



УДК 699.87

## КОРРОЗИЯ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ

### **Трифонова Ирина Дмитриевна**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра "Строительство уникальных зданий и сооружений"  
Студент  
irinatrifonova1995@mail.ru  
г. Санкт-Петербург

### **Михайличенко Александра Павловна**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра "Строительство уникальных зданий и сооружений"  
Студент  
gxalex24@gmail.com  
г. Санкт-Петербург

### **Аннотация**

В данной статье рассматривается проблема возникновения коррозии в железобетонных конструкциях и способы антикоррозионной защиты. В наше время борьба с коррозией становится весьма актуальной, увеличивается металлофонд, количество застройки, меняются климатические условия, что влечёт к увеличению возникновения процессов, приводящих к нарушению целостности конструкций. Одним из таких является коррозия, процесс, характеризующийся взаимодействием материала и агрессивной средой, приводящий к образованию трещин и следствием, ремонтные работы и дополнительные затраты. Рассмотрены виды коррозии и влияние протекания коррозионного процесса на разрушение конструкций зданий и сооружений. Раскрыты наиболее интересные и актуальные исследования на примере работ зарубежных и российских ученых. Подведены итоги и сделаны выводы на основании результатов приведенных научных статей.

**Ключевые слова:** коррозия, долговечность, агрессивная среда, железобетонные конструкции, антикоррозионная защита

## CORROSION OF REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE

### **Irina D. Trifonova**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
Institute of Civil Engineering  
Department "Construction of Unique Buildings and Structures"  
Student

irinatrifonova1995@mail.ru  
St. Petersburg

### Alexandra P. Mikhailichenko

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
Institute of Civil Engineering  
Department "Construction of Unique Buildings and Structures"  
Student  
gxalex24@gmail.com  
St. Petersburg

---

## ABSTRACT

---

This article discusses the problem of corrosion in reinforced concrete structures and methods of corrosion protection. In our time, the fight against corrosion is becoming very urgent, the metal pool, the number of buildings are increasing, climatic conditions are changing, which leads to an increase in the occurrence of processes that lead to a violation of the integrity of structures. One of these is corrosion, a process characterized by the interaction of a material and an aggressive environment, leading to the formation of cracks and the consequence, repair work and additional costs. The types of corrosion and the influence of the course of the corrosion process on the destruction of structures of buildings and structures are considered. Revealed the most interesting and relevant research on the example of the work of foreign and Russian scientists. The results were summed up and conclusions were drawn based on the results of the above scientific articles.

---

**Key words:** corrosion, durability, aggressive environment, reinforced concrete structures, corrosion protection.

---

### Введение

Металлические конструкции разнообразных типов, в зданиях и сооружениях, начали применять в строительстве еще до начала 20 века, и имели широкое распространение. Применялись в основном литые металлические конструкции из чугуна. В наше время нашли широкое применение армированные железобетонные конструкции. Благодаря своим преимуществам такие конструкции являются одним из самых перспективных материалов для возведения зданий и сооружений. Потребность в конструкциях из железобетонной арматуры велика, особенно при строительстве зданий с большими пролетами, нагрузками или высотой. Использование данного конструкционного материала, также позволяет обеспечить максимальную свободную площадь помещений, что делает возможным строить различные объекты с более свободной планировкой. Известный факт, что такого рода конструкции обладают сравнительной легкостью материала; это объясняется его высокой плотностью и прочностью [85-91]. Но одним из главных и существенных недостатков таких конструкций является высокая склонность к коррозии [29].

Коррозия железобетонных конструкций возникает только при нарушении целостности: образований раковин, сколах, трещинах, ударах, что влечет за собой истончение защитного бетонного слоя при растяжении арматуры [28]. Коррозия значительно снижает эксплуатационные свойства конструкций, ухудшает их несущую способность [46], что приводит к значительным дополнительным тратам, при восстановлении функциональных характеристик этих конструкций в зданиях и сооружениях. Дальнейшими процессами являются ржавление, вызываемое протеканиями

химических или электрохимических реакций с участием кислорода. Защита металла от потерь вследствие коррозии является актуальной современной проблемой. Основной ущерб, причиняемый коррозией, заключается не в потере металла, хотя более 1/3 металлических конструкций [46-49] теряется из-за коррозии во всем мире, как такового, а в огромной стоимости изделий, разрушаемых коррозией [37,38].

### Обзор литературы

Конструкции зданий и сооружений из железобетона, применяемые в промышленном и гражданском строительстве, имеют большие риски, связанные с разрушением и подвергаются воздействию агрессивных сред [30,42,50].

Конструкции из железобетона требуют больших затрат на ремонтные работы и со временем эта статья расходов будет только увеличиваться. Для железобетонных конструкций важно принимать во внимание процент армирования, он колеблется от 2 до 3% [37]. Изменение показателя армирования пропорционально зависит от характера разрушения и несущей способности конструкции. Из-за этого выявляется потребность в надежной защите и первоначальных затратах, которые в дальнейшем помогают сокращать количество и стоимость ремонтных работ в период эксплуатации строительных объектов [31,63].

Понятие «коррозия» по стандарту СЭВ СТ4419-83 определяется как невозвратный процесс, протекающий в бетоне или железобетоне, значительно понижающий технические характеристики в результате химического, физикохимического, и биологического влияния внешней среды или же протекающем в самом материале с помощью химических реакций, ухудшающих его свойства и структуру [58-59]. Таким образом, следствием возникновения коррозии бетона становятся химические процессы внутри цементного камня бетона с агрессивными компонентами среды, так и взаимодействующие процессы между компонентами цементного камня [34].

Бетон – многофазная пористая система, находящаяся в равновесии с водой в порах бетона. При  $pH=12,5-13$  все составляющие бетон фазы устойчивы [79,83]. При воздействии внешней агрессивной среды равновесие системы нарушается и в бетоне начинают протекать различные процессы, приводящие к коррозии [32,41,52-53].

Главный минус железобетона – коррозия арматурной стали, что является самым значимым фактором, определяющим фактическое техническое состояние железобетонных конструкций, их надежность и долговечность, поэтому защита арматуры от коррозии особенно актуальна [39]. Количество железобетонных конструкций, которые подвергаются и разрушаются вследствие коррозии, постоянно увеличивается, а средства и методы их защиты, разрабатываются и вводятся в действие крайне медленно [64-68].

