

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ НА КОРРОЗИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АРМАТУРЫ

Чикулаев Г.С., Федорович П.Л.

ВВЕДЕНИЕ

Железобетон – это строительный материал, который позволяет возводить различные здания и сооружения. Большинство старых железобетонных конструкций и сооружений, возведенных в первой половине XX века, подтверждает репутацию железобетона как долговечного материала. Однако известно немало фактов, когда происходят как местные повреждения, так иногда и значительные разрушения железобетонных конструкций. Чаще всего разрушение железобетонных конструкций происходит из-за воздействия внешней агрессивной среды.

Существует две основные схемы разрушения железобетонных конструкций. По первой схеме вначале разрушается бетон из-за его недостаточной стойкости к агрессивной среде, а затем происходит коррозия арматуры. По второй схеме разрушение начинается с коррозии арматуры, когда бетон не обладает достаточными защитными свойствами по отношению к стальной арматуре, но и не разрушается под действием агрессивной среды, которая в данном случае не является по отношению к нему агрессивной. Разрушение бетона происходит под давлением растущей на арматуре ржавчины, т. е. носит чисто механический характер. Это вызвано тем, что ржавчина занимает в 2–3 раза больший объем, чем прокорродировавшая сталь, и отличается рыхлостью [1]. Обычно такого рода разрушение железобетонных конструкций вызывается действием влажного воздуха или периодического увлажнения и характерно для влажных помещений, особенно при загрязнении атмосферы агрессивными газами.

В связи с этим существуют различные способы защиты железобетонных конструкций от коррозии арматуры. Одним из таких способов является применение химических добавок в бетон, которые препятствуют протеканию коррозионных процессов в железобетоне.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследования по определению защитных свойств бетона с добавкой по отношению к стальной арматуре был выбран метод снятия поляризационных кривых, СТБ 1168-99 «Бетоны. Метод контроля коррозионного состояния стальной арматуры в бетоне и защитных свойств бетона»[2]. Сущность данного метода испытаний состоит в определении защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре путем наложения электрического потенциала на стальную арматуру и измерения соответствующей величины плотности тока с последующим построением поляризационной кривой и ее анализом. Метод позволяет учесть влияние на коррозионное состояние стальной арматуры вяжущих, заполнителей, химических и минеральных добавок, то есть выявить в первую очередь активирующее воздействие агрессивных по отношению к стали веществ: хлоридов, сульфатов и др. Кроме того, можно производить и оценку агрессивности эксплуатационных сред по отношению к железобетону.

Эксперименты выполнены с использованием 3-х партий образцов (первые две – 12 образцов, а третья – 6 образцов) размерами 70x70x140 мм с арматурой, зафиксированной внутри образцов. Для испытаний использовались гладкие, цилиндрические стержни диаметром 10 мм из стали марки Ст 3, предварительно стержни были очищены и обезжирены ацетоном. После установки стержней формы заполнили двумя составами, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Составы бетона

Наименование состава	Расход составляющих, кг на 1 м ³ бетонной смеси				
	цемент	песок	щебень	вода	добавка
Контрольный (без добавки)	300	770	1180	170	0
Основной (с добавкой)	300	770	1180	170	3,0 (1,0% от массы цемента*)

*-дозировка добавки берется в сухом виде.

Характеристики материалов для приготовления бетонных смесей:
 Вяжущее – портландцемент ПЦ-500 Д0 по ГОСТ 10178-85[3] ОАО «Красносельск-стройматериалы».

Мелкий заполнитель – песок Мк=2,5 по ГОСТ 8736-2014[4], ОАО «Нерудпром».

Крупный заполнитель – гранитный щебень фр. 5-20 мм по ГОСТ 8267-93[5], РУПП «Гранит».

Вода для затворения бетонной смеси – водопроводная по СТБ 1114-98 [6].

Химическая добавка – добавка для бетонов «ГС ПронитратМикс».

