

*Ведищев Кирилл Алексеевич*  
*студент*  
*4 курса, направление «Проектирование*  
*технологических машин и комплексов»*  
*Белгородский государственный технологический*  
*университет им. В.Г. Шухова*  
*Россия, г. Белгород*

*Полторан Ярослав Евгеньевич*  
*студент*  
*4 курса, направление «Проектирование*  
*технологических машин и комплексов»*  
*Белгородский государственный технологический*  
*университет им. В.Г. Шухова*  
*Россия, г. Белгород*

## **ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

***Аннотация:** В статье рассматривается влияние коррозии на долговечность конструкций из железобетона. Помимо этого в статье подробно рассматривается действие поражающих факторов коррозии на бетон и арматуру.*

***Ключевые слова:** бетон, железобетон, долговечность железобетона, коррозия.*

***Annotation:** The article discusses the effect of corrosion on the durability of structures made of reinforced concrete. In addition, the article discusses in detail the effect of damaging factors of corrosion on concrete and reinforcement.*

***Key words:** concrete, reinforced concrete, durability of reinforced concrete, corrosion.*

Бетон и железобетон играют основную роль в возведении конструкций

различного масштаба по всему миру. Сооружения из подобного вида материалов, при правильном их использовании, могут простоять десятилетия, а то и столетия сохраняя свои свойства. Бетон и железобетон обладают многими положительными эксплуатационными свойствами, в том числе и хорошей коррозионной стойкостью. Но как правило, огромное количество сооружений находятся в условиях прямого воздействия окружающей среды. В результате этого железобетон и бетон очень часто находятся под воздействием агрессивных сред, что создает шанс развитию коррозии.

Коррозия чаще всего начинает развиваться при наличии структурных и поверхностных дефектов в конструкции. В структуре железобетона можно условно выделить следующие основные типы дефектов: макрополости, микрополости, ослабленные участки контактов цементного камня с поверхностью заполнителей и контакты зерен заполнителей без прослойки цементного камня [1]. При возникновении подобных дефектов повышается вероятность возникновения коррозии и увеличиваются темпы ее развития.

Процесс коррозии в железобетонных строениях может происходить по трем основным схемам [2]:

1. коррозия арматуры начинается после разрушения защитного слоя бетона в результате механических повреждений (сколы, отколы бетона) и оголения стержневой арматуры;
2. развитие коррозии начинается с арматуры, когда бетон не обладает достаточными защитными свойствами (недостаточная толщина защитного слоя), но и не разрушается под действием среды, которая не является по отношению к нему агрессивной;
3. коррозия арматуры развивается в результате атмосферных воздействий через трещины, которые появились в бетоне конструкции.

Трещины в бетонного покрытия являются важными параметрами при устойчивом воздействии коррозии для прогнозирования оставшегося срока службы [3].

Коррозия стали на сегодняшний день является самой большой проблемой для долговечности железобетонных конструкций, хотя другие механизмы разрушения бетона не менее важны.

Обычно ухудшение качества бетона происходит постепенно и в зависимости от окружающей среды и условий использования, железобетонные конструкции могут выдерживать десятилетия до начала коррозии стали. Но почему сталь не подвергается коррозии в течение столь длительного времени, когда в бетоне присутствуют необходимые для коррозии стали элементы, такие как достаточное тепло, влажность, кислород и др.? Хотя пористая структура бетона содержит влагу и кислород, из-за его высокой щелочности (уровень pH равен 11 или выше), гидроксильные ионы (OH-) в воде, содержащейся в порах окружающего бетона, образуют защитный пассивный оксидный слой на стали арматуры, что снижает скорость коррозии до довольно низкого уровня. Это идеальное покрытие, потому что оно самоустанавливающееся и самовосстанавливающееся - оно формируется и изменяется по мере повышения температуры и влажности.

Для возникновения коррозии арматуры, пассивный оксидный слой на стали должен быть разрушен. Если бетонное покрытие, защищающее арматурную сталь, повреждено и связь между бетоном и стальной арматурой нарушена, пассивный слой стали разрушится и начнется активная коррозия стали. Однако существует два механизма, которые повредят пассивный слой стали, даже если бетонное покрытие не повреждено: хлорид-ионы (Cl-) и карбонизация.