С.Т. Овчинникова [1] и другие в своей работе рассматривают коррозию мостовых конструкций, влияние на которые агрессивных сред очень схоже с возникающими на территории подземного паркинга. В работе выделяется 3-и вида коррозии в жидких средах и атмосферных условиях:

I вид – коррозия, связанная с воздействием водных сред с малым содержанием солей с преимущественно нейтральной реакцией ( $pH=6,8\div 7,2$ );

II вид – коррозия при воздействии весьма агрессивных сред, например, кислот, щелочей, некоторых солей, таких, как хлориды натрия или магния;

III вид – коррозия, обусловленная проникновением в поры бетона жидких сред, содержащих компоненты, образующие с поровой жидкостью или цементным камнем нерастворимые кристаллические соединения.

В работе [2] рассматривается наиболее опасная для железобетонных конструкций – атмосферная коррозия. В условиях средней и повышенной влажности воздуха, коррозия

протекает под водной пленкой электролита. В.И. Вигдорович и другие, объясняют динамику атмосферной коррозии, исходя из химического состава электролита поверхностной пленки влаги и природой металла.

Средняя месячная относительная влажность воздуха на территории Российской Федерации, определяется по СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология».

И.И. Овчинников в работе [3] исследует процесс развития коррозионного растрескивания армированных конструкций, возникающего под напряжением. В ходе исследования были выведены основные этапы процесса разрушения конструкций. Для предотвращения коррозии таких элементов, при расчете и на этапе проектирования, необходимо учитывать воздействия агрессивной среды.

Агрессивную среду, которая вызывает и ускоряет процесс коррозии, в своих работах исследовали В.М. Кушнарченко и А.П. Фот [4], Н.В. Беспальный и другие [5].

Большое количество работ описывают многообразие конструкций и изделий из металла и железобетона, которые широко применяются в строительной сфере.

А.П. Блинов [6] и другие в работе исследуют проектирование гаражей-стоянок, их особенности и применимость. Рассматривает износостойкость железобетонных конструкций и влияние способа заливки бетона на протекание коррозии.

А.К. Сысоев [7] в своей работе рассматривает так же конструктивные особенности железобетонных конструкций и технологические требования при изготовлении гидроизолирующих покрытий в подземных гаражах. Несоблюдения и нарушения их и как следствие - коррозионное поражение металлоконструкций.

Д.И. Бородай [67] разработал алгоритм, благодаря которому отслеживается срок службы железобетонных конструкций уже на стадии проектирования. Алгоритм делится на три этапа: математическая модель долговечности конструкций, анализ долговечности, по уже созданным моделям и сравнение полученных результатов с уже имеющихся.

В работах [8,9,10] раскрывается решение проблем защиты железобетона от коррозионного разрушения. Железобетон является распространенным конструкционным материалом, но также, как и металл подвергается воздействию коррозии в условиях агрессивной среды.

А.В. Пузанов в своей работе [11] описывает «Метод потенциала полуэлемента» и «Метод удельного электрического сопротивления», которые необходимы для оценки коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций.

А.А. Смородинский [12] рассказывает в своей статье об ингибиторах коррозии и технологиях защиты, ремонта железобетонных конструкций. Обращает особое внимание стадиям бетонирования и способам обработки поверхностей конструкций сеалантами и полимерцементными композитами.

А.П. Федорцов [62] приводит выводы о том, что иногда коррозионные процессы положительно влияют на качество железобетонных конструкций. Происходит упрочнение бетона и повышается однородность его структуры, но такие улучшения возможны только в кислых средах (растворы щелочей). Экспериментальным путем доказано залечивание поверхностных дефектов (уменьшение их крупности) путем уплотнения продуктами коррозии поверхности бетона и равномерное распределение внутренних напряжений железобетонных конструкций.

Рассмотрим зарубежный опыт:

John P. Broomfield и другие [13] рассматривают катодный, электрохимический методы обработки арматуры, так же применение анкеровки арматуры.

Christopher Ajiboye Farohunda [14] рассматривает различные конструкционные решения для сокращения коррозии железобетонных конструкций. Автор определил предел текучести армированной стали при которой не протекают коррозионные

изменения. Проводит исследования по применению различных марок бетона, конфигурации арматуры и влияние агрессивной среды Нигерии на различные методы.

S.Laxmipriya и другие [15] в своей работе рассматривают применение самовосстанавливающего бетона и проектирование и проектирование его за счет 3D-технологий. Благодаря этому инновационному материалу коррозия не протекает вовсе.

S. Eduardo и другие [16] в своей работе рассматривают структурное поведение предварительно напряженных бетонных твердых балок, оценивают уровни коррозии. Результаты показывают, что обслуживание и предельная производительность предварительно напряженных бетонных балок не влияют на уровень коррозии ниже примерно 2%. Для более высоких степеней начинает развиваться растрескивание бетона, приводящее к ухудшению сцепления и последующей потере эффективной силы предварительного напряжения.

Joshua Olusegun Okeniyi и другие [17] в своей работе рассматривают применение инновационного материала *Phyllanthus muellerianus*. За счет метода инфракрасной спектроскопии доказывают, что замешивание этого материала как компонента в бетонную смесь, останавливает рост коррозии.

Alexander Tarussov [18] и другие в своей работе рассматривают методы контроля роста коррозии для наземного и подземного дорожного покрытия. Самым универсальным является метод неразрушающего контроля наземный радар (GPR), благодаря которому очень точно можно выявить степень коррозии и ее нахождение. Применение картирования дефектов путем визуальной идентификации позволяет проанализировать течения коррозии в железобетонных конструкциях и устранить ее на ранней стадии.

Mohammad Ismail [19] и другие в своей работе проводят обзор зеленых ингибиторов коррозии. Недавние исследования показали, что органические добавки наиболее эффективны по сравнению с синтетическими.

ZENG Guo-ji et al [20] в своей работе рассказывает о новой технологии борьбы с коррозией, ставшей очень эффективной и широкоприменяемой в Японии. Метод использования стержня с эпоксидной смолой применяется для усиления центральной точки опоры (место сгущения напряжений), который предотвращает коррозию в основании центральной колонны и снижает ее распространение. Благодаря этому методу решаются проблемы плавучести грунтов и подземных вод, являющихся агрессивной средой для коррозии.

Gashaw Mamo [21] в своей работе рассматривает применение микробов в бетоне, как механизм устранения существующих трещин, биологическое осаждение и самовосстановление. Кроме того, автором предпринимаются усилия для обсуждения процессов биоминерализации, которые имеют отношение к продлению срока службы бетонных конструкций и сократить распространение коррозии.

