – 208 с.

40. Иванов И.А. Диэлектрические свойства автоклавных бетонов на песчаном портландцементе [Текст] / Иванов И.А., Михельсон Ю.И. // Строительные материалы. – 1967. – №4, – С. 20 – 27.

41. Лейрих В.Э., Гендин В.Я. Электроизоляционные свойства бетонов при разных условиях их эксплуатации [Текст] / Лейрих В.Э., Гендин В.Я. // Электричество. – 1968. – №11. – С. 81 – 84.

42. Fritsch V. Der Ausbreitungswiderstand von Betonerdern. – Electrotechnik und Maschinenbau, 1971, 88, № 8, S. 341 – 346.

43. Дудин А.А. Механизм воздействия переменного тока утечки и высоковольтного напряжения на обводненные бетонные, железобетонные и каменные сооружения [Текст]: Дисс... к.т.н. – 05.23.05. – Защ. 14.06.12. – Харьков: УкрГАЖТ, 2012. – 154 с.

44. Слукин В. Н. Исследование электрокоррозионной обстановки в гидрометаллургических цехах и защита строительных конструкций от коррозии,

вызываемой блуждающими токами [Текст]: дисс... канд. техн. наук: 05.23.05 / Слукин В. Н. – М., 1972. – 274 с.

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

46. Притула В. А. Коррозионные разрушения железобетона блуждающими токами [Текст] / Притула В. А., Корнфельд И. А. // Строительная промышленность. – 1953. – № 6. – С. 30 – 31.

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

48. Magnusson C. E. The electrolysis of steel in concrete / Magnusson C. E., Smith G. H. // Proceeding of the American Institute of Electrical Engineer. – 1911. – № 5. – P. 132 – 138.

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

50. Гусейнов М. Ш. Влияние физико-механических характеристик бетона на стойкость железобетона при электрокоррозии [Текст] / Гусейнов М.Ш. // Труды АзНИИ стройматериалов и сооружений. – Баку, 1968. – Вып. 33. – С. 100 – 109.

51. Бадовска Г. Антикоррозионная защита зданий [Текст] / Бадовска Г., Данилецкий В., Мончинский М. – М: Стройиздат, 1978. – 508 с.

52. Кинд В. А. Действие электрического тока на цементные растворы [Текст] / Кинд В.А., Малкин Б.З. // Строительная промышленность. – 1925. – № 11. – С. 756 – 759.

53. Вакуленко Г. А. Исследование процессов коррозии арматуры опорных конструкций контактной сети постоянного тока [Текст]: Дисс...канд. техн. наук: 05.23.05 / Вакуленко Г. А. – Ленинград, 1969. – 183 с.

54. Золотухин Ю. Д. Исследование электротермического метода натяжения арматуры на бетон с применением в контактном слое полимерных материалов [Текст] / Золотухин Ю. Д. // Труды БелИИЖТ. – Минск, 1969. – 52 с.

55. Старосельский А. А. Электрокоррозия железобетона [Текст] / Старосельский А. А. – К.: Будівельник, 1978. – 168 с.

56. Исследование свойств автоклавных и пропаренных шлакобетонов в процессе электрокоррозии [Текст] / Ю.И. Мизельсон, В.И. Якубов, В.Н. Яковлев [и др.]. // Строительство и архитектура: изв. вузов. – 1979. – № 4 – С. 71 – 73.

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

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

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

60. Кравченко Т.Г. Влияние катодного тока на железобетон [Текст] / Кравченко Т.Г., Корнфельд И.А., Теслер С.П. // Защита от коррозии строительных конструкций и повышение их долговечности. – М.: Стройиздат, 1969 – С. 130 – 135.

61. Уткин В.К. Протекторная защита арматуры заглубленных железобетонных резервуаров от почвенной коррозии и коррозии, вызываемой блуждающими токами [Текст] / Уткин В.К. // Труды ВНИИСТ. – 1968. – Вып. 17. – С. 36 – 42.

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

63. Бабушкин В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона [Текст] / Бабушкин В.И. – М.: Стройиздат, 1968. – 188 с.

