
ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИИ И КЛИМАТА НА КОРРОЗИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АРМАТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Д.В. Голубев, А.В. Воронин, С.В. Рыков

Экологический Центр

Общество восстановления и охраны природы г. Москвы
Новинский бульвар, 28/35, Москва, Россия, 121069

На скорость коррозионных процессов оказывают влияние различные факторы, наиболее существенные из которых — экология и климат. Коррозия металлоконструкций, крыш и различных частей строительных объектов часто является причиной их обрушения, человеческих жертв и финансовых потерь. В данной статье приведен анализ причин коррозии арматуры, ведущих к уменьшению сечения металла. Также проведено исследование годовых скоростей коррозии некоторых конструкционных материалов, находящихся в контакте с различными производными автомобильных и промышленных выбросов. Даны рекомендации по определению скорости коррозии, мониторингу состояния стержней и предупреждению аварийных ситуаций.

Экологическая безопасность зданий и сооружений напрямую зависит от экологической обстановки района и климатических особенностей местности. При неблагоприятном воздействии окружающей среды (наличие в атмосфере агрессивных компонентов, колебания отрицательных и положительных температур, повышенная влажность, солнечная радиация, ветер, снег, льды, песок) конструкции дополнительно испытывают физические, химические и физико-химические воздействия, влияние которых на свойства железобетона может привести не только к снижению несущей способности, но и к аварийному состоянию зданий и сооружений [1]. С каждым годом наблюдается устойчивая тенденция к повышению агрессивности воздействия окружающей среды в результате повышения интенсификации производственных процессов, развития новых технологий, значительного увеличения единичных мощностей, перехода от закрытых вентилируемых отапливаемых зданий к открытым этажеркам, увеличения коэффициента застройки генпланов и т.д. Преждевременное разрушение здания и сооружений стало столь массовым явлением, что обследование их состояния превратилось в одну из форм деятельности специалистов в области строительства не только в нашей стране, но и за рубежом.

Коррозия, как правило, начинается с поверхности конструкции, и вызывается многочисленными процессами, в частности химическими и электрохимическими взаимодействиями с внешней средой. Коррозия часто приводит к утрате конструкционными материалами прочностных качеств, порче структуры и способности выполнять необходимые функции [2]. Агрессивные природные и технологические воздействия вызывают коррозионные повреждения бетона и арма-

туры. Все случаи повреждений железобетонных конструкций от агрессивных воздействий окружающей среды можно условно разделить на две группы:

- 1) повреждения от коррозии бетона, проявляющиеся в снижении прочности бетона вплоть до ее исчерпания, снижения деформативности;
- 2) повреждения от коррозии арматуры, проявляющиеся в потере ее сцепления с бетоном, дополнительном раскрытии трещин, уменьшении площади рабочего сечения.

В первом случае изменение температур в широком диапазоне пагубно влияет на железобетонные конструкции. Замораживания и оттаивания конструкции с трещинами, заполненными водой, приводит к разрушению защитного слоя бетона. Давление образовавшегося льда внутри бетона частично компенсируется соседними порами, поэтому разрушение, в первую очередь, происходит на поверхности, в углах и ребрах железобетонных конструкций. Основная причина разрушения бетона при циклическом замораживании и оттаивании — переход жидкости в твердое агрегатное состояние, что приводит к увеличению объема (до 9%) образующегося льда и возникновению растягивающих напряжений в цементном камне, уменьшению прочности [3]. Способность бетона сопротивляться разрушению при многократном замораживании и оттаивании в насыщенном водой состоянии объясняется присутствием в его структуре резервных пор, не заполненных водой, в которые и отжимается часть воды в процессе замораживания под действием давления растущих кристаллов льда. Разрушение бетона в насыщенном водой состоянии наступает после того, когда все резервные поры будут заполнены образовавшимся при замерзании льдом. При доступе влаги и осадков, содержащих агрессивные примеси от автомобильных и промышленных выбросов (CH_x , CO_x , NO_x , NH_x , SO_x и другие токсичные соединения), скорость коррозии увеличивается. Например, повышение содержания в атмосфере диоксида серы SO_2 от 0 до 0,01% увеличивает скорость коррозии в 100 раз [4].

Большое влияние на коррозионное состояние объектов АПК оказывает экологическая обстановка района. Сильно загрязненная атмосфера всегда более агрессивна. В зависимости от степени загрязнения различают сельскую, городскую, промышленную и морскую атмосферы. Скорость коррозии в указанных атмосферах зависит также от места эксплуатации изделий: на открытом воздухе (I), снаружи (II), внутри помещений (III). Учитывая влияние климатических поясов установочных категорий (I—III) и типов атмосфер существует качественная характеристика их агрессивности [3]. В таблице 1 представлена характеристика степени агрессивности атмосферы изделий в зависимости от места их эксплуатации.