Различные предприятия, объекты ЖКХ и инфраструктуры включают в себя здания и сооружения, изделия и конструкции, которые при ухудшении эксплуатационных свойств в результате разрушающего воздействия коррозии переходят в категорию объектов повышенной опасности [40]. Для предотвращения разрушения железобетонных конструкций, необходим надлежащий уход за ними, а также своевременная оценка состояния качества.

### **Материалы и методы исследования**

Антикоррозийная защита подразумевает нанесение на армированную поверхность дополнительного защитного слоя или добавление в цементный состав различных компонентов, которые препятствуют возникновению коррозионных процессов, вследствие влия

ния агрессивных факторов среды [78]. С целью увеличения прочности и долговечности конструкций, используют большое количество методов.

Таблица 1. Способы антикоррозийной защиты

Способ	Применение
Лакокрасочный	Используют как способ защиты от атмосферных воздействий, агрессивных газов и паров [36,80-82]
Обмазки (шпаклевки), плотные штукатурки, облицовки	Используются в агрессивных средах высоких температур, жидкой среде с умеренной агрессивностью без каких-либо воздействий. К таким видам относятся покрытия, наносимые методом газопламенного напыления, и т.п. [70,81,84]
Рулонные материалы (рубероид, полиэтилен, полиизобутилен, резина)	Применение тоже что и для облицовок, но чаще в качестве дополнительного слоя под футеровки [69]
Футеровки	Используются как многослойные тяжелые покрытия, состоящие из грунтовки, шпатлевки, оклеечной изоляции и слоев прочных и плотных штучных материалов (керамических плиток, кирпича и т.д.).
Добавки и пропитки	Применяется для повышения коррозионной стойкости бетонов и увеличение их защитной способности по отношению к арматуре, закладным деталям и соединительным элементам [35,54-60]

Вспомогательные мероприятия, защищающие от коррозии железобетонные конструкции:

1. увеличение плотностных свойств бетонной смеси [32].
2. количество применяемого раствора не менее 250 кг для наружных конструкций на 1м<sup>3</sup> бетона, не менее 220 кг для конструкций, находящихся в закрытых помещениях [43].
3. использование цементов с примесью глинозема и шлака (низкощелочные [41])
4. использование асфальтовых и битумных покрытий [32,33,45].

Проанализировав методы, представленные в таблице и согласившись с опытом авторов [22-35,51], делается вывод, что самым эффективным методом борьбы с коррозией является комплексный подход, включающий одновременно применение антикоррозийной защиты и вспомогательных мероприятий перед началом работ [59-61].

Данные табл. 1 показывают, что данные методы имеют широкий и доступный с финансовой точки зрения спектр защитных мероприятий. На основании исследованной

литературы и данных приведенных в таблице, формулируем положения, которые необходимо учитывать, для выбора правильного способа антикоррозийной защиты:

- определение размера изделия или конструкции, на которое необходимо нанести защитное покрытие;
- определение желаемого срока службы конструкции;
- оценка степени агрессивного воздействия внешней среды.

Показатели надежности – характеристика определенных свойств, из которых складывается надежность конструкции. Согласно ГОСТу 31384-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии», для повышения долговечности железобетонных и бетонных конструкций, на начальном этапе проектирования зданий и сооружений, необходимо соблюдать определенные условия. Показатели коррозионной стойкости и долговечности конструкций должны соответствовать степени агрессивности среды при проектировании зданий должны соблюдаться определенные требования. Показатели коррозионной стойкости и долговечности конструкций должны соответствовать степени агрессивности среды [71-77].

### **Результаты и их обсуждение**

В результате обзора литературы и накопленного материала, устанавливаем, что для правильного выбора антикоррозийной защиты и долговечности железобетонных конструкций необходимо разработать новые системы, которые контролировали бы эти процессы:

1. Уровень агрессивной среды: тип и процентный состав агрессивного вещества, рег улярность и длительность агрессивного воздействия [44];
2. Требования при эксплуатации: регулирование температурного и влажностного режима в помещениях, определение возможности проникновения агрессивных веществ на строительные конструкции, возможность оседания пыли и ее количество (солеосодержащие компоненты) и др.;
3. Климатические особенности района застройки [92];
4. Расчетные показатели инженерно-геологических изысканий;

Прогнозируемые изменения уровня агрессивности среды во время эксплуатации здания и ли сооружения;

6. Воздействия на конструкцию: механические или физические;
7. Тепловые воздействия на конструкцию.

В период расчета конструктивных особенностей, включающих покрытия с защитными свойствами, используемых при эксплуатации в условиях изменяемых температур, сл едует обращать внимание на возникающие изменяющиеся температурные деформации м атериалов конструкций и компонентов и обеспечение защиты и надежности.

### **Заключение**

В результате исследования, формируем следующие выводы:

1. Защита железобетонных конструкций от коррозии является актуальным исследованием, существует множество видов защиты арматуры, и правильный подход при ее выборе, значительно снижает степень коррозионного разрушения.
2. На основе анализа литературы и существующих требований к защите от коррозии, разработаны положения, необходимые для выбора способа антикоррозийной защиты.
3. Разработаны новые системы, которые необходимо использовать в строительстве, для надлежащего контроля за долговечностью железобетонной конструкции и выбора ее защитного покрытия.