64. Старосельский А.А. Коррозия и долговечность железобетона в условиях электрических воздействий [Текст]: дисс... докт. технич. наук: 05.23.05 / Старосельский Александр Александрович. – М., 1989. – 282 с.

65. Механизм электрокоррозии бетонных конструкций пульсирующим однонаправленным блуждающим током или током утечки [Текст] / А.Н.Плугин,

А.А.Плугин, С.В.Мирошниченко [и др.]. // Науковий вісник будівництва. – Харків, 2007. – Вип.42. – С. 106 – 111.

66. Brown H.P. Serious Injury to a Reinforced-Concrete Building by Electrolysis / Brown H. P. // Engineering News. – 1911. – Vol. 65. – № 23. – P. 684 – 687.

67. Eltinge O.L. Further Jest on the Effect of Electrolysis in Concrete. / Eltinge O. L. // Engineering News. – 1910. – Vol. 63. – № 11. – P. 327.

68. Further Experiments on the Electrolytic Disintegration of Reinforced Concrete // Engineering News. – 1911. – Vol. 65. – № 23. – P. 687 – 688.

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

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

71. Speller F.N. Corrosion of structure steel / Speller F. N. / Year-book of the American iron and steel Institute. – 1926. – P. 272.

72. Стрижевский И.В. Методы борьбы с электрокоррозией городских трубопроводов [Текст] / Стрижевский И.В., Левин В.М., Тарнижевский М. В. – М.: Стройиздат, 1968. – 148 с.

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

74. Влияние температурно-влажностных режимов на электросопротивление бетона железобетонных шпал [Текст] / В.Н. Яковлев, А.И. Выжимова, А.И. Ясевич и др. – Труды ТашИИТ, 1975, – Вып. 117, С. 50 – 55.

75. Стрижевский И.В. Коррозия и защита арматуры железобетонных трубопроводов [Текст] // И.В. Стрижевский, Б.Л. Рейзин, Э.И. Иоффе. – М.: Стройиздат, 1972.

76. Защита железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами [Текст] // И.А. Корнфельд, В.А. Притула. – М.: Стройиздат, 1969. – 75 с.

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

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

79. Meier H., Rubin H., Neumann B. Verfahren zur Erhöhung des elektrischen Leitwiderstandes von Bauteilen aus Beton. – Patent DDR № 912910, Klasse 80b, Gruppe 113, ausgegeben am 3 Juli 1954.

80. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги» (ГОСТ 31384-2008, NEQ) [Текст] / Мінрегіонбуд України. – К.: НДІБК. – 2010. – 56 с.

81. Бабушкин В.И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа [Текст] / Владимир Иванович Бабушкин. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1989. – 168 с.

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

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

84. Алексеев С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне [Текст] / Алексеев С.Н. – [2-е изд.]. – М.: Стройиздат, 1968. – 232 с.

85. Целебровский Ю.В. Некорродирующие заземлители из бетэла для установки переменного и постоянного тока [Текст] // Ю.В. Целебровский / Доклады Всесоюзной конференции по заземлениям. – Харьков: Изд. ХГУ. – 1966. – С. 96 – 102.

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

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

88. Protecting people, assets and the environment from the effects of corrosion [Электрон. ресурс] / Режим доступа: www.nace.org.

89. Котельников А.В. Коррозия и защита сооружений на электрифицированных железных дорогах [Текст] / А.В. Котельников, В.И. Иванова, Э.П. Селедцов, А.В. Наумов. – М.: Транспорт, 1974. – 152 с.

90. Справочник газоснабжения [Электрон. ресурс] / Режим доступа к источнику: <http://fas.su/index.php?page=498>.

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

92. Плугін А.М. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів та конструкцій [Текст]: навч. посіб. / А.М. Плугін, Л.В. Трикоз, А.А. Плугін. – Х.: ХарДАЗТ, 1998. – Ч. 1. – 111 с.

93. Электродуговая металлизация [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://pmk-shanz.ru/index.php/arcmetallization>.

94. Многопрофильная строительная компания. Легкоплавкие глазури [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://mnogos.ru/cpec-pokr/leg-gl/index.html>.

