

УДК 620.193:627(26)

Л.С. Дидур

**КОРРОЗИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ
КАК СУЩЕСТВЕННЫЙ ФАКТОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПОРТОВЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА "БОЛЬВЕРК"**

В процессе эксплуатации портовые гидротехнические сооружения подвергаются различным негативным воздействиям. Наиболее опасной для них является коррозия металла, приносящая значительный материальный ущерб. В статье рассмотрена проблема возникновения коррозии металла, рассмотрены факторы, способствующие коррозии, одновременное воздействие которых снижает предел выносливости металла и ускоряет процесс разрушения конструкции причала.

Ключевые слова: портовые причальные сооружения, техническая эксплуатация, морская среда, коррозия металлов, металлический шпунт.

У процесі експлуатації портів гідротехнічні споруди піддаються різному негативному впливу. Найбільш небезпечною для них є корозія металу, що приносить значний матеріальний збиток. У статті розглянуто проблему виникнення корозії металу, розглянуто чинники, що сприяють корозії, одночасний вплив яких знижує межу витривалості металу і прискорює процес руйнування конструкції причалу.

Ключові слова: портів причальні споруди, технічна експлуатація, морське середовище, корозія металів, металевий шпунт.

In the process of operation the port hydrotechnical facilities are exposed to various negative influences. The corrosion of metal is the most dangerous one, it results in considerable material losses. The article deals with the problem of metal corrosion origin, the factors contribute to corrosion, their simultaneous effect on lowering the endurance limit of the metal and accelerating the process of structural failure of pier are considered.

Keywords: port berthing facilities, technical maintenance, marine environment, corrosion of metals, metal tongue.

Украина обладает самым мощным портовым потенциалом среди всех стран Черного моря. На побережье Черного и Азовского морей находится 18 морских торговых портов и 12 портопунктов. В свою очередь, гидротехнические сооружения, являются элементом системы обеспечения безопасности нахождения судов в порту. Однако, как известно, морские гидротехнические сооружения непрерывно подвергаются действию агрессивной морской среды. Она, в свою очередь, способствует коррозии металла – материала большинства гидротехнических сооружений, что очевидно, снижает уровень безопасности в порту.

© Дидур Л.С., 2014

Общая длина причального фронта морских портов Украины составляет порядка 43 км, в том числе: Дунайского региона – 6,7 км, Черноморского – около 21 км, Азовского – 4,7 км. В конструктивном исполнении около 34,5 % причальных сооружений представлены типом "больверк", в основном, из металлического шпунта (данные по 13 основным портам).

Для многих сооружений, в т.ч. причальных сооружений типа "больверк", техническое состояние определяется скоростью разрушения конструкций вследствие морской коррозии. Металлоконструкции гидротехнических сооружений с точки зрения коррозии работают в крайне тяжелых условиях, подвергаясь постоянному воздействию электрохимических, химических и биологических факторов, часто в сочетании с механическим воздействием водотока в виде динамического действия текущей воды, истирания наносами и др.

Таким образом, актуальным является рассмотрение основных факторов, способствующих коррозии металла.

Морской среде всегда уделялось большое внимание, причем, не только морской воде, но и воздуху над ней, в котором содержатся хлориды водяной пыли, они, в свою очередь определяют ее главную особенность – высокую соленость. На рисунке 1 показаны зоны, охватываемые общим термином "морская среда", и скорость коррозии стали в них. В прибрежной части суши окружающая среда также считается "морской". Наиболее важной зоной является само море, так как именно химический состав морской воды представляет собой причину коррозии.

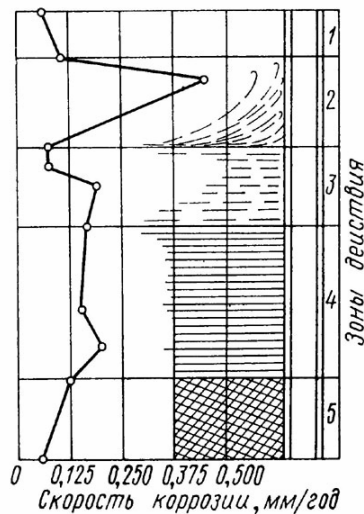


Рис. 1. Зоны действия морской среды:
1 – атмосфера; 2 – прилив (зона брызг); 3 – отлив;
4 – морская коррозия; 5 – грунт

Морская коррозия – это особый вид коррозии материала под действием морской воды. Морская вода имеет высокую электропроводность за счет содержания легкодиссоциируемых солей и кислорода, а наличие в морской воде биологических веществ, способствует ускорению процессов коррозии. Таким образом, косвенный ущерб от коррозии может быть довольно значительным и выражаться в снижении надежности сооружений, повышении расходов на ремонт, увеличении времени простоя из-за отказов, затрат на устранение последствий аварий и т.д.

По мнению ученых Ю.Р. Эванса, Г.В. Акимова, А.В. Рябченкова, Н.Д. Томашева механизм разрушения от коррозии представляется в следующем виде: процесс начинается с поверхности металла и при дальнейшем развитии распространяется вглубь, при этом происходит изменение состава металла и его свойств. Разрушение обычно сопровождается изменением внешнего вида поверхности металла и отличается следующими характерными особенностями: на металле заметны разрушенные участки в виде неправильных углублений, точек, язв, пятен, трещин и т.д.; в результате взаимодействия со средой металл превращается в химические соединения – продукты коррозии, которые частично пристаю́т к поверхности металла.

Одним из главных способов классификации коррозии, который позволяет наиболее полно охарактеризовать действия, протекающие при взаимодействии материалов и коррозионных сред, является классификация по механизму коррозионного процесса. По этому методу классификации коррозию принято делить на следующие виды: химическая и электрохимическая.