### **Список литературы**

1. Овчинникова С.Т.. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций // Интернет журнал «Науковедение». 2014. №5 (24).
2. Вигдорович В.И.. Особенности атмосферной коррозии металлов // Вестник ТГУ. 2001. №3.
3. Овчинников И.И.. Современное состояние проблемы расчета армированных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред с учетом коррозионного растрескивания // интернет журнал "Строительство уникальных зданий и сооружений". 2012. №3.
4. Кушнаренко В.М.. Оценка и прогнозирование работоспособности металлов и сплавов оборудования, работающего в условиях воздействия коррозионных сред // Вестник ОГУ. 2007. №1.
5. Беспалый Н.В.. Повышение надежности технологических трубопроводов, эксплуатирующихся в агрессивных средах // электронный научный журнал Universum: Технические науки. 2015. №10 (21).
6. Блинов А.П.. Стальные конструкции в строительстве надземных многоярусных рамповых автостоянок. М: Ассоциацией развития стального строительства. 2015. 24 с.
7. Сысоев А.К.. Долговечность железобетонных и металлических конструкций подземного сооружения // инженерный вестник Дона. 2019. №1.
8. Информационный портал // <https://www.okorrozii.com/korroziabetona.html>
9. Гольшев А.Б. Железобетонные конструкции. Киев. 2001.
10. Вербецкий Г, П. Исследование коррозии арматуры в трещинах железобетона. Бетон и железобетон. 1964, № 11, [с.170]
11. Пузанов А.В.. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций // Magazine of Civil Engineering. 2011. №7.
12. Смородинский А.А.. Коррозия арматуры в железобетонных конструкциях // электронный портал Бетон.ру
13. John P. Broomfield Corrosion of steel in Concrete.: L. and N.Y.: Taylor and Francis Group, 2007. 271 p.
14. Christopher Ajiboye FAPOHUNDA. Limit State Design of Reinforced Concrete Structural Elements.: N.2019.314p.
15. S.Laxmipriya Leading Methodologies in Construction Industry // International Journal of New Technology and Research (IJNTR). 2019. №2. 42-47 p.
16. Eduardo S Effects of corrosion on the behaviour of precast concrete floor systems // Construction and Building Materials. 2017.№8. 411-418p.
17. Joshua OlusegunOkeniyi. Investigating Prospects of *Phyllanthus Muellerianus* as Eco-friendly/Sustainable Material for Reducing Concrete Steel-reinforcement Corrosion in Industrial/Microbial Environment // Energy Procedia. 2015. №8. 1274-1281p.
18. Alexander Tarussov Condition assessment of concrete structures using a new analysis method: Ground-penetrating radar computer-assisted visual interpretation // Construction and Building Materials 2013. №1. 1246-1254p.
19. Mohammad Ismail. Developing Deeper Understanding of Green Inhibitors for Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete // Handbook of Research on Recent Developments in Materials Science and Corrosion Engineering Education. 2015.29p.
20. ZENG Guo-ji et al. TOP-DOWN CONSTRUCTION METHOD OF PRESSURED GROUT PRESTRESSED ANTI-FLOATING ANCHOR AND ITS APPLICATION IN THE CORROSIVE CONFINED WATER SOIL LAYERS// Underground Space.2004.№1
21. Gashaw Mamo. Alkaliphiles: The Emerging Biological Tools Enhancing Concrete Durability. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology// Springer Nature Switzerland AG. 2019. № 5.



22. Карамова Р.А., Тлехусеж М.А. АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-7.
23. Крылов А.С. Численные расчеты сталежелезобетонных балок с учетом контактного взаимодействия стального сердечника с бетоном // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21.
24. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules for buildings / European Committee for Standardization, 2002.
25. Замалиев Ф.С., Гурьянов И.А., Шаймарданов Р.И., Хайрутдинов Ш.Н. Численные и натурные эксперименты в исследованиях сталежелезобетонных конструкций. // Известия КГАСУ, 2012, № 1 (19). - С. 46-52.
26. Аксёнов, В.Н. Работа железобетонных колонн из высокопрочного бетона / В. Н. Аксёнов, Д. Р. Маилян // Бетон и железобетон. – 2008. – № 6. – С. 5-8.
27. Маяцкая, И.А. Вопросы оптимальности при усилении строительных конструкций полимерными композиционными материалами / И. А. Маяцкая, А. Е. Федченко, Д. Б. Демченко // Строительство и архитектура – 2017: мат-лы науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: Изд-во ДГТУ, 2017. – С. 195-205.
28. Смоляго Г.А. Анализ коррозионных повреждений, эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций зданий и сооружений / Г. А. Смоляго, Н. В. Фролов, А. В. Дронов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2019. - № 1. - С. 52-57.
29. Настоящий В.А., Дариенко В.В. История возникновения и практика применения сталежелезобетонных конструкций для объектов дорожного и гражданского строительства // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2014. № 1. С. 467-470.
30. Кибирева Ю.А., Астафьева Н.С. Применение конструкций из сталежелезобетона // Экология и строительство. - 2018. - № 2. - С. 27-34.
31. Сафронов, В.С. Прогнозирование риска разрушения длительно эксплуатируемой железобетонной фермы покрытия здания / В.С. Сафронов, Д.Т. Чан // Строительная механика и конструкции, 2016. – Т. 2. – № 13 (13). – С. 45-54.
32. Muhammad H.A. Durability Properties of Foamed Concrete with Fiber Inclusion// International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering, 2014. – Vol. 8, –No 3. – P. 269-272.
33. Qin Xiaochun. The applicability of alkaline-resistant glass fiber in cement mortar of road pavement // Corrosion mechanism and performance analysis International Journal of Pavement Research and Technology, 2017. – P. 536-544.
34. Уруев, В.М. Исследование и модификация свойств мелкозернистого бетона на основе комплексных добавок // «Опыт прошлого – взгляд в будущее: 7-я Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов»: материалы конференции. – 2017. Тула: ТулГУ. – С. 154- 157.
35. Ахметшина, Л.Ф. Влияние углеродных металлосодержащих наноструктур на прочностные свойства бетонных композитов // Нанотехнологии в строительстве, 2010. – № 6. – С.35-46.
36. Евстафьева, Н.Ю.; Акчурич, Т. К.; Стефаненко, И. В. Полимерные системы гидроизоляционной и антикоррозионной защиты строительных материалов и конструкций// Строительство и архитектура. 2018. №72. с. 43-52
37. Меркулов С.И. Конструктивная безопасность эксплуатируемых железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2009. №4. С.53 – 54
38. Бондаренко В.М. Износ, повреждения и безопасность железобетонных сооружений - М.: И.Д. Русанова, 2000. 144 с.