95. ГОСТ 3282-74 Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия.

96. ГОСТ 18143-72 Проволока из высоколегированной коррозионностойкой и жаростойкой стали. Технические условия.

97. Пат. 10183 UA, МПК 6 G01N15/08. Спосіб визначення водонепроникності бетону та виробів / А.М. Плугін, І.Г. Прокопова, Д.М. Косінов; заявник та патентовласник ХарДАЗТ. – № 94042090; заявл. 15.04.94; опубл. 25.12.98. – Бюл. № 6.

98. Пат. 71208 UA, МПК 7C04B28/12. Суперпластифікована цементноводяна суспензія СПЦВС для цементації гірських порід і будівельних конструкцій / А.М. Плугін, Арт.М. Плугін, О.А. Калінін [та ін.]; заявник та патентовласник УкрДАЗТ. – № 20031210920; заявл. 02.12.2003; опубл. 25.02.2008. – бюл. № 4.

99. ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения // Бетон и железобетонные изделия. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – ч. 3. – С. 135 – 137.

100. ГОСТ 12730.4-78 Бетоны. Методы определения показателей пористости // Бетон и железобетонные изделия. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – ч. 3. – С. 138 – 145.

101. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – Режим доступа: <http://www.vashdom.ru/gost/10180-90>.

102. ООО "Техноприборсервис" Контрольно-измерительные приборы и системы [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://www.tpspribor.ru/pribdescr.php?sheet=-1&look=7&look2=6&path=pc500&nov=500>.

103. Проведення досліджень та нормування електричного опору бетону і залізобетонних шпал. Розробка методики і засобів його вимірювань та контролю. ЗВІТ з Договору № 5/07-ЦТех-344/07-ЦЮ від 30.03.2007. Етап II. – УкрДАЗТ. – Харків, 2008.

104. "ЭЛЕКТРО-Сервис". Мультиметр цифровой Sanwa PC500 с измерительными щупами TL-82 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kipauto-matika.ru/cat/703>.

105. «Микромирэлектроникс». Измерительная техника и паяльное оборудование. Соединительный кабель Sanwa KB-USB2 и программное обеспечение [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://micromir.ucoz.ru/publ/115-1-0-1829>.

106. 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.

107. ГОСТ 12730.5-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

108. Измерительный мост. Википедия – свободная энциклопедия [Электрон. ресурс]. – Режим доступа:

http://ru.wikipedia.org/wiki/%C8%E7%EC%E5%F0%E8%-F2%E5%EB%FC%ED%FB%E9_%EC%EE%F1%F2.

109. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов [Текст] / В.И. Феодосьев. – М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.

110. Манжосов В.К. Лабораторные работы по сопротивлению материалов Ч.1 [Текст]: методические указания / В.К. Манжосов; Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск: УлГТУ, 2006 – 28 с.

111. А.с. № 1561661, 1990. Способ определения водопроницаемости бетона. Способ определения водопроницаемости бетона / А.Н. Плугин, Т.Г. Сацук, А.И. Бирюков, Н.В. Вдовенко.

112. Пат. 10183 А Україна, МКИ G01N 15/08. Спосіб визначення водонепроникності бетону та виробів / А. Плуґін, І. Прокопова, Д. Косінов (Україна); ХарДАЗТ (Україна). – № 94042090; Заяв. 15.04.94; Опубл. 25.12.96, Бюл. № 4.

113. Good design award [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.g-mark.org/award/describe/35624>.

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

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

116. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них [Текст]: монография в 3-х т. Т. 1. Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Л.В. Трикоз, А.С. Кагановский, Ал.А. Плугин. – К.: Наук. думка, 2011. – 331 с.

117. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них [Текст]: монография в 3-х т. Т. 3. Теория прочности, разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них [Текст] / А.Н. Плугин и др. – К.: Наук. думка, 2012. – 287 с.

118. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов [Текст]. – Киев: Вища школа, 1979. – 696 с.

119. Беляев Н.И. Сопротивление материалов [Текст]. – М.: Наука, 1976. – 608 с.