По истечении 28 суток твердения одну партию образцов насыпали в коррозионной среде KCl, а другую партию в NaCl. Содержание хлоридов в коррозионной среде в пересчете на хлор-ионы составило 5000 мг/л. Содержание хлоридов принято как для среды, степень агрессивности которой умеренно-агрессивная (ХА2) Для насыщения образцов их вертикально, рабочей стороной вверх, поместили в емкости с агрессивной средой. Расстояние между соседними образцами составляло не менее 1 см. Вначале емкости заполняли рабочими жидкостями с агрессивными средами до половины высоты образцов, а затем через трое суток, доливали до уровня трех четвертей высоты образцов. Далее образцы выдерживали в течение еще 4 суток, при этом рабочую жидкость по мере снижения ее уровня в емкости периодически доливали. Насыщение образцов продолжалось до достижения суточного прироста массы не более 0,1 %. После насыщения с первой и второй партии были взяты образцы для определения коррозионного состояния арматуры (таблица 2) при 0 циклах.

Таблица 2 – Коррозионное состояние арматуры при 0 циклах

Наименование объекта испытаний	Фактическое значение показателя для образцов			
	Частное			Результатирующее
Определение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре в коррозионной среде NaCl. Плотность тока, мкА/см ² при потенциале плюс 300 мВ: - контрольный - основной	3,8	3,7	3,6	3,7
	3,6	3,5	3,3	
	<i>Устойчивое пассивное состояние</i>			
Определение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре в коррозионной среде KCl. Плотность тока, мкА/см ² при потенциале плюс 300 мВ: - контрольный - основной	3,5	3,8	3,9	3,7
	3,4	3,7	3,6	
	<i>Устойчивое пассивное состояние</i>			
<i>Примечание: Содержание хлоридов в коррозионной среде в пересчете на хлор-ионы составлял 5000мг/л</i>				

Таблица 3 – Коррозионное состояние арматуры при 10 циклах

Наименование объекта испытаний	Фактическое значение показателя для образцов			
	Частное			Результатирующее
Определение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре в коррозионной среде NaCl. Плотность тока, мкА/см ² при потенциале плюс 300 мВ: после 10 циклов - контрольный - основной	3,9	4,1	4,0	4,0
	3,7	3,8	3,7	
	<i>Устойчивое пассивное состояние</i>			
Определение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре в коррозионной среде KCl. Плотность тока, мкА/см ² при потенциале плюс 300 мВ: после 10 циклов - контрольный - основной	3,8	3,9	3,9	3,9
	3,4	3,4	3,4	
	<i>Устойчивое пассивное состояние</i>			
<i>Примечание: Содержание хлоридов в коррозионной среде в пересчете на хлор-ионы составлял 5000мг/л</i>				

Следующую партию образцов подвергли циклическому насыщению агрессивной средой и последующему высушиванию. Время насыщения в коррозионной среде составило 24 часа. Высушивание осуществлялось в сушильном шкафу при температуре $(40 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 24 часов. Через 10 циклов насыщения и высушивания образцов определялось коррозионное состояние арматуры (таблица 3). На основании полученных данных были построены анодные поляризационные кривые для партии образцов, насыщенных в среде NaCl (рисунок 1) и KCl (рисунок 2).

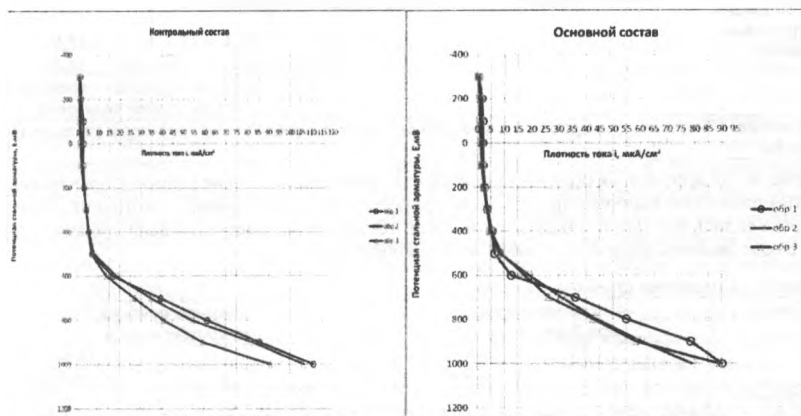


Рисунок 1 – Анодные поляризационные кривые для образцов, насыщаемых в коррозионной среде NaCl