39. Бондаренко, В.М. Феноменология кинетики повреждений бетона железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивной среде // Бетон и железобетон. - 2008. - № 2.
40. Пухонто, Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен) - М.: Изд-во АСВ, 2004. - 424 с.
41. Овчинников, И.Г. Моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов конструкций в условиях хлоридной коррозии и карбонизации - Саратов: Изд. центр «Рица», 2008. - 296 с.
42. Байдин, О.В. Трещиностойкость стержневых сборно-монолитных железобетонных конструкций - Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. - 101 с.
43. Бондаренко, В.М. Учет энергетической и коррозионной диссипации силового сопротивления при оценке устойчивости строительных конструкций / В.М. Бондаренко // Строительная механика и расчет сооружений. - 2011. - № 3.
44. Косухин М.М., Полуэктова В.А., Апалькова Л.В., Шарапов О.Н., Малиновкер В.М. ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ВОДООТВОДЯЩИХ КОЛЛЕКТОРОВ // Фундаментальные исследования. - 2013. - № 8-4. - С. 838-840;
45. Васильев А.И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролетных строений автодорожных мостов // Бетон и железобетон. - 2000. - № 2. - С. 20-23.
46. Бенин А.В., Невзоров Н.И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в железобетонных элементах по величине раскрытия трещины в защитном слое бетона // Строит. механика инж. конструкций и сооружений. - 2007. - № 3. - С. 48-52.
47. Sanchez P.J., Huespe A.E., J. Oliver, S. Toro. Mesoscopic model to simulate the mechanical behavior of reinforced concrete members affected by corrosion. - 2010. - № 47. - PP. 559-570.
48. Val D.V., Chernin L., Stewart M.G. / Experimental and numerical investigation of corrosion-induced cover cracking in reinforced concrete structures - 2009. - № 135. - PP. 376-385.
49. Vidal T., Castel A., Francois R.. Analyzing crack width to predict corrosion in reinforced concrete // Cement and Concrete Research. - 2004. - № 34. - PP. 165-174.
50. Singiresu S. Rao. The Finite Element Method in Engineering. Fourth edition// Elsevier Science & Technology Books.- Miami. 2004
51. Filip C. Filippou. Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures under Monotonic Loads. Structural Engineering, Mechanics and Materials. Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley. 2015.
52. Штарк И., Вихт Б.; под ред. Кривенко П.. Долговечность бетона / пер. с нем. - Киев: Оран-та, 2004. - 301 с.
53. Stark J. Alkali-Kieselsaure-Reaktion., Finzer F.A.. Institute fur Baustoffkunde. - 2008. - 139 р.
54. Гусев Б.В. Прочность полидисперсного композиционного материала, типа цементного бетона и особенностей напряженно-деформированного состояния такого материала при действии сжимающих нагрузок. - М: ЦИСН, 2003. - 37 с.
55. Шмицько Е.И., Крылова А В., Шаталова В.В. Химия цемента и вяжущих веществ. - СПб, 2006. - 206 с.
56. Савин А.В. К проблеме коррозионной стойкости железобетона // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2013. - №2. - С. 7-12.
57. Beddar M. Fiber reinforced concrete: past, present and future // Бетон и железобетон – пути развития: науч. тр. 2-й Всеросс. (Международ.) конф. по бетону и железобетону: в

- 5 т. Т. 3: Секционные доклады, секция «Технология бетона». М.: Дипак, 2005. С. 228–234.
58. Бондаренко В.М., Иванов А.И., Пискунов А.В. Определение коррозионных потерь несущей способности сжатых железобетонных элементов при решении по СНиП // Бетон и железобетон. 2011. № 5. С. 26–28.
59. Аль Каради Али Основные физико-механические свойства железобетона // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2013. - № 5. - С. 39-42.
60. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны: учеб. - М.: АСВ, 2006. - 368 с.
61. Перцев В Т., Леденев А.А.. Разработка эффективных комплексных органоминеральных добавок для регулирования реологических свойств бетонных смесей: монография. - Воронеж, 2012. - 136 с.
62. Федорцов А.П.. Позитивная коррозия бетонов как предпосылка улучшения их свойств агрессивными воздействиями// Инженерные технологии и системы. 2002
63. Расторгуев Б.С. Методы расчета зданий на устойчивость против прогрессирующего разрушения // Вестник отделения строительных наук РААСН. 2009. Т. 1. Вып. 13. С. 15-20.
64. Tamrazyan A.G. Reduce the impact of dynamic strength of concrete under fire conditions on bearing capacity of reinforced concrete columns. ICSMIM. 2nd International Conference on Sensors, Measurement and Intelligent Materials. Guangzhou, China, November. 2013. P. 16-17.
65. Samali, D. J. Attard & J. Song (Eds.) // 22nd Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials AC-MSM22. London: Taylor & Francis Group. 2013. P. 139-144.
66. Fuchs M.M., Braml T.H., Keuser M.W. Structural concrete after high dynamic loading damage identification and repair // Structural Journal. 2007. German: University of the German Armed Forces Munich. P. 777-786.
67. Бородай Д.И.. Модель прогноза долговечности железобетонных пролетных строений автодорожных мостов// Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2010
68. Thoft-Christensen, P. Modelling of the Deterioration of Reinforced Concrete Structures [Текст] // Proc. of IFIP Conf. on Reliability and Optimization of Structural Systems. - Michigan: Ann Arbor, 2000. - P. 15-26.
69. Куприяшкина Л.И. Наполненные цементные композиции. – Саранск: М. 2007. – 179 с.
70. Низина Т.А. Защитно-декоративные покрытия на основе эпоксидных и акриловых связующих. – Саранск: М. 2007. – 260 с.
71. Яковлева М.В., Фролов Е.А., Фролов А.Е., Гимадетдинов К.И. Обследование технического состояния зданий и сооружений. М.-Самара, 2011. 227 с.
72. Яковлева М.В., Фролов Е.А., Фролов А.Е. Строительные конструкции. Подготовка, усиление, защита от коррозии. Самара, 2012. 190 с.
73. Пищулев А.А., Славкин П.Н., Шепелев А.П., Ибатуллин Р.Р. Восстановление сжатых железобетонных конструкций зданий // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 4 (12). С. 62-67.
74. Гончаров, А.М. Повреждение металлических конструкций производственных сооружений [Текст]: дис. ... маг. техники и технологии / А.М. Гончаров. – Самара, 2011.
75. Ларионов Е.А., Бондаренко В.М. Принцип наложения деформаций при структурных повреждениях элементов конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. № 2. С. 16-22.