120. Зайцев Ю.В. Строительные конструкции заводского изготовления [Текст]: Учеб. для вузов по спец. «Пр-во строит. изделий и конструкций». – М., Высшая школа, 1987. – 352.

121. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей [Текст]. – М: Высш. шк., 1991. – 288 с.

122. Derucher K.N. Failure Mechanism of Concrete. Механизм разрушения бетона [Текст]. // Compos. Mater.: Test. and Des. 5th Conf., New Orleans, La, 1978. – Philadelphia. – 1979. – pp. 664 – 679.

123. Механика трещинообразования при разрушении бетона [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: www.masterbetonov.ru/content/view/528/239/.

124. Корнфельд М.И. Избыточные электрические заряды в щелочно-галогидных кристаллах [Текст]. – ФТТ, 1968, 10, в. 8, с. 2422.

125. Walz Kurt, Wischers Gerd. Uber Aufgaben und Stand der Betontechnologie. Teil 2. Gefuge und Festigkeit des erhärteten Betons. О задачах и состоянии технологии бетона. Часть 2. Структура и прочность затвердевшего бетона. // Beton, – 1976. – № 11. – pp. 442 – 444, 426.

126. Desov A.E. Basic principles of high-strength concrete. Основные принципы получения высокопрочного бетона. // Transpr. Res. Rec. – 1974, –№ 504. – pp. 37 – 42.

127. Yoshimoto Akira, Kawasaki Kenji, Kawakami Masashi. Microscopic Cracks in Cement Matrix and Deformation behavior of Concrete. Микротрещины в цементном камне и деформативные характеристики бетона. // Proc. 19th Jap. Congr. Mater. Res. – Kyoto. – 1976. – pp. 126 – 131.

128. Tait R.B., Garrett G.G. In Situ Double Torsion Fracture Studies of Cement Mortar and Cement Paste Inside a Scanning Electron Microscope. Исследование разрушения цементного раствора и цементного камня при двойном кручении при испытании образцов в камере сканирующего электронного микроскопа. // Cem. and Concr. Res. – 1986. – № 2. – pp. 143 – 155.

129. Derucher K.N. Microcracking of Concrete. Образование и развитие микротрещин в бетоне. // J. Wash. Acad. Sci. – 1977. – № 4. – pp. 135 – 143.

130. Diamond Sidney, Bentur Arnon. On the Cracking in Concrete and Fiber-Reinforced Cements. Трещинообразование в бетоне и фибробетоне. / Appl. Fract. Mech. Cementitious Composites. Proc. NATO Adv. Res. Workshop, Evanston, Sept.4 – 7, 1984. – Dordrecht. – 1985. – pp. 87 – 140.

131. Kishitani Koichi, Moeda Koichi. Compressive fracture of cracked Mortar. Разрушение раствора с трещинами при сжатии. // Cem. Assoc. Jap. Rev. 13th Gen. Meet. Techn. Sess., Tokyo, 1976. Sem. Gijutsu Nempo, 1976. Synop. –Tokyo. – 1976. – pp. 216 – 217.

132. Wischers Gerd. Aufnahme und Auswirkungen von Druckbeanspruchungen auf beton. Воздействие на бетон и восприятие бетоном напряжений сжатия. // Beton. – 1978. – № 3. – pp. 82,98 – 103.

133. Beaudoin J.J. Mechanisms of Subcritical Crack Growth in Portland Cement Paste. Механизм роста субкритических трещин в портландцементном камне. //Fract. Toughness and Fract. Energy Concr. Proc. Int. Conf., Lausanne, Oct.1 – 3, 1985. – Amsterdam e.a. – 1986. – pp. 11 – 19.

134. Ansari F. Analysis of Micro-Cracked Zone in Concrete. Анализ зоны микротрещинообразования в бетоне. //Fract. Toughness and Fract. Energy Concr. Proc. Int. Conf., Lausanne, Oct.1 – 3, 1985. – Amsterdam e.a. – 1986. – pp. 229 – 240.

