

Коррозионные воздействия на железобетонные конструкции перевалочного комплекса нефтепродуктов

Н.А. Пачина¹, С.Е. Никитин², Н.А. Одинцов³

¹⁻³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург,
Политехническая ул., 29

Информация о статье обзор

Аннотация

Одной из важнейших проблем современности является воздействие агрессивных сред на железобетонные конструкции. Данные воздействия могут служить источником разрушающих последствий. Целью данной статьи является обзор причин агрессивного воздействия на элементы причального сооружения, вызванные средой эксплуатации и технологическими факторами. Путем рассмотрения агрессивных воздействий на элементы конструкции, изучения требований действующих нормативных документов к защите строительных конструкций, ознакомления с классическим представлением о коррозии установлено, что действующие нормы не позволяют прогнозировать или задавать срок службы строительных конструкций в зависимости от условия работы. Был произведен расчет, и определены признаки коррозии железобетонной конструкции в разные периоды времени. Спрогнозировано состояние железобетонных элементов после длительного воздействия агрессивной среды. Произведен расчет потери прочности поверхностного слоя бетона. Определена глубина нейтрализации бетона при воздействии агрессивной среды. Сделаны выводы о возможности использования параметров коррозии для определения срока службы железобетонных конструкций.

Ключевые слова: Бетон, железобетон, коррозия, долговечность, агрессивность, причальные сооружения

Содержание

1.	Введение	24
2.	Методы	24
3.	Результаты и обсуждение	28
4.	Заключение	29

Контактный автор:

1. +7(918)6627187, sasha.pa4in@yandex.ru (Пачина Наталья Александровна, магистрант)
2. +79213448236, nse85@mail.ru (Никитин Станислав Евгеньевич, к.т.н., доц.)
3. +79218800632, Olga19940519@mail.ru (Одинцов Никита Андреевич, студент)

1. Введение

В Российской Федерация обладает обширными морскими побережьями, на которых располагается большое количество портов. Строительные конструкции причальных сооружений подвергаются различным воздействиям внешней среды, которые могут влиять на долговечность данных сооружений [1,2].



Рисунок 1. Поврежденные мостовые конструкции [3]

Такие воздействия могут представлять собой как агрессивное воздействие окружающей среды, так и перерабатываемых грузов. Данные факторы могут приводить к возникновению и протеканию на причальных сооружениях коррозионных процессов, которые влияют на срок службы и надежность конструкции. [4,5,6]

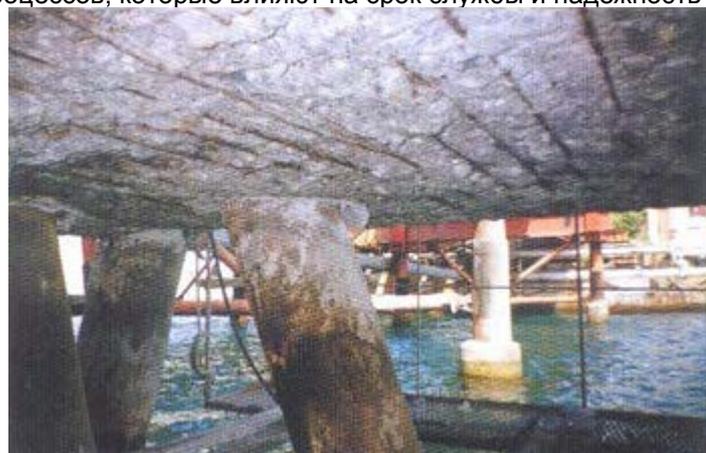


Рисунок 2. Нижняя поверхность причала, подвергшегося коррозии [7]

Следовательно, исключение или сведение к минимуму коррозионных процессов необходимо для:

- повышения срока службы;
- обеспечения безаварийной эксплуатации;
- уменьшение потерь металла и бетона;
- устранения загрязнения окружающей среды продуктами коррозии и т.д.

Исходя из вышеперечисленного, становится понятно, что обеспечение проектного срока службы строительных конструкций при воздействии агрессивной среды является одной из основных задач строительной отрасли, поэтому данная тема актуальна и на сегодняшний день [8,9,10].

2. Методы

2.1. Воздействия и их признаки

Рассмотрим частный случай воздействия агрессивных сред на наливной причал. Покрытие причала – сборное железобетонное, бетон класса В25.

СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85» [11] описывает методы определения долговечности при агрессивных воздействиях сред в общих случаях. Для частного случая, в котором рассматривается причальное сооружение, агрессивные воздействия можно оценить по РД 31.35.01-80 «Рекомендации по антикоррозионной защите морских портовых сооружений, предназначенных для перегрузки химических грузов». [12] Рекомендуемые данным нормативным документов уровни воздействия на конструкции представлены в таблице 1.

На конструкции причала оказывают влияние следующие воздействия:

1. Перегружаемые химические вещества (при кратковременном воздействии – авария, утечка, перегрузка и т.д.):
 - 1) Серная кислота. (H_2SO_4) относится к классу сильных минеральных кислот. Серная кислота смешивается с водой в любом соотношении, гигроскопична, активно реагирует с щелочами. По отношению к бетону и железобетону серная кислота любой концентрации сильноагрессивна.
 - 2) Фенол. Неограниченно растворим в воде, а его водные растворы характеризуются кислой реакцией. Фенол обладает средней агрессивностью по отношению к бетону и железобетону. Особенно опасным является длительное воздействие фенола и его водных растворов на конструктивные элементы из бетона и железобетона.
 - 3) Дихлорэтан. В воде практически нерастворим, но способен взаимодействовать с водой с выделением соляной кислоты. Может вызывать разрушение бетона только при длительном контакте с ним. Дихлорэтан следует считать слабоагрессивным по отношению к бетону и железобетону.