76. Бондаренко В.М., Иванов А.И., Пискунов А.В. Определение коррозионных потерь несущей способности сжатых железобетонных элементов при решении по СНиП // Бетон и железобетон. 2011. № 5. С. 26-28.
77. Клюева Н.В., Андросова Н.Б., Губанова М.С. Критерий прочности коррозионно повреждаемого бетона при сложном напряженном состоянии // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. № 1. С. 38-42.
78. Рымаров А.Г. Прогнозирование параметров воздушного, теплового, газового и влажностного режимов помещений здания // Academia. 2009. № 5. С. 362 – 364.
79. Гагарин В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Academia. 2009. № 5. С. 297 – 305.
80. Jensen, V., Merz, C. (2008). Alkali-aggregate reaction in Norway and Switzerland - survey investigations and structural damage. Proceedings of the 13th ICAAR, Trondheim, 785-795.
81. Andirakir, O., Lopuroglu, O., Katayama, T. A Review of Alkali-Silica Reactivity in Turkey: A Case Study From Izmir, west Anatolia. 2012. 10 p.
82. Рyy, H., Ferreira, M., Holt, E. Assessing the extent of AAR in Finland. 2012. 6 p.
83. Петрова Т.М., Сорвачева Ю.А.. К вопросу о долговечности железобетонных конструкций// Сб. науч. трудов Sworld. - 2013. - Т. 43, № 1. - С. 68-76.
84. Клюев С.В. Технология усиления конструкций углеволокном// Белгородская область: прошлое, настоящее и будущее: материалы научн.-практ. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – Ч.1. – С. 404 – 408.
85. Бокарев С.А., Смердов Д.Н., Устинов В.П., Яшнов А.Н. Усиление пролетных строений с использованием композитных материалов // Путь и путевое хозяйство. 2008. № 6. С. 30-31.
86. Ерофеев В.Т. Повышение биостойкости строительных материалов и изделий посредством пропитки их пористой структуры [Текст] // Известия КазГАСУ. – 2010. – № 2 (14). – С. 218-222
87. Морозова Т.С. Внешнее армирование железобетонных колонн композиционным материалом на основе углеволокна // Инженерно-строительный журнал. - 2010. - №3. - с. 36-39
88. Шилин, А.А. Ремонт железобетонных конструкций. - М., Изд-во "Горная книга", Стройтехиздат, 2010. - 520 с.
89. Teng J.G., Chen J.F., Smith S.T., Lam L. FRP Strengthened RC Structures. - John Wiley & Sons, Ltd. 2012 - 245 с.
90. Баженов Ю.М., Батаев Д. К-С., Муртазаев С-А. Ю. Энерго- и ресурсосберегающие материалы и технологии для ремонта и восстановления зданий и сооружений. – М.: «Комтех-Принт», 2006. - 235 с.
91. Юдина, А.Ф. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений [Текст] / А.Ф. Юдина. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320с.
92. Лесовик, В.С. Геоника. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 213 с.

### References

1. Ovchinnikov S. T.. Corrosion and corrosion protection of reinforced concrete bridge structures // online journal "Science". 2014. №5 (24).
2. Vigdorovich V. I.. Features of atmospheric corrosion of metals // Vestnik TSU. 2001. No. 3.
3. Ovchinnikov I. I.. The current state of the problem of calculation of reinforced structures exposed to corrosive environments, taking into account corrosion cracking // Internet magazine "Construction of unique buildings and structures." 2012. No. 3.

4. Kushnarenko V. M.. Assessment and forecasting of working capacity of metals and alloys of equipment operating under the influence of corrosive environments. Vestnik OGU. 2007. No. 1.
5. Bepalov N. In.. Improving the reliability of process pipelines operating in corrosive environments // electronic scientific journal Universum: Technical Sciences. 2015. №10 (21).
6. Blinov A. P.. Steel structures in the construction of above-ground multi-level ramp Parking. M: Association for the development of steel construction. 2015. 24 PP.
7. Sysoev, A. K.. Durability of reinforced concrete and metal structures of underground structures // engineering Bulletin of the don. 2019. No. 1.
8. Information portal // <https://www.okorrozii.com/korroziabetona.html>
9. Golyshev A. B. reinforced Concrete structures. Kiev. 2001.
10. Verbetsky G, P. Research of corrosion of reinforcement in cracks of reinforced concrete. Concrete and reinforced concrete. 1964, No. 11, [c.170]
11. Puzanov A. V.. Methods of inspection of corrosion state of reinforced concrete structures reinforcement // Magazine of Civil Engineering. 2011. No. 7.
12. Smorodinsky A. A.. Corrosion of reinforcement in reinforced concrete structures // electronic portal Concrete.ru
13. John P. Broomfield Corrosion of steel in Concrete: L. and N. Y.: Taylor and Francis Group, 2007. 271 p.
14. Christopher FAPOHUNDA Ajiboye. Limit State Design of Reinforced Concrete Structural Elements: N. 2019.314 p.
15. S. Laxmipriya Leading Methodologies in Construction Industry // International Journal of New Technology and Research (IJNTR). 2019. No. 2. 42-47 R.
16. Eduardo S Effects of corrosion on the behavior of precast concrete floor systems // Construction and Building Materials. 2017. No. 8. 411-418r.
17. Joshua OlusegunOkeniyi. Investing Prospects of Phyllanthus Muellerianus as Eco-friendly/Sustainable Material for Reducing Concrete Steel-reinforcement Corrosion in Industrial/Microbial Environment // Energy Procedia. 2015. No. 8. 1274-1281r.
18. Alexander Tarussov. Condition assessment of concrete structures using a new analysis method: Ground-penetrating radar computer-assisted visual interpretation // Construction and Building Materials 2013. No. 1. 1246-1254r.
19. Mohammad Ismail. Developing Deeper Understanding of Green Inhibitors for Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete //Handbook of Research on Recent Developments in Materials Science and Corrosion Engineering Education. 2015. 29 p.
20. ZENG Guo-ji et al. TOP-DOWN CONSTRUCTION METHOD OF PRESS GROUT PRESTRESSED ANTI-FLOATING ANCHOR AND ITS APPLICATION IN THE CORROSIVE WATER CONFINED SOIL LAYERS// Underground Space.2004.#1
21. Gashaw Mamo. Alkaliphiles: The Emerging Biological Tools Enhancing Concrete Durability. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology// Springer Nature Switzerland AG. 2019. No. 5
22. Karamova R. A., M. A. Tlekhusezh CORROSION PROTECTION of CONCRETE STRUCTURES // international student scientific Bulletin. – 2018. – № 3-7.
23. Krylov A. S. Numerical calculations of steel-concrete beams taking into account the contact interaction of the steel core with concrete // Bulletin of Tomsk state University of architecture and civil engineering. 2019. Vol. 21.
24. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules for buildings / European Committee for Standardization, 2002.