Хлорид - это соединение, обладающее высокой реакционной способностью и вызывающее снижение щелочности (снижение pH). Так как значение pH бетона падает (ниже 9,5), вероятность коррозионной реакции активно увеличивается [4]. Коррозия, вызванная хлоридами, является самой большой проблемой при старении бетонных автодорожных мостов, особенно

в морской среде или районах, где используются дорожные соли. Хлориды можно заливать в бетон или диффундировать из внешней среды (например, морской воды). Когда Cl достигает армирующей стали, они конкурируют с OH-, которые образуют пассивный оксидный слой и способны проникать сквозь слой и вызывать дефект. Накопление Cl- может вызвать разрушение пассивного оксидного слоя стали, что позволяет инициировать коррозию. В областях на стальной поверхности с низким содержанием OH- из-за пустот в бетоне, Cl- может вызвать точечную коррозию. Вероятность коррозии увеличивается с увеличением количества Cl- на поверхности стали.

Карбонизация происходит, когда атмосферный углекислый газ (CO<sub>2</sub>), кислый газ, постепенно проникает в бетон и нейтрализует его щелочность [4]. Газ медленно движется через бетон как фронт и меняет химический состав бетона по мере его развития. Как только глубина фронта карбонизации достигает арматурной стали, что может занять несколько десятилетий, это прекращает способность стали формировать пассивный слой, потому что среда больше не является щелочной. Это делает сталь уязвимой для коррозии.

Присутствие кислорода иницирует поверхностную коррозию арматурной стали путем окисления, где на поверхности стали образуются оксиды железа. Эти оксиды, хотя пористые и чешуйчатые, имеют больший объем, чем исходная сталь – до шести раз больше, в зависимости от состава продуктов коррозии. Оксиды железа расширяются по отношению к бетону, и возникающее в результате этого напряжение приводит к растрескиванию и, в конечном итоге, растрескиванию бетонного покрытия. Хотя растрескивание и отслаивание бетонного покрытия нежелательно, но оно служит ранним предупреждением о том, что арматурная сталь подвержена риску разрушения конструкции из-за коррозии.

Как правило, процессам карбонизации и диффузии хлоридов требуется много лет, чтобы достичь упрочняющей стали в бетоне. Время начала данных процессов зависит от толщины бетонного покрытия над арматурой, качества

бетона и окружающей среды. Данная информация обычно получается путем обследования конструкции и сбора таких данных, как возраст сооружения, уровни хлоридов на прогрессивных глубинах в бетоне и глубина карбонизации.

Если коррозия все-таки добралась до стали, то для этого необходимо проводить довольно сложный ремонт. При ремонте следует удалить поврежденный слой бетона. Если глубина повреждения превышает толщину защитного слоя, то бетон должен быть удален в том числе и за арматурой. Затем механизированным способом (ручного удаления ржавчины стальной щеткой недостаточно) производят очистку арматуры от ржавчины, наносят защитный слой на поверхность арматуры, при необходимости усиливают арматуру и восстанавливают защитный бетон. Обычно применяют ремонтные составы, обладающие после отверждения малой проницаемостью.

Понимание проблем долговечности бетона значительно улучшилось за последнее время, в частности, причины, оценка и лечение коррозии стальной арматуры. Тем не менее, по-прежнему допускаются ошибки в проведении адекватной оценки для предотвращения поломок, проведения адекватного ремонта и применения методов контроля коррозии. Для применения наиболее подходящих методов ремонта и контроля коррозии требуется полное понимание структуры бетона и ее долговечности. Образцы могут быть использованы для определения долговечности и коррозионной стойкости железобетонных конструкций, а отраслевые стандарты и нормативные документы могут помочь обеспечить этим конструкциям желаемый срок службы.

### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ:**

1. Чехов А. П. Защита строительных конструкций от коррозии. – К.: Вища шк, 1977. – 216 с.

2. Дубинчик О.И. Влияние коррозии бетона и арматуры на долговечность железобетонных пролетных строений мостов // Наука и

прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2005. №6.

3. Ranjith A., Balaji Raob K., Manjunath K. Evaluating the effect of corrosion on service life prediction of RC structures – A parametric study // International Journal of Sustainable Built Environment. 2016. Vol. 5. P. 587 – 603.

4. Imam A., Mishra S., Kumar Bind Y. Review study towards corrosion mechanism and its impact on the durability of concrete structures // AIMS Materials Science. 2018 Vol. 5(2). P. 276–300. DOI: 10.3934/materci.2018.2.276