В дальнейшем при расчетах будет учитываться воздействие серной кислоты, так как среда сильноагрессивная по отношению к железобетону.

2. Воздействие морской воды.

Степень агрессивного воздействия зависит от химического состава морской воды и концентрации в ней различных веществ. На причал может оказываться воздействие:

- мало агрессивных сред - с небольшим содержанием солей;
- достаточно агрессивных сред - кислот, щелочей и т.д.

Интенсивность коррозии будет зависеть от того, где располагаются элементы конструкции по отношению к агрессивной среде. При постоянном воздействии морской воды с содержанием вышеперечисленных веществ будет происходить постепенное растворение бетона, из-за проникновения их в капилляры бетона, а при воздействии на арматуру процесс коррозии ускорится.

Следовательно, необходимо обеспечить устойчивость железобетонной конструкции к морскому воздействию.



Рисунок 3. Последствия коррозии оголовка причала[13]

3. Замораживание и оттаивание.

При изготовлении конструкций причала раствор необходимо изготавливать с различными добавками, повышающими морозостойкость бетона в солевых средах. Согласно исследованиям Н.К.Розенталя [14], при использовании воздухововлекающих и пластифицирующих добавок снижение прочностных свойств бетона, работающих в водонасыщенном состоянии условиях попеременного замораживания-оттаивания не отмечено. При применении данных добавок в проектных решениях, данное воздействие не рассматривается при расчетах.

2.2. Представление о коррозии

Классическая классификация коррозионных воздействий на строительные конструкции представлена в работе В.М. Москвина [15,16,17]. Агрессивное воздействие на бетонные конструкции предлагается разделять на следующие виды:

Коррозия I вида. К коррозии данного вида относится коррозия бетона при воздействии вод, вследствие чего происходит выщелачивания извести, так как это наиболее растворимый компонент цементного камня на основе портландцемента в воде.

Коррозия II вида. К данной коррозии относятся процессы, которые возникают при воздействии вод, когда происходят обменные реакции веществ окружающей среды (солей, кислот) с частями цементного камня.

Коррозия III вида. При коррозии данного вида в порах и капиллярах бетона происходит накопление веществ, которые впоследствии кристаллизуются, что влечет за собой большое увеличение объема твердых фаз, что сначала приводит к повышению прочности и уплотнению бетона, но затем к его разрушению, так как возникают значительные внутренние напряжения.

В ходе исследования была рассмотрена монография Ш.М. Рахимбаева [18]. В ней авторы предлагают формулу, с помощью которой в некоторых случаях можно выразить глубину коррозии бетона с целью прогнозирования стойкости бетона в агрессивной среде:

$$l = A + \sqrt{k\tau} \quad (2)$$

где A – параметр, характеризующий скорость коррозии бетона в начальный период воздействия среды;

k – константа скорости коррозионного процесса;

τ – время воздействия среды.

Но в данной формуле имеется недостаток, который заключается в том, что не раскрывается физико-химическая сущность параметра A , и потому неясно, от каких характеристик среды и бетона зависит его значение. Исходя из этого, рассматриваются работы [19,20], в которых предлагается исследовать скорость коррозии цементных систем в кислых средах с помощью метода, который основан на определении скорости гетерогенных химических реакций. Были сделаны выводы, что коррозия цементного бетона в растворах сильных кислот (соляной, серной, азотной) в течение первых 50 суток находится под кинетическим контролем, далее от 50 до 100 суток – под смешанным кинетическим и диффузионным контролем, а затем от 100 до 180 суток – под диффузионным контролем. Было показано, что экспериментальные данные по кинетике коррозии цементных систем в соляной и серной кислотах аппроксимируются в координатах прямолинейной зависимости: количество прокорродированной массы цемента – корень квадратный из времени коррозии. Несмотря на большую теоретическую значимость работы, результаты затруднительно применить в инженерной практике ввиду отсутствия методики прогнозирования глубины коррозии материалов в зависимости от агрессивности среды эксплуатации.

На рисунке 4 приведены экспериментальные данные по влиянию концентрации соляной кислоты на кинетику нейтрализации гидроксида кальция в цементном камне.

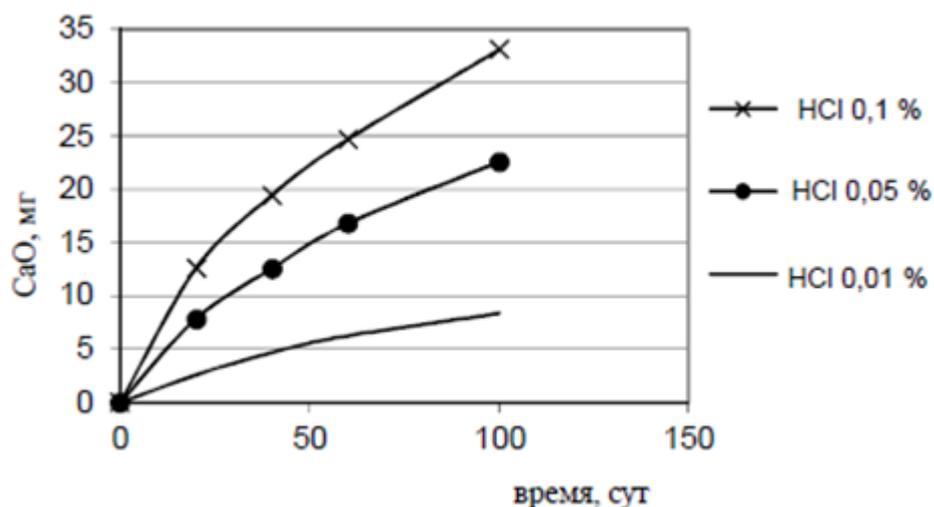


Рисунок 4. Зависимость скорости коррозии цементного камня от концентрации соляной кислоты [18]

На рисунке 5 построен график начальной скорости.