25. Zamaliev F. S., Guryanov I. A., Shaimardanov R. I., Khairutdinov S. N. Numerical and full-scale experiments in the study of steel-concrete structures. // *Izvestiya kgasu*, 2012., № 1 (19). - P. 46-52.
26. Aksenov, V. N. Work of reinforced concrete columns of high-strength concrete / V.N. Aksenov, D. R. Mailyan // *Concrete and reinforced concrete*. – 2008. – № 6. – P. 5-8.
27. Mayaki, I. A. Issues of optimality in the strengthening of building structures of polymeric composite materials / I. A. Mayaki, A. E. Mabuza, D. B. Demchenko // *Construction and architecture – 2017 : Mat.nauch.-prakt. Conf.* – Rostov-on-don: publishing house of DSTU, 2017. – Pp. 195-205.
28. Smoljago, G. A. Analysis of corrosion damage operated flexible reinforced concrete structures of buildings and structures / G. A. Smoljago, N. V. Frolov, A. V. Dronov] // *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhov.* - 2019. - № 1. - P. 52-57.
29. Real V. A., marienko V. V. the History and practice of application of composite structures for industrial and civil construction // *Modernization and research in the transport sector*. 2014. No. 1. P. 467-470.
30. Kibireva Y. A., Astafiev N. With. The use of steel-concrete constructions // *Ecology and construction*. - 2018. - № 2. - C. 27-34.
31. Safronov, V. S. Prediction of the risk of destruction of long-term operated reinforced concrete truss covering the building / V. S. Safronov, D. T. Chan // *Construction mechanics and structures*, 2016. – Vol. 2. – № 13 (13). – P. 45-54.
32. Muhammad H. A. Durability Properties of Foamed Concrete with Fiber Inclusion // *International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 2014. – Vol. 8, No. 3. – P. 269-272.
33. Qin Xiaochun. The applicability of alkaline-resistant glass fiber in cement mortar of road pavement // *Corrosion mechanism and performance analysis International Journal of Pavement Research and Technology*, 2017. – P. 536-544.
34. Aruev, V. M. the Study and modification of the properties of fine-grained concrete on the basis of complex additives // "the experience of the past – looking to the future: 7th international scientific-practical conference of young scientists and students" proceedings of the conference. – 2017. Tula: Tulgu. – P. 154 - 157.
35. Akhmetshina, L. F. the Influence of carbon metal-containing nanostructures on the strength properties of concrete composites // *Nanotechnology in construction*, 2010. – № 6. – P. 35-46.
36. Evstafiev, N. Yu.; Akchurin, T. K.; Stefanenko, I. V. Polymer systems waterproofing and corrosion protection of building materials and structures/ *Building and architecture*. 2018. No. 72. p. 43-52
37. Merkulov S. I. Structural safety of operated reinforced concrete structures // *Industrial and civil construction*. 2009. No. 4. C. 53 – 54
38. Bondarenko V. M. Wear, damage and safety of reinforced concrete structures - M. I. D. Rusanova, 2000. 144 P.
39. Bondarenko, V. M. Phenomenology of kinetics of damages of concrete of reinforced concrete structures operating in aggressive environment // *Concrete and reinforced concrete*. – 2008. – № 2.
40. Pohoto, L. M. Durability of concrete structures engineering structures (silos, bunkers, reservoirs, water towers, retaining walls) – M.: Publishing house of the DIA, 2004. – 424 p.
41. Ovchinnikov, I. G. Modeling of stress-strain state of reinforced concrete structural elements under conditions of chloride corrosion and carbonation– Saratov: Ed. Ritsa center, 2008. – 296 p.
42. Baidin, O. V. crack Resistance of rod precast-monolithic reinforced concrete structures – Belgorod: publishing House of BSTU, 2010. – 101 p.

43. Bondarenko, V. M. the Account of power and corrosion dissipation of power resistance at an assessment of stability of building designs / V. M. Bondarenko // Construction mechanics and calculation of constructions. - 2011. - № 3.
44. Kosukhin M. M., Poluektova V. A., Apalkova L. V., Sharapov O. N., Malinovka V. M. IMPROVING the DURABILITY of reinforced CONCRETE DRAINAGE COLLECTORS // Fundamental research. - 2013. - № 8-4. - Pp. 838-840;
45. Vasil'ev A. I. Evaluation of the corrosive wear of the working reinforcement in the beams of a bridge span highway bridges // Concrete and reinforced concrete. - 2000. - № 2. - P. 20-23.
46. Benin A.V., Nevzorov N. S.. Assessment of corrosion wear of working reinforcement in reinforced concrete elements by the size of crack opening in the protective layer of concrete // Builds. eng mechanics. structures and structures. - 2007. - № 3. - P. 48-52.
47. Sanchez P. J., Huespe A. E., J. Oliver, S. Toro. Mesoscopic model to simulate the mechanical behavior of reinforced concrete members affected by corrosion. - 2010. - № 47. - PP. 559-570.
48. Val D. V., Chernin L., Stewart M. G. / Experimental and numerical investigation of corrosion-induced cover cracking in reinforced concrete structures - 2009. -№ 135. - PP. 376-385.
49. Vidal T., Castel A., Francois R.. Analyzing crack width to predict corrosion in reinforced concrete // Cement and Concrete Research. - 2004. - № 34. - PP. 165-174.
50. Singiresu S. Rao. The Final Element Method in Engineering. Fourth edition// Elsevier Science & Technology Books. - Miami. Two thousand four
51. Filip C. Filippou. Finish Element Analysis of Reinforced Concrete Structures under Monotonic Loads. Structural Engineering, Mechanics and Materials. Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley. 2015.
52. Stark I., VIHT B.; ed. Krivenko P.. Durability of concrete / lane with it. - Kyiv: Oran-TA, 2004. - 301 p.
53. Stark J. Alkali-Kieselsaure-Reaktion., Finfer F. A.. Institute fur Baustoffkunde. - 2008. - 139 p.
54. Gusev B. V. Strength of polydisperse composite material, such as cement concrete and the features of the stress-strain state of such material under the action of compressive loads. - M.: CISN, 2003. - 37 p.
55. Shmit'ko E. I., And Krylov V., Shatalov V. V. Chemistry of cement and knitting substances. - SPb, 2006. - 206 p.
56. Savin A.V. To the problem of corrosion resistance of reinforced concrete // Vestnik BGTU im. V. G. Shukhov. - 2013. - №2. - P. 7-12.
57. Beddar M. Fiber reinforced concrete: past, present and future // Concrete and reinforced concrete – ways of development: scientific. Tr. 2nd all-Russian. (International.) Conf. on concrete and reinforced concrete: in 5 t. T. 3: Section reports, section "concrete Technology". M.: Deepak, 2005. P. 228-234.
58. Bondarenko V. M., Ivanov A. I., Piskunov A.V. Determination of corrosion losses of bearing capacity of compressed concrete elements in the decision on SNiP // Concrete and reinforced concrete. 2011. No. 5. P. 26-28.
59. Al Karadi Ali Basic physical and mechanical properties of reinforced concrete // Bulletin of BSTU. V. G. Shukhov. - 2013. - № 5. - P. 39-42.
60. Bazhenov Yu. M. Modified high-quality concretes: studies. - M.: ASV, 2006. - 368 p.
61. Pertsev In T., Ledenev A. A.. Development of effective complex organomineral additives to regulate rheological properties of concrete mixtures: monograph. - Voronezh, 2012. - 136 p.

