

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций

**ВЛИЯНИЕ ВИДА ВЯЖУЩЕГО НА ЗАЩИТНЫЕ
СВОЙСТВА БЕТОНА ПО ОТНОШЕНИЮ
К СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторно-практического занятия по дисциплине
*«Научные основы технологии производства цементных бетонов и
изделий из них»* для студентов, обучающихся по направлению подготовки
08.04.01 «Строительство», направленность (профиль) «Инновационные
технологии высокопрочных и высокофункциональных бетонов»

Казань
2018

УДК 691
ББК 38.33
М80

М80 Влияние вида вяжущего на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре: Методические указания к выполнению лабораторно-практического занятия по дисциплине «Научные основы технологии производства цементных бетонов и изделий из них» для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 08.04.01 «Строительство», направленность (профиль) «Инновационные технологии высокопрочных и высокофункциональных бетонов» / Сост. Н.Н. Морозова. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018. – 14 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В методических указаниях приведены способы определения защитных свойств цементных бетонов по отношению к стальной арматуре. Описана методика определения рН среды и глубина карбонизации цементных бетонов.

Рецензент
Начальник лаборатории ООО «Казанский ДСК»
Э.В. Ерусланова

УДК 691
ББК 38.33

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2018
© Морозова Н.Н., 2018

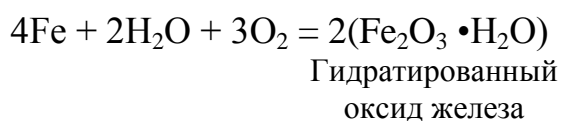
ВВЕДЕНИЕ

Термин «коррозия» происходит от латинского слова «corrodere», что означает «пожирать», «изглаживать». Наиболее известной формой коррозии является ржавление железа и стали. Аналогичные процессы протекают и с другими металлами, а также неметаллическими материалами, например пластмассами, бетоном и керамикой. Согласно определению термин «коррозия» означает процесс. Этот процесс заключается в физико-химической реакции между материалом и окружающей средой и приводит к изменениям в свойствах материала. Результатом является «коррозионный эффект», обычно вредный. Примерами вредных коррозионных эффектов являются порча материала, загрязнение окружающей среды продуктами коррозии и нарушения функций системы (например, тепловой электростанции), физико-химическими составными частями которой являются и материал, и окружающая среда.

Согласно ГОСТ 5272, коррозия – это самопроизвольное разрушение металлических материалов в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой.

1. Основные факторы, влияющие на защитную способность бетона и развитие коррозии арматуры

В соответствии с законами термодинамики железо склонно корродировать при определенных условиях окружающей его среды. Так, например, кислородная коррозия железа в воде происходит по реакции:



Коррозионный процесс протекает на границе двух фаз металл-окружающая среда, т.е. является гетерогенным процессом взаимодействия жидкой или газообразной среды (или их окислительных компонентов) с металлами.

Коррозия стали в бетоне является результатом электрохимического процесса, при котором на анодных участках железо переходит в раствор и превращается в ржавчину. Необходимые для этого процесса гидроксил-ионы образуются на катоде из кислорода и воды. Стальная арматура в плотном и некарбонизованном бетоне без трещин надежно защищена от коррозии. Это обусловлено высокой щелочностью рН поровой влаги, которая находится в пределах 12,5-13,5 в зависимости от вида и количества цемента, вида и количества добавок. Высокая щелочность бетона вызвана, как известно, процессами гидролиза и гидратации силикатных фаз цемента с образованием $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При наличии в цементе щелочных солей калия и натрия, они в процессе гидратации цемента превращаются в гидроксиды- KOH или NaOH , которые повышают рН среды бетона до 13,5. При столь высоком значении рН среды в присутствии кислорода на поверхности стали образуется микроскопически тонкий слой гидроксида двухвалентного железа, который предохраняет сталь от анодного растворения. При снижении рН среды ниже 12 *гидроксид двухвалентного железа переходит в гидроксид трехвалентного железа* по схеме:



При этом объем образующегося гидроксида более чем в 2 раза превышает сумму объемов исходных компонентов, что приводит к нарушению сцепления арматуры с бетоном. В результате несущая способность конструкций понижается.