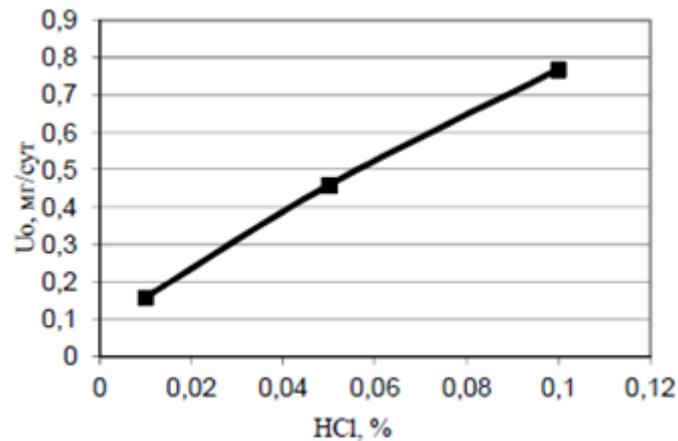


Рисунок 5. Начальная скорость коррозии цементного камня [18]

При дальнейшем исследовании монографии было замечено, что степень коррозионного повреждения можно рассчитать через любой заданный промежуток времени. Результаты расчета и степень отклонения от экспериментальных данных приведены в таблице 2 и на рисунке 6.

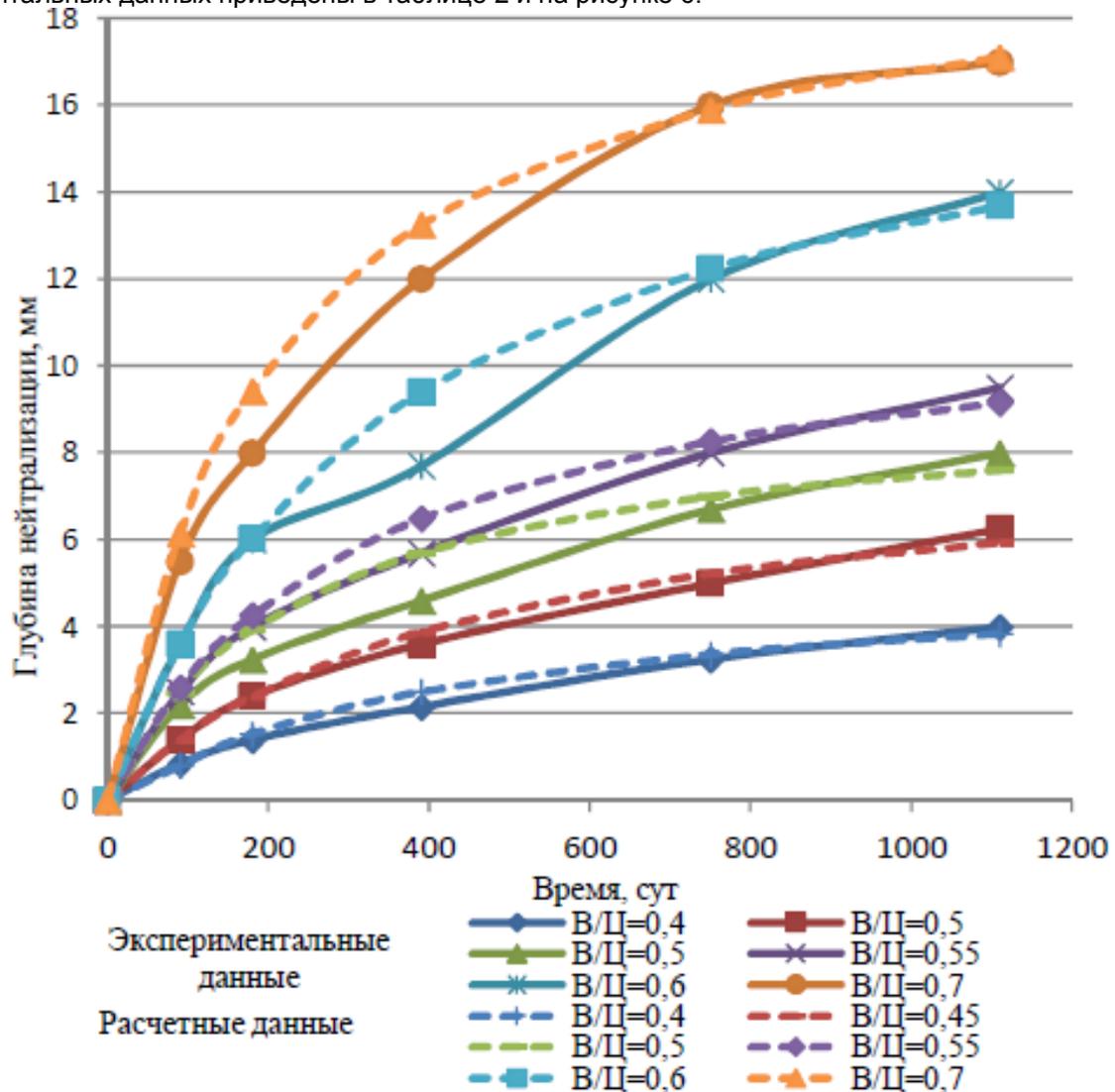


Рисунок 6. Экспериментальные и прогнозируемые показатели кинетики карбонизации бетона с различным В/Ц [18]

