

Смоляго Г. А., д-р техн. наук, проф.,
 Крючков А. А., канд. техн. наук, доц.,
 Дрокин С. В., канд. техн. наук, доц.,
 Дронов А. В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ АСПЕКТОВ ХЛОРИДНОЙ КОРРОЗИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

anddre13@rambler.ru

В процессе эксплуатации зданий и сооружений в агрессивной среде происходит снижение долговечности железобетонных конструкций. Одной из основных этого является коррозия стальной арматуры. В статье рассмотрены случаи общей и питтинговой коррозии, влияние хлоридной среды на протекание коррозии арматуры в бетоне.

На основании результатов экспериментальных исследований проанализировано влияние содержания хлоридов в бетоне на характер распространения коррозии стальной арматуры

Ключевые слова: долговечность железобетонных конструкций, коррозия арматуры, общая коррозия, питтинговая коррозия, коррозионный потенциал.

Проблемы долговечности строительных конструкций привлекают все большее внимание в строительной практике во всем мире. Их решение будет способствовать продлению срока службы конструкций, снижению затрат на эксплуатацию, ремонт и реконструкцию зданий и сооружений, приведет к сокращению числа аварий, связанных с преждевременным отказом конструкций. Долговечность железобетонных конструкций зависит от большого количества факторов: внутренних процессов в бетоне и арматуре, их взаимодействия между собой, условий эксплуатации конструкции, характера окружающей среды, качества строительных работ и др. Неблагоприятные условия эксплуатации и окружающей среды, отклонения от проектных решений, снижение качества строительно-монтажных работ и др. могут привести к значительному снижению долговечности конструкций, снижая надежность как отдельных элементов, так и всего здания в целом. В современной строительной практике такие случаи встречаются нередко, при этом многие аспекты долговечности железобетонных конструкций остаются не до конца изученными или не находят своего применения в строительной практике. Руководствуясь вышесказанным, можно отметить, что исследование аспектов долговечности имеет большое практическое значение в современном строительстве.

В большинстве случаев коррозия арматуры является основным фактором, снижающим срок службы железобетонных конструкций, в том числе, перекрытий и покрытий. Коррозия арматурной стали в бетоне приводит к уменьшению поперечного сечения арматуры, снижению сил сцепления арматуры с бетоном, охрупчиванию стали. Накопленные продукты коррозии создают

дополнительные напряжения в растянутой зоне бетона, что в последующем приводит к появлению продольных трещин в железобетонных конструкциях, способствующих отслоению защитного слоя бетона [1]. Следует отметить, что в развитии коррозии арматуры в бетоне выделяют два периода: инкубационный период (время инициации коррозии) и период распространения коррозии [2] (рис. 1).

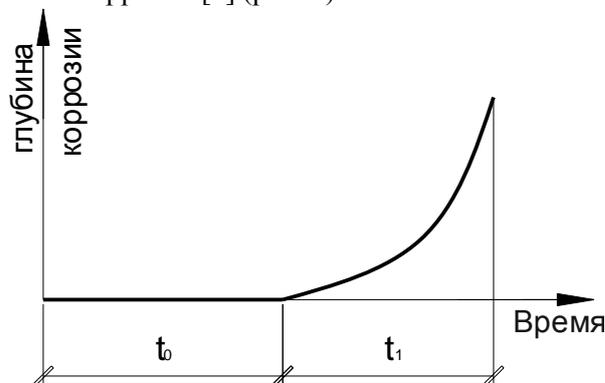


Рис. 1 Периоды развития коррозии арматуры в бетоне:

t_0 – время инициации, t_1 – время распространения коррозии

Инкубационный период объясняется пассивирующим действием бетона вследствие щелочности поровой влаги бетона, препятствующей распространению коррозии стальной арматуры. Однако с течением времени вследствие карбонизации бетона, вызванной действием углекислого газа, воды и кислорода, происходит снижение pH бетона. Считается, что депассивация поверхности арматуры достигается при значении $\text{pH}=9$ в бетоне, окружающем арматуру [3, 4]. С этого момента начинается период распространения коррозии. При равномерном доступе кислорода и влаги к конструкции на поверхности арматуры образуются анодные и катодные участ-

ки, коррозия носит электро-химический характер [5]. Подобный случай относится к *общей коррозии*, что выражается незначительным градиентом электродного потенциала в конструкции. При наличии хлоридов в бетоне, как правило, развивается *питтинговая коррозия*, при этом инкубационный период будет определяться предельным содержанием ионов Cl^- (0,1-0,4% от массы цемента) [2, 3]. Коррозия в данном случае носит локальный характер в месте образования питтингового анода. В этом месте снижение потенциала может быть с - 200мВ до - 500мВ [3].

В отдельных случаях, при повышенной концентрации хлоридов по всему объему бетона, может наблюдаться общая коррозия арматуры. Объясняется это частым и близким расположением питтингов, что приводит к равномерному протеканию коррозии вдоль всей арматуры.

