

Горбач Павел Сергеевич,
к.т.н., зав. кафедрой ПГС, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: gorbachps@mail.ru

Пилипенко Александр Николаевич,
студент гр. СТ-22, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: pgs@mail.ru

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Gorbach P.S., Pilipenko A.N.

INDUSTRIAL SAFETY OF CHEMICAL PRODUCTION FACILITIES

Аннотация. В статье рассмотрены основные проблемы, возникшие при эксплуатации железобетонных конструкций эстакад, эксплуатируемых в условиях производства аммиачной селитры.

Ключевые слова: промышленная безопасность, безопасная эксплуатация, обследование строительных конструкций.

Abstract. The article discusses defects and damages that have occurred in metal farms due to the influence of an aggressive environment. A method of strengthening metal structures without dismantling by introducing temporary fasteners is proposed.

Keywords: industrial safety, safe operation, inspection of building structures.

Разрушение бетона и цементного камня может быть вызвано внешними физическими факторами, такими как насыщение водой, циклы замораживания-оттаивания, а также чередование увлажнения и высыхания. Кроме того, разрушение происходит в результате химических реакций между составляющими бетона и цемента с агрессивными веществами из окружающей среды. Следовательно, устойчивость цементного камня к химическому воздействию напрямую зависит от скорости и глубины коррозионных процессов, спровоцированных воздействием агрессивных газов и жидкостей на его компоненты, в первую очередь на гидроксид кальция и трехкальциевый алюминат.

Исследования, проведенные выдающимися советскими учеными, такими как А. А. Байков, В. В. Киндом, В. Н. Юнг, С. Д. Окороков, В. М. Москвин, позволили глубоко понять механизмы коррозии цементного камня и разработать методы противодействия ей. В. М. Москвин классифицировал коррозионные процессы, протекающие в цементном камне, на три основные категории.

Первый тип коррозии представляет собой разрушение цементного камня вследствие растворения и последующего вымывания его отдельных компонентов (так называемая коррозия выщелачивания). При контакте с водой цементный камень сначала подвергается растворению и вымыванию свободного гидроксида кальция, который образуется при гидролизе трехкальцевого и двухкальцевого силикатов. Содержание этого соединения в цементном камне достигает 10-15% уже через 1-3 месяца после затвердевания, а его растворимость при обычных температурах составляет около 1,3 г/л.

Второй тип коррозии возникает при взаимодействии цементного камня с агрессивными веществами, которые, вступая в реакцию с его составными частями, формируют либо легкорастворимые соли, легко вымываемые водой, либо аморфные массы, лишенные связующих свойств. К этому типу относятся кислотная коррозия, магниезиальная коррозия, а также разрушение под воздействием некоторых органических веществ.

Третий тип коррозии охватывает процессы, при которых компоненты цементного камня, реагируя с агрессивной средой, образуют соединения, объем которых превышает объем исходных продуктов реакции. Это приводит к возникновению внутренних напряжений в структуре бетона и его последующему растрескиванию.

Для оценки степени износа и несущей способности, возможности дальнейшей безопасной эксплуатации конструкций эстакад, подвергающихся химической коррозии, было проведено инструментальное обследование последних [1-3].

Эстакада выполнена полностью из железобетонных конструкций. Фундаменты – монолитные железобетонные стаканного типа глубиной заложения 3 м. Опоры – железобетонные рамной конструкции, сечение ветвей 250×250 мм, сечение перемычек 250×300 (h) мм, расстояние между осями ветвей опор 3 м. Пролетные строения – железобетонные раскосные фермы пролетом 12 м, сечение нижнего пояса 200×150 (h) мм, сечение верхнего пояса 200×200 мм, сечение раскосов 200×100 (h) мм. Траверсы – железобетонные прямоугольного сплошного сечения 200×200 мм, длиной 4 и 5 м. Вертикальные связи – железобетонные, составного крестового сечения, из двух элементов треугольной формы, сечение распорок 200×200 мм, сечение раскосов 200×150 (h) мм. Горизонтальные связи и распорки – железобетонные треугольного сечения 150×150 мм. Проходной мостик – железобетонный ребристый шириной 600 мм, высотой 200 мм.



а)



б)

Рисунок 1 – Сколы защитного слоя бетона с оголением и коррозией продольной арматуры опор

В процессе проведения обследования были выявлены следующие характерные для большинства железобетонных конструкций дефекты – трещины шириной раскрытия до 3 мм в защитном слое бетона, сколы защитного слоя бетона с оголением и коррозией продольной и поперечной арматуры (рисунки 1-3).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2 – Сколы защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры



а)



б)

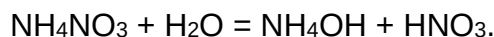
Рисунок 3 – Повреждения защитного слоя бетона

Глубина разрушения защитного слоя бетона железобетонных конструкций обследуемой эстакады варьируется от 5 до 100% сечения элементов (наиболее

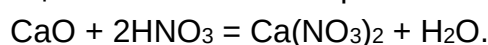
подвержены разрушению конструкции возле установки по производству аммиачной селитры).

При этом на самих конструкциях попадаются участки с неповрежденным защитным слоем, именно на таких участках проводились измерения прочности бетона методами неразрушающего контроля.

Основная причина возникновения дефектов – попадание аммиачной селитры на поверхность бетона. При увлажнении атмосферными осадками это приводит к гидролизу селитры с образованием раствора азотной кислоты по следующей схеме:



Далее азотная кислота вступает в реакцию с оксидом кальция, который является составной частью цементного камня. Протекает следующая реакция:



Таким образом, постепенно происходит деструкция цементного камня и его химическое разрушение (химическая коррозия), при этом соль $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ легко вымывается водой. Поскольку и аммиачная селитра, и соль имеют $\text{pH} < 7$ (кислые), а среда влажная, происходит коррозия арматуры.

Вышеуказанные дефекты являются следствием изначально неверного выбора материала конструкций эстакады, а именно железобетона. Следует отметить, что расположенные в районе производства селитры эстакады из стальных несущих конструкций не подвержены столь сильному поражению, так как селитра к стали нейтральна. О чем косвенно свидетельствуют не поврежденные арматурные каркасы в элементах с полным разрушением бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российская Федерация. Законы. ГОСТ 31937-2024. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния" (введен в действие Приказом Росстандарта от 10.04.2024 N 433-ст).

2. Российская Федерация. Законы. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений" (принят Постановлением Госстроя РФ от 21.08.2003 N 153).

3. Российская Федерация. Законы. СП 28.13330.2017. Свод правил. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85"(утв. Приказом Минстроя России от 27.02.2017 N 127/пр) (ред. от 08.05.2024).