Численные значения прогнозируемой глубины нейтрализации бетона в отдаленные сроки (через 1140 сут) приведены в таблице 2.

Таблица 4 – Глубина карбонизации бетона (мм) в зависимости от В/Ц через 1140 сут.

В/Ц					
0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7
Экспериментальные данные					
4,0	6,2	8,0	9,5	14,0	17,0
Расчетные данные					
3,8	5,94	7,61	9,15	13,69	17,11

В ходе выполнения обзора найдены и рассмотрены исследовательские работы, результаты, с помощью которых определяется высокий уровень развития по влиянию коррозии на бетон и арматуру [21-40].

3. Результаты и обсуждение

Руководствуясь тем, что при расчетах учитывается воздействие серной кислоты, спрогнозируем признаки коррозии материала конструкций после 1 года их эксплуатации в сильноагрессивной среде для причального сооружения.

Таблица 1 - Признаки коррозии после 1 года их эксплуатации в агрессивной среде

Степень воздействия химических грузов	Бетон	Железобетон	Сталь	
	Снижение прочности, %	Внешние признаки разрушения	Толщина корродированного слоя, мм	Потеря металла, г/м ²
Неагрессивная	0	-	0	0
Слабоагрессивная	Менее 5	Слабое поверхностное разрушение(шелушение)	Менее 0,1	Менее 780
Среднеагрессивная	5-20	Повреждение углов или волосные трещины	0,1-0,6	780-4700
Сильноагрессивная	Более 20	Ярко выраженное разрушение (растрескивание)	Более 0,6	Более 4700

Следовательно, признаки коррозии материала конструкций после 1 года их эксплуатации в сильноагрессивной среде будут следующими:

- снижение прочности бетона, % - более 20;
- внешние признаки разрушения - ярко выраженное разрушение (растрескивание);
- толщина прокорродированного слоя стали, мм - Более 0,6;
- потеря металла, г/м² - Более 4700.

Используя данные о коррозии материала конструкций после 1 года их эксплуатации в агрессивной среде, произведен расчет и спрогнозировано состояние железобетонных элементов на 10, 20, 30, 40, 50 лет эксплуатации при агрессивном воздействии химических веществ.

Признаки коррозии стали, толщина прокорродированного слоя и потеря металла рассчитаны и сформированы в таблице 2.

Таблица 2 – Признаки коррозии стали при агрессивном воздействии химических веществ

Период	Внешние признаки разрушения железобетона	Толщина корродированного слоя стали, мм	Потеря металла, г/м ²
10 лет		> 6	> 47000
20 лет		> 12	> 94000
30 лет	Ярко выраженное разрушение при обследовании конструкций	> 18	> 141000
40 лет		> 24	> 188000
50 лет		> 30	> 235000

Также произведен расчет потери прочности поверхностного слоя бетона. Так как за год снижение прочности происходит на 20 %, то остаточная прочность – 80%. Исходя из этого, остаточная доля прочности за 10, 20, 30, 40, 50 лет была рассчитана и сведена в таблицу 3.

На основании уравнения (1), представленного в труде А.И. Попеско [41], произведен расчет глубины проникания в тело бетона серной кислоты (H_2SO_4), то есть его нейтрализации за 10, 20, 30, 40, 50 лет.

$$L(\tau) = K \cdot \tau^{0,5} \quad (1)$$

где L – глубина нейтрализации;

τ – время действия агрессивной среды;

K – параметр для определения глубины нейтрализации бетона.

Плиты причала являются сборными железобетонными из бетона В25, следовательно, нормативная прочность $R_b = 18,5$ МПа. Концентрация раствора перегружаемой серной кислоты – 10%. Рассчитанные значения глубины нейтрализации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Признаки коррозии бетона при агрессивном воздействии химических веществ

Период	Внешние признаки разрушения железобетона	Остаточная доля прочности, %	Глубина нейтрализации, мм
10 лет		$0,8^{10}=10,74$	1,05
20 лет		$0,8^{20}=1,15$	1,48
30 лет	Ярко выраженное разрушение при обследовании конструкций	$0,8^{30}=0,12$	1,82
40 лет		$0,8^{40}=0,013$	2,10
50 лет		$0,8^{50}=0,0014$	2,35

4. Заключение

Согласно выполненному обзору действующие нормы не позволяют прогнозировать или задавать срок службы строительных конструкций в зависимости от условия работы.

Произведены расчеты и определены следующие признаки коррозии конструкции за 10, 20, 30, 40, 50 лет:

- толщина корродированного слоя стали – более 30 мм (при максимальном периоде эксплуатации – 50 лет);
- потеря металла (сталь) – более 235000 г/м² (при максимальном периоде эксплуатации – 50 лет);
- остаточная доля прочности бетона – 0,0014% (при максимальном периоде эксплуатации – 50 лет);
- глубина нейтрализации бетона – 2,35 мм (при максимальном периоде эксплуатации – 50 лет).