В рамках исследования долговечности железобетонных конструкций перекрытий и покрытий были предусмотрены испытания желе-

зобетонных однопролетных балок под воздействием агрессивной среды. Балки сечением 60x100(h) мм выполнены из бетона класса по прочности на сжатие В15. Армирование предусмотрено в виде плоских каркасов с рабочей арматурой $\varnothing 6$ мм и $\varnothing 8$ мм класса А240. Для исследования влияния величины защитного слоя на коррозию арматуры вследствие его препятствия продвижению влаги и кислорода, были выполнены балки с разными значениями защитного слоя бетона: $a=10$ мм и $a=15$ мм. Для анализа коррозии арматуры под нагрузкой балки загружены сосредоточенной нагрузкой $P=0,7P_{разр}$ в середине пролета, равного $l=1,4$ м. Для моделирования трещин в растянутой зоне были использованы тонкие стальные прокладки толщиной 0,2 мм, устанавливаемые на высоту защитного слоя бетона на расстоянии $\frac{1}{3}l$ от опоры, впоследствии удаленные после распалубливания конструкций. Стенд для проведения испытаний вместе с опытными образцами конструкций приведен на рис. 2.



Рис. 2. Испытательный стенд для нагружения опытных образцов железобетонных балок

Для ускорения процессов коррозии в раствор при бетонировании была введена поваренная соль в содержании 5% от массы цемента. С момента загрузки образцы смачивались водой 1 раз в сутки. Спустя 40 дней после начала эксперимента было проведено измерение потенциала с помощью анализатора коррозии

ProceqCanin. Результаты измерений для 6-ти исследуемых балок приведены на рис. 3.

Как видно из диаграмм, изменения потенциала в пределах одного элемента не превышают 100мВ, что свидетельствует о случае общей коррозии арматуры. Повышенное значение потенциала в середине пролета объясняется уменьшенным действием агрессивной среды из-

за сниженного доступа влаги. Уменьшение интенсивности коррозии с увеличением величины защитного слоя наблюдается в образцах с вели-

чиной защитного слоя 15 мм. В местах образования трещин на данном временном этапе очагов коррозии не обнаружено.

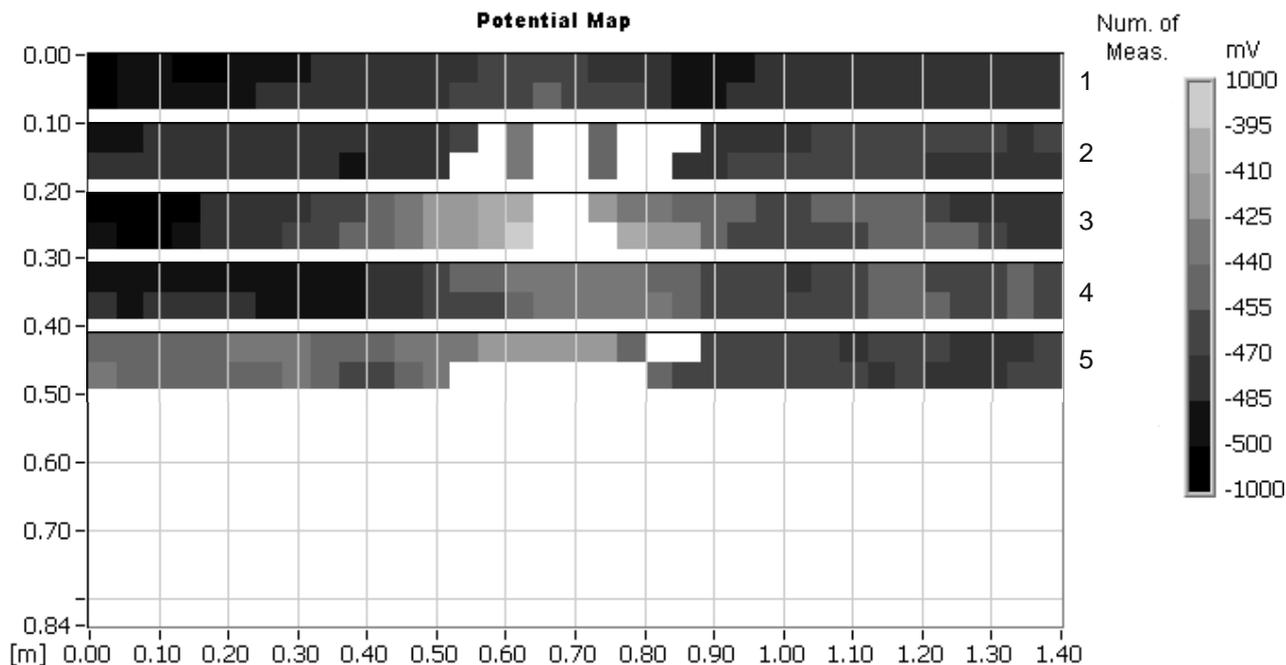


Рис. 3. Диаграммы изменения потенциала железобетонных балок в пределах пролета.

1 – образец с арматурой $\varnothing 6$ мм и защитным слоем $a=10$ мм; 2 – $\varnothing 6$ мм и $a=15$ мм;
3 – $\varnothing 8$ мм и $a=10$ мм; 4 – $\varnothing 8$ мм и $a=10$ мм; 5 – $\varnothing 8$ мм и $a=15$ мм

Исходя из результатов исследований, можно отметить, что при высокой концентрации хлоридов по всему объему бетона коррозия арматуры носит общий, а не питтинговый характер. Протекающий характер коррозии имеет сходства с коррозией арматуры в карбонизированном бетоне. При этом следует отметить, что в данном случае агрессивность среды является определяющим фактором, вызывающим коррозию арматуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аль Каради Али. Основные физико-механические свойства железобетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №5. С. 39-42.

2. Пухонто Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен). М.: Изд. АСВ, 2004. 424 с.

3. Долговечность железобетона в агрессивных средах. С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шисль. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.

4. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузев. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.

5. Савин А.В., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. К проблеме коррозионной стойкости железобетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 7-12.