Причина коррозии – термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде. Причиной снижения пассивации стали бетоном является его карбонизация. Карбонизационная коррозия бетона – это процесс взаимодействия бетона с углекислым газом сопровождается превращением гидроксида кальция цементного камня в карбонат кальция. Прочность бетона при этом существенно не изменяется. Несколько уменьшается пористость и проницаемость бетона. Сильно понижается щёлочность жидкой фазы бетона. От первоначального значения 12,5–13,1 величина рН понижается до 8–9, при этом бетон утрачивает пассивирующее действие на стальную арматуру. Одной из причин потери способности пассивации стали бетоном является его нейтрализация. Самым распространенным её видом является карбонизационная коррозия, состоящая в связывании $\text{Ca}(\text{OH})_2$, содержащимся в атмосфере углекислым газом.

Наибольшая скорость карбонизации бетона наблюдается при относительной влажности воздуха 50–60%, когда пленочной влаги в порах достаточно для осуществления реакции и в то же время микрокапиллярные поры не заполнены водой. При относительной влажности воздуха 25% карбонизация практически прекращается из-за недостатка влаги в бетоне. То же происходит при относительной влажности, близкой к 100%, когда в микропорах происходит капиллярная конденсация водяного пара и их диффузионная проницаемость снижается на несколько порядков. При температуре ниже 0°C, когда вода превращается в лед, карбонизация практически прекращается. С повышением температуры процесс карбонизации бетона ускоряется, что объясняется облегчением диффузии углекислоты.

Таким образом, на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре основное влияние оказывают:

- вид окружающей железобетонную конструкцию среды;
- плотность и толщина защитного слоя бетона;
- вид вяжущего;
- режим твердения бетона;
- добавки, вводимые в бетонную смесь;
- трещины в бетоне.

Ускоренное твердение бетона при тепловой, особенно при автоклавной обработке, способствует более полному связыванию $\text{Ca}(\text{OH})_2$, в гидросиликаты и некоторому уменьшению рН сред.

Цель работы. Определить степень защищенности арматуры бетоном различного состава (бетоны на разных видах вяжущих, с химическими добавками и без них и с разными условиями твердения)

Задачи

1. Определить рН водной вытяжки цементного камня исследуемого бетона.
2. Оценить глубину карбонизации исследуемого бетона.

2. Определение водородного показателя

Водородным показателем рН называют величину, характеризующую концентрацию водородных ионов и численно равную отрицательному десятичному логарифму этой концентрации. Концентрацию ионов H^+ выражают в грамм-ионах на литр (г-ион/л). При 25°C в случае нейтральности воды $C_{\text{H}^+} = C_{\text{OH}^-} = 1,004 \cdot 10^{-7}$ г-ион/л; $\text{pH} = -\lg C_{\text{H}^+} = -\lg 1,004 \cdot 10^{-7} = 7$. В общем виде рН и C_{H^+} образуют ряд.

Шкала рН среды

	Кислые среды							Щелочные среды						
	C_{H^+}	1	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}
рН	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	← Увеличение кислотности							Увеличение щелочности →						

Определение рН производят на специальных приборах, различных конструкций типа рН-673М, рН-150, рН-150МА и др. Диапазон измерения рН – от минус 1 до 14, температура анализируемой среды от минус 10 до плюс 100°C.

В данной работе рассматривается рН-метр-милливольтметр. В основу работы положен потенциометрический метод измерения рН контролируемого водного раствора. При измерении рН раствора используется электродная система, состоящая из измерительного и вспомогательного электродов (рис. 1).

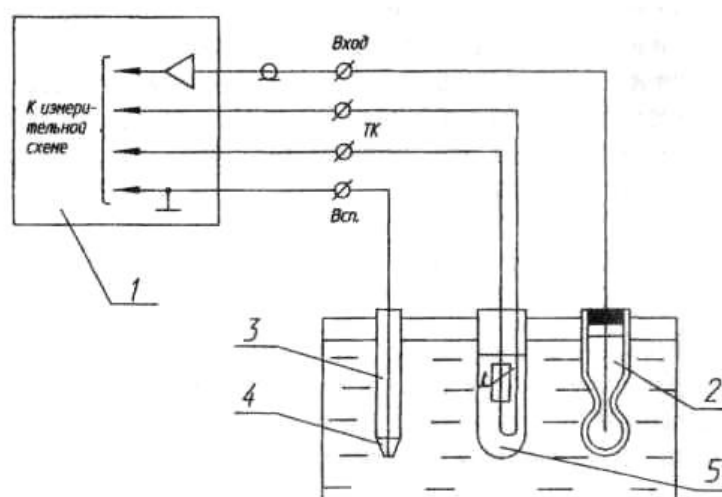


Рис. 1. Схема подключения электродной системы:

1 – преобразователь; 2 – измерительный электрод; 3 – вспомогательный электрод; 4 – электролитический ключ; 5 – датчик температуры (ТК)

В качестве измерительного электрода при измерении рН используется стеклянный электрод, а в качестве вспомогательного – хлорсеребряный электрод.

Контакт вспомогательного электрода с контролируемым раствором осуществляется с помощью электрического ключа. Раствор хлористого калия (KCl) непрерывно просачивается через электрический ключ и предотвращает проникновение из контролируемого раствора в систему вспомогательного электрода посторонних ионов, которые могли бы изменить величину потенциала электрода.

3. Подготовка прибора к работе

Убедившись в исправности шнура заземления корпуса прибора Hanna 213, включить блок сетевого питания рН-метра к сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В. Показания рН/мВ выводятся на экран одновременно с температурой. Снабжен функцией автоматической термокомпенсации, а также автоматической калибровкой канала рН по 2 из 5, записанным в память буферным раствором.



Рис. 2. Вид прибора рН 213 Hanna

Подготовка используемых электродов заключается в закреплении их в штативе с подключением разъема кабеля измерительного электрода к гнезду «ВХОД», а вспомогательного – к гнезду «ВСП» преобразователя.

Установить кнопкой ВЫБОР единицы измерения «рН». Тщательно промыть электроды путем многократного погружения их в дистиллированную воду и осушением фильтровальной бумагой. Затем необходимо проверить прибор по буферным растворам с показателями рН кислой и щелочной сред, а также с показателем рН близким к исследуемому раствору или суспензии, т.е. выполнить калибровку.

После проверки и тестирования прибора можно приступать к измерению рН исследуемых растворов. Подготовка исследуемых растворов заключается в их фильтровании.

4. Порядок выполнения работы

Работа выполняется бригадами по три–четыре человека. Каждая бригада проводит комплекс испытаний по оценке защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре. Комплекс включает определение следующих показателей:

- рН водной вытяжки одного из видов вяжущего, твердеющего в нормальных условиях и при тепловлажностной обработке;
- глубину карбонизации бетона в изломе (на сколе), изготовленного на одном из видов вяжущего.

5. Порядок измерения рН водной вытяжки

Измерение рН водной вытяжки для оценки влияния вида вяжущего на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре отбирают центральную (сердцевину) часть цементного камня из испытанных на

сжатие образцов. Результаты испытания на сжатие записывают в лабораторный журнал. Отобранную часть образцов измельчают в фарфоровой ступке до полного прохождения измельченного порошка через сито № 008. Далее в сухой стакан емкостью 150 мл отвешивается 10 г просеянного порошка цементного камня, и добавляют 100 мл дистиллированной воды. В этот же стакан опускается якорь магнитной мешалки. Стакан устанавливают на магнитную мешалку и включают магнитную мешалку, перемешивают суспензию в течение 2 мин., затем фильтруют и определяют показатель pH.

Навески порошка отвешивают на аналитических весах с точностью до третьего знака. Количество навесок не менее трех.

Результаты измерений вносят в лабораторный журнал и делают вывод о влиянии вида вяжущего на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре.

Таблица 2

Результаты измерений pH-среды

Вид вяжущего	pH-среды в течение							
	30 мин	1 ч	2 ч	3 ч	5 ч	6 ч	12 ч	24 ч

По окончании испытаний делается вывод о влиянии вида вяжущего на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре.

6. Определение глубины карбонизации бетона

Качественная оценка карбонизации бетона выполняется путем смачивания свежего его скола 1%-м спиртовым раствором фенолфталеина, который окрашивается в малиновый цвет при $pH > 7$. Глубину карбонизации определяют путем замера металлической линейкой или штангенциркулем окрашенную часть от поверхности образца.