Рассмотренная в работе методика может быть применена для расчета сборных железобетонных плит в аналогичных условиях эксплуатации:

- сильноагрессивная среда;
- бетон – В25;
- концентрация раствора воздействующего вещества.

Это позволит учесть разрушающее воздействие агрессивных сред, которым подвергаются железобетонные конструкции.

Литература

References

- [1]. Алексеев, С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне / С.Н. Алексеев. – М.: Стройиздат, 1968. – 228 с.
- [2]. Долговечность железобетона в агрессивных средах: Совм. изд. СССР - ЧССР – ФРГ / С. Н. Алексеев [и др.]. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
- [3]. ООО «Спецхимзащита» Промышленный сервис зданий, сооружений и инженерных систем. http://shzvolgograd.ru/catalog/vosstanovlenie_i_usilenie_betonnyih_i/
- [4]. Пухонто, Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений. Монография / Л.М.Пухонто –М.:изд-во АСВ, 2004. – 424 с.
- [5]. Пухонто, Л. М. Деграционная модель износа железобетонных конструкций инженерных сооружений при малоцикловых нагрузках и коррозионных воздействиях: теоретические основы строительства / Л. М. Пухонто // Сборник научных трудов московского гос. строит. ун-та и Варшавского политех. ин-та. – М., 1996. – С. 33-42.
- [6]. Пухонто, Л. М. Применение деграционных моделей для оценки долговечности железобетонных конструкций инженерных емкостных сооружений / Л. М. Пухонто // Материалы международной конференции МКДЗК'99 Долговечность и защита конструкций от коррозии. Строительство, реконструкция, 25-27 мая 1999, г. Москва. – М., 1999. – С. 98-104.
- [7]. Инженерно-производственный центр ИнтерАква, Система ремонта и усиления строительных конструкций. <http://www.interaqua.biz/publikacii/sistema-remonta-i-usileniia-stroitelnykh-konstrukcii>
- [8]. Овчинников И.Г., Инамов Р.Р., Гарибов Р.Б. Прочность и долговечность железобетонных конструкций в условиях сульфатной агрессии (монография). Изд-во СГУ. Саратов, 2001.163 с.
- [9]. Овчинников И.Г., Раткин В.В., Гарибов Р.Б. Работоспособность сталежелезобетонных элементов конструкций в условиях воздействия хлоридсодержащих сред (монография). Изд-во СГУ. Саратов, 2002.155 с.
- [10]. Мигунов В.Н., Овчинников И.Г. Длительные экспериментальные исследования влияния продольных трещин в защитном слое бетона на изменение долговечности, кратковременной жесткости и прочности внецентренно сжатых с малым эксцентриситетом строительных обычных железобетонных элементов//Известия вузов. Строительство. 2010. №2, с.125 – 130.
- [11]. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.
- [12]. РД 31.35.01-80. Рекомендации по антикоррозионной защите морских портовых сооружений, предназначенных для перегрузки химических грузов [Электронный ресурс]. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294817/4294817442.htm> (дата обращения: 14.09.2017).
- [13]. Костин И.В., Ионов А.Ю. Краткий анализ основных причин разрушения причальных сооружений из бетона и железобетона [Электронный ресурс]. URL: <http://en.ahau.findplus.cn/?h=articles&db=edselr&an=edselr.23175316> (дата обращения: 20.09.2017).
- [14]. Rosental NK, Stepanova VF, Chekhny GV. Concretes of high corrosion resistance and rationing of their
- [1]. Alekseev, SN Corrosion and protection of reinforcement in concrete / S.N. Alekseev. - Moscow: Stroyizdat, 1968. - 228 p.
- [2]. Durability of reinforced concrete in corrosive environments: Joint. ed. USSR - Czechoslovakia - FRG / SN Alekseev [and others]. - Moscow: Stroiizdat, 1990. - 320 p.
- [3]. LLC "Speckhimzashchita" Industrial service of buildings, structures and engineering systems. http://shzvolgograd.ru/catalog/vosstanovlenie_i_usilenie_betonnyih_i/
- [4]. Puhonto, L.M. Durability of reinforced concrete structures of engineering structures. Monograph / LM Pukhonto-M.: Publishing House of the DIA, 2004. - 424 p.
- [5]. Pukhonto, LM Degradation model of wear of reinforced concrete structures of engineering structures under low-cycle loads and corrosive effects: theoretical foundations of construction / LM Pukhonto // Collection of scientific works of the Moscow state. builds. University and Warsaw Polytech. Institute. - M., 1996. - P. 33-42.
- [6]. Pukhonto, LM Application of degradation models for the evaluation of the durability of reinforced concrete structures of engineering facilities / LM Pukhonto // Materials of the international conference of ICDD'99 Durability and protection of structures from corrosion. Construction, reconstruction, May 25-27, 1999, Moscow. - M., 1999. - P. 98-104.
- [7]. Engineering and production center InterAqua, System for repair and reinforcement of building structures. <http://www.interaqua.biz/publikacii/sistema-remonta-i-usileniia-stroitelnykh-konstrukcii>
- [8]. Ovchinnikov IG, Inamov RR, Garibov RB Strength and durability of reinforced concrete structures under conditions of sulphate aggression (monograph). Izd-vo SSU. Saratov, 2001.163 p.
- [9]. Ovchinnikov IG, Ratkin VV, Garibov R.B. Efficiency of reinforced concrete structural elements under conditions of exposure to chloride-containing media (monograph). Izd-vo SSU. Saratov, 2002.155 p.
- [10]. Migunov V.N., Ovchinnikov I.G. Long-term experimental studies of the effect of longitudinal cracks in the protective layer of concrete on the change in the durability, short-term stiffness and strength of eccentricity-building construction of ordinary reinforced concrete elements eccentrically compressed with low eccentricity // Izvestiya Vuzov. Building. 2010. № 2, p.125 - 130.
- [11]. SP 28.13330.2017. Protection of building structures against corrosion. Updated version of SNiP 2.03.11-85.
- [12]. RD 31.35.01-80. Recommendations on the anticorrosion protection of sea port facilities intended for the transfer of chemical cargoes [Electronic resource]. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294817/4294817442.htm> (reference date: September 14, 2017).
- [13]. Kostin IV, Ionov A.Yu. Brief analysis of the main causes of destruction of mooring structures from concrete and reinforced concrete [Electronic resource]. URL: <http://en.ahau.findplus.cn/?h=articles&db=edselr&an=edselr.23175316> (reference date: 20/09/2017).
- [14]. Rosental NK, Stepanova VF, Chekhny GV. Concretes of high corrosion resistance and rationing of their