Коррозия усиленно развивается при проникновении к поверхности арматуры ионов-активизаторов кислых газов, таких, как углеводород, серный ангидрид, сероводород, хлористый водород, хлор и т.п. Проникая в поры бетона, кислые газы растворяются в жидкой фазе и образуют кислоты, которые, вступая в химические реакции с соединениями цементного камня, нейтрализуют бетон. При этом проч-

ностные и деформативные свойства нейтрализованного бетона ухудшаются, утрачивается способность поддерживать стальную арматуру в пассивном состоянии, т.е. имеет место газовая коррозия. Прочность бетона может падать на 30%. Атмосферная коррозия оказывает также пагубное воздействие на арматурные конструкции. Она может быть сухой, влажной и мокрой. Процесс сухой атмосферной коррозии протекает при полном отсутствии влаги на поверхности металла. Механизм ее аналогичен химической коррозии и заключается в крайне медленном окислении металла с образованием на поверхности тончайшей оксидной пленки. Скорость сухой атмосферной коррозии невелика и через определенное время процесс разрушения практически прекращается. Если не принимать во внимание потерю отражательной способности и декоративных свойств, процесс сухой атмосферной коррозии не приводит к заметному разрушению металлических частей машин. Этот вид атмосферной коррозии наименее опасен.

Таблица 1

Характеристика степени агрессивности атмосферы

Климатический пояс	Установленная категория	Степень агрессивности по типам атмосфер			
		С	Г	П	М
Тропический сухой Холодный	I или II	2	3	4	3
	III	1	2	3	2
Умеренный Умеренный	I или II	3	4	5	4
	III	2	3	4	3
Тропический влажный	I или II	4	5	5	5
	III	3	4	5	4

Примечание: С — сельская, Г — городская, П — промышленная, М — морская.
1 — очень низкая агрессивность; 2 — незначительная; 3 — средняя;
4 — сильная; 5 — очень сильная.

Характерной особенностью влажной атмосферной коррозии является образование тонкой невидимой пленки влаги на корродирующей поверхности при относительной влажности атмосферного воздуха значительно менее 100%. Причиной ее образования являются процессы капиллярной адсорбционной или химической конденсации. При переходе от сухой атмосферной коррозии к влажной происходит смена механизма разрушения с химического на электрохимический. Мокрая атмосферная коррозия протекает в атмосфере с относительной влажностью воздуха около 100% (97...99%), когда изменяется конденсация влаги на поверхности металла с образованием видимой пленки воды-электролита, а также при непосредственном попадании электролита на металл (дождь, брызги морской и речной воды).

Некачественная сварка может служить причиной развития межкристаллической коррозии на границах зерен некоторых металлов, снижается их прочность [4].

Нами были проведены исследования некоторых конструкционных материалов, находящихся в контакте с производными автомобильных и промышленных выбросов. Образцы материалов находились в контейнерах, в которых поддерживалась постоянная температура. По истечении срока выдержки проводились замеры толщины образцов. В итоге была вычислена годовая скорость коррозии v . Результаты исследований приведены в табл. 2.

**Скорость коррозии конструкционных материалов,
находящихся в различных средах и температурных режимах.**

Наименование материала	Состав и концентрация, мас. %	Состояние	Температура t , °С	Скорость коррозии мм/год
1	2	3	4	5
Фреон 12				
Алюминий АЛ-9	—	Ж	50	0,005
	—	Г	50	0,002
Сталь 30Х3МФ	—	Ж	50	0,004
	—	Г	50	0,002
Латунь Л Мц С 58-2-2	—	Ж	50	0,004
	—	Г	50	0,002
Ацетилен				
Алюминий Д1	—	Г	15	0,0001
Сталь Ст 2	—	Г	15	0
Аммиачно-водные растворы				
Алюминий Д1	—	Г	15	0,002
Алюминий Д1	15—20	Ж	15	0,007
Сталь Ст 1, Ст 2	15—20	Ж	15	0,006
Сталь 40Г2	15—20	Ж	18	0,003
15Х	20	Ж	20	0,004
30Х3МФ	25	Ж	20	0,002
Сероводород				
Сталь Х12	—	Г	100	0,003
Метиловый спирт				
Алюминий Д16	10—50	Ж	25	0,0005
	80—100	Ж	25	0,0002
Сталь Ст3	60	Ж	25	0,0003
	—	Г	25	0,0007
Сталь Х12	50	Ж	25	0,001
Стали СТ 2, СТ 3	20	Ж	25	0,005
	10	Ж	25	0,001
Алюминий АЛ-1	—	Г	18	0
Х23Н28Н2Т	—	Г	18	0,006
Латунь Л Мц С 58-2-2	—	Г	20	0,02
Азотная кислота				
Алюминий Д1	80	Ж	12	0,002
Сталь 15Х	10	Ж	18	0,004
15Х	40—60	Ж	18	0,002
30Х3МФ	10	Ж	18	0
Серная кислота				
Стали				
30Х3МФ	20	Ж	20	0,006
Х23Н28Н2Т	15	Ж	25	0,004
0Х23Н28Н2Т	15	Ж	25	0,004
Уксусная кислота				
Стали 30Х3МФ, Х23Н28Н2Т	10—20	Ж	15	0,001
	80	Ж	18	0,007
Латунь Л Мц С 58-2-2	20	Ж	25	0,004
Соляная кислота				
Латунь Л Мц С 58-2-2	5	Ж	25	0,002
	10	Ж	25	0,003