62. Fedortsov A. P.. Positive corrosion of concrete as a prerequisite for improving their properties by aggressive influences// Engineering technologies and systems. Two thousand two
63. Rastorguev B. S. Methods of calculation of buildings for resistance against progressive destruction // Bulletin of the Department of construction Sciences RAASN. 2009. Vol.1. Issue. 13. P. 15-20.
64. Tamrazyan A. G. Reduce the impact of dynamic strength of concrete under fire conditions on bearing capacity of reinforced concrete columns. ICSMIM. 2nd International Conference on Sensors, Measurement and Intelligent Materials. Guangzhou, China, November. 2013. P. 16-17.
65. Samali, D. J. Attard & J. Song (Eds.) // 22nd Australian Conference on the Mechanics of Structures and Materials AC-MSM22. London: Taylor & Francis Group. 2013. P. 139-144.
66. Fuchs M. M., Braml T. H., Keuser M. W. Structural concrete after high dynamic loading damage identification and repair // Structural Journal. 2007. German: University of the German Armed Forces Munich. P. 777-786.
67. Boroday I. D.. Model of the forecast of durability of reinforced concrete superstructures of road bridges// Science and progress of transport. Bulletin of Dnipropetrovsk national University of railway transport. Two thousand ten
68. Thoft-Christensen, P. Modelling of the Deterioration of Reinforced Concrete Structures [Text] // Proc. of IFIP Conf. on Reliability and Optimization of Structural Systems. - Michigan: Ann Arbor, 2000. - P. 15-26.
69. Kupryashkina L. I. Filled with the cement composition. – Saransk: M. 2007. – 179 p.
70. Nizina T. A. Protective and decorative coatings based on epoxy and acrylic binders. – Saransk: M. 2007. 260 P.
71. Yakovleva M. V., Frolov E. A., Frolov A. E., Gimazetdinov K. I. Examination of technical condition of buildings and structures. M.-Samara, 2011. 227 p.
72. Yakovleva M. V., Frolov E. A., Frolov A. E. the Building structure. Preparation, strengthening, corrosion protection. Samara, 2012. 190 P.
73. Pisarev A. A., Slavkin, P. N., Shepelev A. P., Ibatullin R. R. Recovery of compressed reinforced concrete building structures // Vestnik. Urban planning and architecture. 2013. Issue. № 4 (12). P. 62-67.
74. Goncharov, A. M. Damage of metal structures of industrial buildings [Text]: dis. ... magician. engineering and technology / A. M. potters. – Samara, 2011.
75. Larionov E. A., Bondarenko V. M. the Principle of applying deformations in structural damage of structural elements // Construction mechanics of engineering structures and structures. 2011. No. 2. P. 16-22.
76. Bondarenko V. M., Ivanov A. I., Piskunov A.V. Determination of corrosion losses of bearing capacity of compressed reinforced concrete elements in the decision on SNiP // Concrete and reinforced concrete. 2011. No. 5. P. 26-28.
77. Klyueva N. In. Androsova N. B., Gubanova M. S. the Criterion of strength of corrosion damaged concrete under complex stress state // structural mechanics of engineering constructions and buildings. 2015. No. 1. P. 38-42.
78. Rymarov A. G. Forecasting of parameters of air, thermal, gas and humidity conditions of premises of the building // Academia. 2009. No. 5. P. 362-364.
79. Gagarin V. G. Thermophysical problems of modern wall enclosing structures of multi-storey buildings // Academia. 2009. No. 5. P. 297-305.
80. Jensen, V., Merz, C. (2008). Alkali-aggregate reaction in Norway and Switzerland - survey investments and structural damage. Proceedings of the 13th ICAAR, Trondheim, 785-795.
81. Andirakir, O., Lopuroglu, O., Katayama, T. A Review of Alkali-Silica Reactivity in Turkey: A Case Study From Izmir, west Anatolia. 2012. 10 p.



82. Pyu, H., Ferreira, M., Holt, E. Assessing the extent of AAR in Finland. 2012. 6 p.
83. Petrova T. M., Y. A. Sorvacheva. The question of durability of concrete structures// Proc. scientific. proceedings of Sworld. - 2013. - Vol. 43, № 1. - P. 68-76.
84. Klyuev S. V. Technology of strengthening of structures by carbon fiber// Belgorod region: past, present and future: materials scientifically.-prakt. Conf. - Belgorod: publishing House of BSTU, 2012. - Part 1. - P. 404 - 408.
85. Bokarev S. A., Smerdov D. N., Ustinov, V. P., Jasnow A. N. Strengthening long-span structures with composite materials // Path and track facilities. 2008. No. 6. P. 30-31.
86. Erofeev V. T. Improvement of biological stability of construction materials and products by means of impregnation of their porous structure [Text] // proceedings of the University. - 2010. - № 2 (14). S. 218-222
87. Morozova T. S. External reinforcement of reinforced concrete columns with composite material based on carbon fibers // civil Engineering journal. - 2010. - №3. - p. 36-39
88. Shilin, AA Repair of concrete structures. - M., Publishing house "Gornaya kniga", Strategist, 2010. - 520 p.
89. Teng J. G., Chen J. F., Smith S. T., Lam L. FRP Strengthened RC Structures. - John Wiley & Sons, Ltd. 2012 - 245 c.
90. Bazhenov Yu. M., Bataev D. K-S., Murtazaev S-A. Yu. Energy-and resource-saving materials and technologies for repair and restoration of buildings and structures. - M.: "Comtech-Print", 2006. - 235 p.
91. Yudina, A. F. Reconstruction and technical restoration of buildings and structures [Text] / A. F. Yudina. - Moscow: Publishing center "Academy", 2010. - 320c.
92. Lesovik, V. S. Geonika. - Belgorod: Publishing house of BSTU. V. G. Shukhov, 2012. - 213 p.