- [14]. Розенталь Н.К., Степанова В.Ф., Чехний Г.В.. Бетоны высокой коррозионной стойкости и нормирование их характеристик. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.stroyamat21.ru/pdf/2017_03/14-19.pdf
- [15]. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. Под общ. ред. Москвина В.М. - М.: Стройиздат, 1980. – 536 с., ил.
- [16]. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М.Москвин [и др.] ; под общ. ред. В. М.Москвина. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с., ил.
- [17]. Москвин, В. М. Коррозия бетона в кислых средах и методы ее исследования / В. М. Москвин, Т. В. Рубецкая, Г. В. Любарская // Бетон и железобетон. – 1971. – № 10. – С. 17-19.
- [18]. Рахимбаев Ш.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущего и заполнителей [Текст] : монография. Белгород : Изд-во БГТУ, 2015. – 320с., ил.
- [19]. Исследования в области защиты бетона и железобетона от коррозии в агрессивных средах//Сб. тр. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1984.– 72 с.
- [20]. Любарская, Г.В. Коррозия бетона в кислых агрессивных средах/Г.В. Любарская//Коррозионная стойкость бетона и стальной арматуры.– М.:НИИЖБ,1974.– С.168-170.
- [21]. Овчинникова Т.С., Маринин А.Н., Овчинников И.Г. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/06KO514.pdf>.
- [22]. Степанова В.Ф. Долговечность бетона: Учебное пособие для вузов - М., 2014 г.- 6 п.л.
- [23]. Maaddawy T.E., Analytical model of to predict nonlinear flexural behavior of corroded reinforced concrete beams [Текст] / Т.Е. Maaddwy, k. Solodki, T. Topper // ACI Structural Journal. – 2005. – Vol. 102. № 4. – P. 550 – 559.
- [24]. Mangat, P.S. Flexural strength of concrete beams with corroding reinforcement [Текст] / P.S. Mangat, M.S. Elgarf // ACI Structural Journal. – 1999. – Vol. 96. № 1. – P. 149 – 159.
- [25]. Schlune, H. Bond of Corroded Reinforcement, Master`s thesis / H. Schlune. — Geteborg, Sweden, 2006 [Milovanov, A. F. Reinforced concrete heat resistant structures / A. F. Milovanov. — M.: ASV, 2005.]
- [26]. Horrignoe, G. Residual Strength of Deteriorated and Retrofitted Concrete Structure: A Numerical Approach / G. Horrignoe, B. Sand // Narvik, Norway, 2004
- [27]. Rabczuk T., Belytschko T. Application of particle methods to static fracture of reinforced concrete structures // International Journal of Fracture. – 2006. – № 137. – P. 19–49.
- [28]. Schlune H. Bond of Corroded Reinforcement. Analytical description of the bond-slip response. Chalmers University of Technology. Master`s thesis 2006:107. – Göteborg, Sweden.: 2006. – 85 p.
- [29]. Coronelli, D. Structural assessment of corroded reinforced concrete beams: modeling guidelines / D. Coronelli, P. Gambarova // Journal of structural engineering, ASCE. – 2004. – Vol. 130, № 8. – P. 1214-1224.
- characteristics. [Electronic resource]. Systems. Requirements: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.stroyamat21.ru/pdf/2017_03/14-19.pdf
- [15]. Moskvin VM, Ivanov FM, Alekseev SN, Guzeev E.A. Corrosion of concrete and reinforced concrete, methods of their protection. Under the Society. Ed. Moskvina V.M. - Moscow: Stroyizdat, 1980. - 536 p., Ill.
- [16]. Corrosion of concrete and reinforced concrete, methods for their protection / VM Moskvin [et al.]; under the Society. Ed. V.M. Moskvina. - Moscow: Stroiizdat, 1980. - 536 p., Ill.
- [17]. Moskvin, VM Corrosion of concrete in acidic media and methods for its study / VM Moskvin, TV Rubetskaya, GV Lyubarskaya // Concrete and reinforced concrete. - 1971. - No. 10. - P. 17-19.
- [18]. Rakhimbaev Sh.M. Increase of corrosion resistance of concrete by rational choice of binder and fillers [Text]: monograph. Belgorod: Publishing house of BSTU, 2015. - 320s., Ill.
- [19]. Investigations in the field of concrete and reinforced concrete protection against corrosion in corrosive environments // Sb. tr. NIIZhB. - Moscow: Stroyizdat, 1984.- 72 pp.
- [20]. Lyubarskaya, G.V. Corrosion of concrete in acid corrosive media / G.V. Lubarskaya // Corrosion Resistance of Concrete and Steel Reinforcement.- M.: NIIZHB, 1974.- P.168-170.
- [21]. Ovchinnikova TS, Marinin AN, Ovchinnikov IG. Corrosion and anticorrosive protection of reinforced concrete bridge structures. [Electronic resource]. Systems. Requirements: AdobeAcrobatReader. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/06KO514.pdf>.
- [22]. Stepanova V.F. Durability of concrete: Textbook for high schools - M., 2014-6 pp.
- [23]. Maaddawy T.E., Analytical model of to predict nonlinear flexural behavior of corroded reinforced concrete beams [Текст] / T.E. Maaddwy, k. Solodki, T. Topper // ACI Structural Journal. – 2005. – Vol. 102. № 4. – P. 550 – 559.
- [24]. Mangat, P.S. Flexural strength of concrete beams with corroding reinforcement [Текст] / P.S. Mangat, M.S. Elgarf // ACI Structural Journal. – 1999. – Vol. 96. № 1. – P. 149 – 159.
- [25]. Schlune, H. Bond of Corroded Reinforcement, Master`s thesis / H. Schlune. — Geteborg, Sweden, 2006 [Milovanov, A. F. Reinforced concrete heat resistant structures / A. F. Milovanov. — M.: ASV, 2005.]
- [26]. Horrignoe, G. Residual Strength of Deteriorated and Retrofitted Concrete Structure: A Numerical Approach / G. Horrignoe, B. Sand // Narvik, Norway, 2004
- [27]. Rabczuk T., Belytschko T. Application of particle methods to static fracture of reinforced concrete structures // International Journal of Fracture. – 2006. – № 137. – P. 19–49.
- [28]. Schlune H. Bond of Corroded Reinforcement. Analytical description of the bond-slip response. Chalmers University of Technology. Master`s thesis 2006:107. – Göteborg, Sweden.: 2006. – 85 p.
- [29]. Coronelli, D. Structural assessment of corroded reinforced concrete beams: modeling guidelines / D. Coronelli, P. Gambarova // Journal of structural engineering, ASCE. – 2004. – Vol. 130, № 8. – P. 1214-1224.
- [30]. Belytschko, T. Application of particle methods to static fracture of reinforced concrete structures / T. Rabczuk,