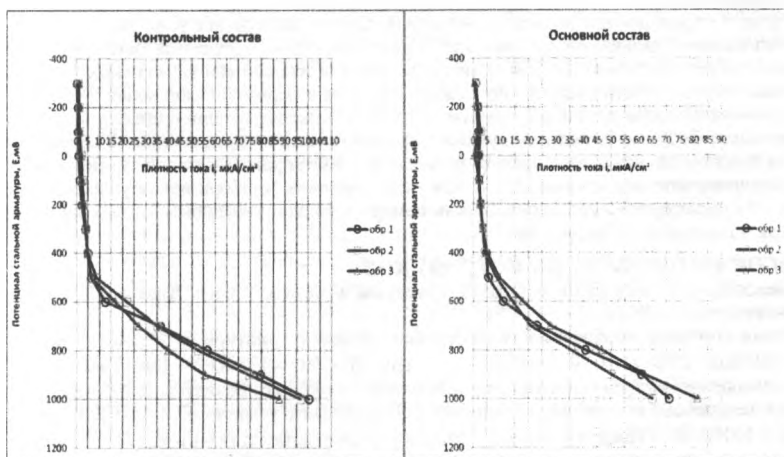


Рисунок 2 – Анодные поляризационные кривые для образцов, насыщаемых в коррозионной среде KCl

Последняя партия образцов насыщалась в более агрессивной среде с содержанием хлоридов 30000 мг/л. По истечении 10 циклов насыщения и высушивания были получены следующие результаты (таблица 4).

Таблица 4 – Показания плотности тока при 10 циклах

Наименование объекта испытаний	Фактическое значение показателя для образцов			
	Частное			Результирующее
Определение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре в коррозионной среде NaCl. Плотность тока, мкА/см ² при потенциале плюс 300 мВ: после 10 циклов - контрольный - основной	18,2	17,4	18,0	17,9
	14,1	14,5	13,6	14,1
<i>Неустойчивое пассивное состояние (возможна слабая коррозия)</i>				
<i>Примечание: Содержание хлоридов в коррозионной среде в пересчете на хлор-ионы составляло 30000 мг/л</i>				

Также последняя партия образцов проверялась прибором, в основе работы которого лежит частотно-разностно-ферромагнитный метод определения коррозионного состояния. Измерения проводились как при 0 циклах, так и после 10 циклов насыщения и высушивания в растворе с содержанием хлор-ионов 30000 мг/л (таблица 5).

Таблица 5 – Показания прибора

Образцы	Показания прибора при 0 циклах, у. е.				Показания прибора при 10 циклах, у. е.			
	1	2	3	Результирующее	1	2	3	Результирующее
контрольный	77,3	73,7	76,5	75,8	98,0	84,3	98,2	93,5
основной	59,2	63,0	63,5	61,9	82,6	78,3	80,9	80,6

Как видно из полученных результатов, разница частот у контрольных образцов выше, чем у основных. Из этого следует что процесс коррозии в основных образцах с добавкой протекает медленнее, чем без нее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- использование химической добавки для бетонов позволило обеспечить бетон защитными свойствами по отношению к стальной арматуре в условиях воздействия агрессивных хлоридных сред (степень агрессивности умеренно-агрессивная ХА2) при содержании хлор-ионов 5000 мг/л;
- использование химической добавки для бетонов в более агрессивной среде при содержании хлор-ионов 30000 мг/л также показывает эффективность ее применения по сравнению с обычным бетоном, но возможна слабая коррозия. Это подтвердилось как при помощи метода снятия поляризационных кривых, так и при использовании прибора неразрушающего контроля, в основе которого лежит способность измерять разность ферромагнитных характеристик стали и продуктов ее коррозии.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев, С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне / С.Н. Алексеев. – Москва: Стройиздат, 1968. – 233 с.
2. Метод контроля коррозионного состояния стальной арматуры в бетоне и защитных свойств бетона: СТБ 1168-99 Бетоны. – Взамен СТ СЭВ 4421-83. – Введ. 2000.01.01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1999. – 23 с.
3. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия: ГОСТ 10178-85 – Взамен ГОСТ 10178-76. – Введ. 1987.01.01. – Москва: Издательство стандартов, 1985. – 7 с.
4. Песок для строительных работ. Технические условия: ГОСТ 8736-2014 – Взамен ГОСТ 8736-93. – Введ. 2017.04.01. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2016. – 10 с.
5. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия: ГОСТ 8267-93 – Введ. 1995.01.01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1995. – 15 с.
6. Вода для бетонов и растворов. Технические условия: СТБ 1114-98 – Взамен ГОСТ 23732-79. – Введ. 1999.01.01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1998. – 12 с.