135. Hubbard F.H., Dhir R.K. Aggregate and Concrete Microfracture. Микроразрушение заполнителя и бетона. //Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. – 1984. – № 30. – pp. 245 – 248.

136. Vochenek A., Prokopski G. Badania Wplywu Stosunku Wodno-Cementowego na Mikromechanism Pесania Betonu Zwyklego. Исследование влияния водоцементного отношения на образование микротрещин в обычном бетоне. // Arch. Inz. Lad. -1988. – № 2. – pp. 261 – 270.

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

138. Detriche Ch.H., Ramoda S.A. Effect of the Composition of Mortars and Testing Procedures on Fracture Toughness. Влияние состава раствора и методики испытания на вязкость разрушения. // Fract. Toughness and Fract. Energy Concr.Proc. Int. Conf., Lausanne, Oct.1 – 3, 1985. – Amsterdam e.a. – 1986. – pp. 291 – 298.

139. Fanella David, Krajcinovic Dusan. Size Effect in Concrete. Масштабный эффект в бетоне. // J. Eng. Mech. – 1988. – №4. – pp. 704 – 715.

140. Губкин А.Н. Физика диэлектриков. – М.: Высшая школа, 1971. – 272 с.

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

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

143. Болдырев А.И. ИК-спектры минералов [Текст] / Болдырев А.И. – М.: Недра, 1976. – 199 с.
144. Мчедлов-Петросян О.П. ИК-спектры продуктов гидратации в системе «портландцемент-минерал заполнителя-вода» [Текст] / Мчедлов-Петросян О.П., Ольгинский А.Г., Фольке К. // Изв. вузов строит. и архит. – 1973. – № 8. – С. 50 – 55.
145. Леманн Г. Исследование гидратации клинкерных минералов и цементов при помощи ИКС [Текст] / Леманн Г., Датц Г. // Тр. IV Междунар. конгр. по химии цемента. – М.: Стройиздат, 1964. – С. 383 – 388.
146. Колебательная спектроскопия [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: estnauki.ru/.../4186-kolebatelnaja-spektroskopij.
147. Спектр – цеолит. Большая Энциклопедия Нефти и Газа [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: www.ngpedia.ru/id465104p1.html.
148. Шовкопляс В. П. Цеолит спасет мир [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://zeolitebio.com/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=27.
149. Химические составы природных цеолитов. Студопедия. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.net/5_55817_himicheskie-sostavi-prirodnih-tseolitov.html.
150. ВСН 05-64/ ГПКЭиЭ СССР Рекомендации по учёту влияния возврата бетона на его основные технические свойства.
151. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетоработаннокнирования [Текст] / Миронов С.А. // Изд. 3-е, переработанное и доп. М., Стройиздат, 1975. – 700 с.

152. Схема измерительного моста. Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: // [ru.wikipedia.org/wiki/Измерительный мост](http://ru.wikipedia.org/wiki/Измерительный_мост).

153. Патент 62613 UA Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону / А.М. Пługін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко та ін. – Опубл.15.12.2003. – Бюл. № 12.

154. Патент 99426 UA Особливошвидкотверднучий безпропарювальний бетон / А.А. Пługін, А.М. Пługін, О. В. Романенко та ін. - Опубл.10.05.2012. – Бюл. № 9.

155. ТУ У 45.2-01116472-105:2006 р. „Склади захисні кольорові ЗС-1М і ЗС-3М для бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій”. Технічні умови. [Текст] – 2006 р. – 33 с.

156. Рекомендації із захисту від корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях / УкрДАЗТ, ЦБМЕС Укрзалізниці. – Харків; Київ, 2010. – 32 с.

157. Рекомендації із захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа / УкрДАЗТ, ЦБМЕС Укрзалізниці. – Харків; Київ, 2011. – 29 с.

158. Рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць / УкрДАЗТ, ЦБМЕС Укрзалізниці. – Харків, 2011. – 26 с.

159. Звіт з рекомендаціями щодо збільшення міжремонтних термінів фарбування мостів / УкрДАЗТ, ЦБМЕС Укрзалізниці. – Харків; Київ, 2012. – 101 с.