- [30]. Belytschko, T. Application of particle methods to static fracture of reinforced concrete structures / T. Rabczuk, T. Belytschko // International Journal of Fracture. – 2006. – № 137. – P. 19 – 49.
- [31]. Aguiar J. B., Camoes A., Moreira P.M. Performance of concrete in aggressive environment/ International Journal of Concrete Structures and Materials. Vol. 2, №1, pp. 21-25, June 2008
- [32]. Horrigmoe, G. Residual Strength of Deteriorated and Retrofitted Concrete Structure: A Numerical Approach / G. Horrigmoe, B. Sand // Narvik, Norway, 2004.
- [33]. Бенин А.В., Семенов А.С., Семенов С.Г., Мельников Б.Е. Математическое моделирование процесса разрушения сцепления арматуры с бетоном. Часть 1. Модели с учетом несплошности соединений // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5 (40). С. 86-99.
- [34]. Ватин Н.И., Барабанщиков Ю.Г., Комаринский М.В., Смирнов С.И. Модификация литой бетонной смеси воздухововлекающей добавкой // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 4 (56). С. 3-10.
- [35]. Ватин, Н.И., Рыбаков, В.А. Новые технические решения для легких металлических конструкций / Н.И. Ватин // Журнал для профессионалов «СтройПРОФИль». 2008. № 4(66). – С. 48-50
- [36]. Гарибов Р.Б., Овчинников И.И. Моделирование влияния хлоридсодержащих сред на железобетонные мостовые конструкции [Текст] / Р.Б.Гарибов, И.И.Овчинников // Вестник Саратовского Государственного технического университета. – 2014.Т.4. №1(77).С. 14-20.
- [37]. Сембаев Б.М., Грушевский К.Е. Влияние агрессивных сред на железобетонные конструкции [Текст] / Б.М.Сембаев, К.Е.Грушевский // IX Международная научно-практическая конференция в 2 частях: сб.статей. – Пенза, 2017. – С. 50-52.
- [38]. Belov. V.V., Nikitin. S.E. Durability of Reinforced Concrete Elements in Aggressive Environment // Proceedings of the Twenty-third (2013) International Offshore and Polar Engineering. Anchorage, Alaska, USA, June 30 – July 5, 2013. – Vol. 4. – P. 142-147.
- [39]. Никитин С.Е. Белов В.В. Прогнозирование срока службы железобетонных конструкций транспортных сооружений // Наукоедение. №5 (24) 2014. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/05KO514.pdf> (дата обращения 20.09.2017)
- [40]. Nikitin S., Stepanov A., Podzhunas A., Ioskevich A. Durability Estimation of RC Concrete Elements in Aggressive Environment, ESaT 2015 Conference proceedings, International Conference on Engineering Sciences and Technologies, Tatranská Štrba, High Tatras Mountains, Slovak Republic, 27 - 29 May 2015.
- [41]. Попеско, А. И. Работоспособность железобетонных конструкций, подверженных коррозии / А. И. Попеско; С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т. - СПб. : СПбГАСУ, 1996. - 181 с. : ил.; 21 см.; ISBN 5-230-09216-5 : Б.ц.
- T. Belytschko // International Journal of Fracture. – 2006. – № 137. – P. 19 – 49.
- [31]. Aguiar J. B., Camoes A., Moreira P.M. Performance of concrete in aggressive environment/ International Journal of Concrete Structures and Materials. Vol. 2, №1, pp. 21-25, June 2008
- [32]. Horrigmoe, G. Residual Strength of Deteriorated and Retrofitted Concrete Structure: A Numerical Approach / G. Horrigmoe, B. Sand // Narvik, Norway, 2004.
- [33]. Benin AV, Semenov AS, Semenov SG, Melnikov B.E. Mathematical modeling of the process of destruction of the adhesion of reinforcement to concrete. Part 1. Models taking into account the discontinuity of joints // Engineering and construction journal. 2013. No. 5 (40). Pp. 86-99.
- [34]. Vatin N.I., Barabanshchikov Yu.G., Komarinsky M.V., Smirnov S.I. Modification of the cast concrete mixture with an air-entraining admixture // Engineering and construction magazine. 2015. № 4 (56). Pp. 3-10.
- [35]. Vatin, NI, Rybakov, V.A. New technical solutions for light metal structures / N.I. Batting // Magazine for professionals "StroyProfile". 2008. № 4 (66). - P. 48-50
- [36]. Garibov RB, Ovchinnikov I.I. Modeling the influence of chloride-containing media on reinforced concrete bridge structures [Text] / R.B. Garibov, II Ovchinnikov // Bulletin of the Saratov State Technical University. - 2014. T.4. No. 1 (77). 14-20.
- [37]. Sembaev BM, Grushevsky K.E. Influence of Aggressive Media on Reinforced Concrete Structures [Text] / B.M.Sembaev, K.E.Grushevsky // IX International Scientific and Practical Conference in 2 parts: collection of articles. - Penza, 2017. - P. 50-52.
- [38]. Belov. V.V., Nikitin. S.E. Durability of Reinforced Concrete Elements in the Aggressive Environment // Proceedings of the Twenty-third (2013) International Offshore and Polar Engineering. Anchorage, Alaska, USA, June 30 - July 5, 2013. - Vol. 4. - P. 142-147.
- [39]. Nikitin S.E. Belov V.V. Forecasting the service life of reinforced concrete structures of transport facilities // Naukovedenie. №5 (24) 2014. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/05KO514.pdf> (reference date is September 20, 2017)
- [40]. Nikitin S., Stepanov A., Podzhunas A., Ioskevich A. Durability Estimation of RC Concrete Elements in the Aggressive Environment, ESaT 2015 Conference proceedings, International Conference on Engineering Sciences and Technologies, Tatranská Štrba, High Tatras Mountains, Slovak Republic, 27 - 29 May 2015.
- [41]. Popesko, AI. Performance of reinforced concrete structures subject to corrosion / AI Popesko; S.-Petersburg. state. architects.-Builds. un-t. - St. Petersburg. : SPbGASU, 1996. - 181 p. : yl; 21 cm; ISBN 5-230-09216-5: B.C.].