7. Оборудование и материалы, необходимые для выполнения лабораторной работы

Оборудование:

- лабораторный прибор рН-метр в комплекте с электродом и термодатчиком HANNA рН 213;
- стеклянные стаканы объемом 100 и 150 мл;
- стеклянный мерный цилиндр на 100 мл и сито с сеткой № 008;
- магнитная мешалка с якорем;
- фильтровальная бумага и воронка;
- линейка металлическая или штангенциркуль Ш-250.

Материалы:

- дистиллированная вода;
- буферные растворы (приложение);
- образцы цементного камня на различных вяжущих и с разными условиями твердения и образцы бетона на аналогичных вяжущих.

Список использованной литературы

1. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.; 2002. – 335 с.
2. Пахомов В.С., Шевченко А.А. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии: учебное пособие для вузов. – М.: КолоС, – 2009. – 444 с.
3. ГОСТ 5272-68. Коррозия металлов. Термины (с измен. № 1, 2).
4. Васильев А.А. Опыт использования рН- и карбометрии при определении состояния длительно эксплуатируемых железобетонных конструкций / А.А. Васильев // Вестн. БГТУ. Строительство и архитектура. – 2003. – № 1. – С. 228 – 232.
5. Кудрявцев И.А., Беспалова М.В., Васильев А.А. Диагностика, эксплуатация и ремонт зданий и сооружений: пособие по спец. «Технический надзор». – Гомель: БелГУТ, 2003. – 228 с.
6. Кравцов В.В. Химическое сопротивление материалов и современные проблемы защиты от коррозии. – Уфа; 2004. – 232 с.
7. Алексеев С.Н., Иванов Ф.И., Модры С., Шисль П. Долговечность железобетона в агрессивных средах. – М.: Стройиздат, 1990. – 303 с.
8. Изотов В.С. Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре как функция структуры цементного композита // Известия КГАСУ. – 2006. № 1 (5). – С. 23–27.
9. ГОСТ 31384-2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования.
10. ГОСТ 31383-2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний.
11. ГОСТ 8.134-98 ГСИ. Шкала рН водных растворов.
12. Инструкция по эксплуатации. Лабораторный рН-метр рН 213.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Значения рН для эталонных буферных растворов (ГОСТ 8.134-98)

Температура, °С	Калий гидрофталат (0,05 моль/кг) $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$	Натрий моногидрофосфат (0,03043 моль/кг) + калий дигидрофосфат (0,008695 моль/кг) $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{KH}_2\text{PO}_4$	Натрий тетраборат (0,01 моль/кг) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10 \text{H}_2\text{O}$	Натрий гидрокарбонат (0,025 моль/кг) + натрий карбонат (0,025 моль/кг) $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$	Кальций гидроксид (насыщенный раствор при 20°С) Ca(OH)_2
10	3,997	7,472	9,332	10,179	12,965
15	3,998	7,448	9,276	10,118	12,780
20	4,001	7,429	9,225	10,062	12,602
25	4,005	7,413	9,180	10,012	12,431
30	4,011	7,400	9,139	9,966	12,267
35	4,018	7,389	9,102	9,926	12,049
37	4,022	7,386	9,088	9,910	11,959

Требования к защитному слою бетона железобетонных конструкций, эксплуатирующихся при воздействии углекислого газа воздуха и влаги [11]

Концентрация углекислого газа в воздухе, мг/м ³	Толщина защитного слоя, мм	Максимально допустимая величина коэффициента диффузии $D \cdot 10^4$ см ² /сек., углекислого газа в бетоне железобетонных конструкций с различными сроками эксплуатации, лет		
		20	50	100
До 600	10	1,14	0,45	0,23
	15	2,57	1,03	0,5
	20	4,57	1,83	0,7
600–2000	10	0,67	0,25	0,13
	15	1,4	0,56	0,28
	20	2,5	1,0	0,5

**ВЛИЯНИЕ ВИДА ВЯЖУЩЕГО НА ЗАЩИТНЫЕ
СВОЙСТВА БЕТОНА ПО ОТНОШЕНИЮ
К СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторно-практического занятия по дисциплине
*«Научные основы технологии производства цементных бетонов и
изделий из них»* для студентов, обучающихся по направлению подготовки
08.04.01 «Строительство», направленность (профиль) «Инновационные
технологии высокопрочных и высокофункциональных бетонов»

Составитель Морозова Н.Н.