Выводы.

1. Пояс умеренного климата, куда входит большинство регионов России, характерен резкими сезонными перепадами температур и влажности. Климатические факторы в отдельности представляют большую опасность для коррозионного состояния конструкций, чем экологическая обстановка, из-за скорого разрушения бетона и достижения содержащими кислотами жидкостей арматурных стержней. Экологические факторы слабо воздействуют на бетон, но сильно влияют на скорость ржавления арматуры. В совокупности климат и экология создают сильную степень агрессивности атмосферы (см. табл. 1), что приводит к высокой скорости корродирования металлоконструкций.

2. Наибольшую опасность представляет влажная атмосферная коррозия, т.к. величина критического влагосодержания соответствует именно ей (65—70%). Кроме того, электрохимический механизм разрушения в 4—5 раз увеличивает скорость коррозионных процессов из-за появления в стержнях статических токов и внутреннего напряжения.

3. Так как атмосфера города и промзон содержит множество агрессивных выбросов, скорость коррозии материала вычисляется как сумма скоростей коррозии этого материала, находящегося во взаимодействии с несколькими наиболее агрессивными компонентами, то есть $v_{\text{год}} = v_1 + v_2 + \dots + v_n$.

4. Постоянный мониторинг состояния, своевременный контроль и замена подверженных коррозионному разрушению частей конструкций должны являться неотъемлемой частью эксплуатации любого объекта во избежании крупных экономических затрат на его восстановление и человеческих жертв. Оптимальным средством контроля коррозии арматурных стержней могут служить коррозионные купоны — тонкие металлические пластинки, сделанные из того же конструкционного материала, что и сама арматура. Поломка купонов определенной толщины и подача сигнала об этом на контрольный пункт своевременно укажет на наличие коррозии арматурных стержней и даст сигнал об их замене (встроенная система коррозионного мониторинга) — арматурный стержень должен быть немедленно заменен.

5. Покраска стержней и сварных швов существенно защитит поверхность металла и замедлит скорость коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Анцыгин О.И.* Мониторинг железобетонных конструкций с коррозионными повреждениями при реконструкции. — Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2003.
- [2] *Котляревский В.А., Макарова Л.Л.* Опасности коррозии конструкций в контакте с агрессивными средами / Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Кн. 5. — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001. — С. 274—282.
- [3] *Розенфельд И.Л.* Атмосферная коррозия металлов. — М.: Химия, 1988.
- [4] *Котляревский В.А., Ларионов В.И., Суцев С.П.* Энциклопедия безопасности. Строительство. Промышленность. Экология. — М.: Наука, 2005. — Т. 1.

INFLUENCE TO ECOLOGIES AND CLIMATE ON CORROSIVECONDITION OF THE METALLIC CONSTRUCTIONS

D.V. Golubev, A.V. Voronin, S.V. Rykov

Ecological center

Society of rehabilitation and nature protection of Moscow

Novinsky Boulevard, 28/35, Moscow, Russia, 121069

There are different factors that influence corrosive processes, main of them are climate and ecology. Corrosion of the metallic constructions, roofs and different parts of construction projects often leads to their collapse, human victims and material losses. This article gives the analysis of corrosion causes, leading to reduction of metal's section. It also includes the research of annual corrosive speeds of some constructional materials being in contact with different substances that are usually part of motor—car or industrial emission. Given recommendations on the evaluation of corrosive speed, monitoring of rods' condition and preventing emergency situations.