Пачина, Н.А., Никитин, С.Е. Коррозионные воздействия на железобетонные конструкции перевалочного комплекса нефтепродуктов // Alfabuild. 2019. № 4(11). С. 23-33.

Pachina, N.A., Nikitin, S.E., Odintsov, N.A. N5 Corrosion effects on ferroconcrete constructions of a transshipment complex of petroleum products. Alfabuild. 2019. 4(11). Pp. 23-33. (rus)

Corrosion effects on ferroconcrete constructions of a transshipment complex of petroleum products

N.A. Pachina¹, S.E. Nikitin², N.A. Odintsov³

¹⁻³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

Abstract

One of the most important problems now is the effect of aggressive environment on reinforced concrete structures. These effects can be a cause of future damaging effects. The purpose of this article is to review the reasons of the aggressive impact on the elements of the mooring structure, caused by the operating environment and technological factors. By reviewing the aggressive effects on structural elements, and by studying the requirements of current regulatory documents for the protection of building structures, and by familiarizing with the classical concept of corrosion, it was established that the existing standards do not allow predicting or setting the service life of building structures depending on the working conditions. A calculation was made, and signs of corrosion of the reinforced concrete structure were determined for different periods of time. The condition of reinforced concrete elements is predicted after prolonged exposure to aggressive environment. The calculation of the loss of strength of the surface layer of concrete. Determined the depth of neutralization of concrete when exposed to an aggressive environment. Conclusions about the possibility of using corrosion parameters to determine the service life of reinforced concrete structures.

Keywords:

Concrete, reinforced concrete, corrosion, durability, aggression, berthing facilities

¹ Corresponding author

1. +7(918)6627187, sasha.pa4in@yandex.ru (Pachina Natalia, graduate student)
2. +79213448236, nse85@mail.ru (Nikitin Stanislav, Candidate Eng.Sc., Associate prof.)
3. +79218800632, Olga19940519@mail.ru (Odintsov Nikita, undergraduate)