Химическая коррозия металлов – это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают одновременно. Продукты коррозии при этом процессе возникают непосредственно на корродирующих участках.

Электрохимическая коррозия – это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой (раствором электролита, которым является морская вода, электропроводность может достигать $3 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$).

Разрушительное действие коррозии проявляется по-разному. В одних случаях наблюдается равномерное изнашивание металла, вызывающие уменьшение сечения элементов конструкций, в других случаях имеют место местное разрушение в виде питтинга, язв и коррозионного растрескивания, при которых основная часть поверхности металла или сплава может оставаться неповрежденной.

Характер коррозионных разрушений сталей, эксплуатирующихся в морских условиях, показан в таблице 1.

Таблиця 1

Коррозионные разрушения сталей

Вид и тип коррозионных разрушений	Схематический вид разрушений	Условия возникновения и характеристика разрушений
1	2	3
Сплошная равномерная коррозия		Коррозия металла в активном состоянии. Коррозия незащищенной стали. Коррозия с одинаковой по всей площади толщиной прокорродировавшего слоя, равномерной окраской продуктов коррозии.
Сплошная неравномерная коррозия		Коррозия металла в активном состоянии. Коррозия незащищенной стали. Коррозия с неодинаковой по всей площади толщиной прокорродировавшего слоя, равномерной окраской продуктов коррозии.
Местная коррозия. Коррозия пятнами		Коррозия металла в активном состоянии. Коррозия стали при разрушении лакокрасочного покрытия. Площадь коррозионных разрушений значительно превосходит их глубину.
Местная коррозия. Коррозия язвами		Коррозия металла в активном состоянии. Коррозия стали в зоне отдельных разрушений покрытия. Площадь разрушений соизмерима с их глубиной.
Местная коррозия. Точечная (питтинговая) коррозия		Коррозия металла в пассивном состоянии или при изоляции пористым покрытием. Площадь коррозионных разрушений значительно меньше их глубины
Структурно-избирательная или компонентно-избирательная коррозия. Межкристаллитная коррозия		Избирательное разрушение металла по границам зерен, при котором резко падает его прочность с отсутствием внешних признаков разрушения.
Структурно-избирательная или компонентно-избирательная коррозия.		Корродирует один из компонентов сплава, поверхность при этом обогащается компонентом с более благородным потенциалом

Борьба с коррозией не является узконаправленной проблемой. Ее следует рассматривать в тесной связи с конструированием и эксплуатацией, а также заранее предусмотреть возможность удобного и легкого доступа для ремонта и замены деталей и проведения антикоррозионных мероприятий.

При проектировании металлических свайных оснований, для оценки предполагаемого срока службы требуется учитывать многие факторы, в том числе скорость коррозии, износ и воздействие механических нагрузок.

Конструкция причального сооружения типа больверк из металлического шпунта (рис. 2), как показал опыт его применения в морских портах, имеет значительное преимущество перед другими типами конструкций при организации и производстве работ, а кроме того – незначительную трудоемкость, не нуждается в дорогостоящих каменных постелях, создает сравнительно небольшое вертикальное давление на основание, и поэтому может применяться на любых грунтах, допускающих погружение шпунта.

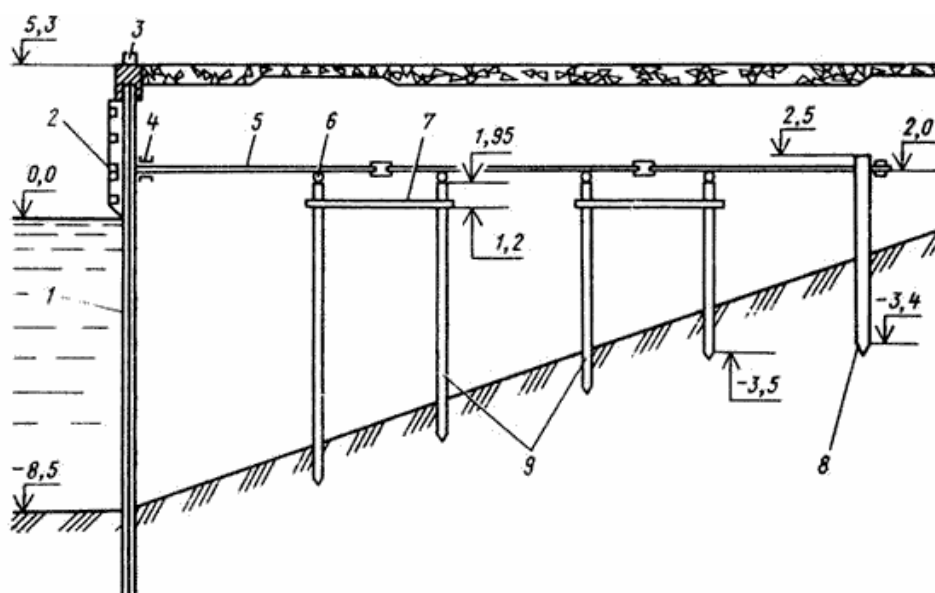


Рис. 2. Причал типа больверк из металлического шпунта

- 1 – стенка из шпунта; 2 – отбойное устройство;
3 – колесоотбойный брус; 4 – анкерный пояс; 5 – анкерная тяга;
6, 7 – деревянные насадки и схватки; 8, 9 – железобетонные сваи

Причальные сооружения одновременно подвергаются воздействию большого количества техногенных факторов и факторов внешней среды с переменной интенсивностью. С коррозионной точки зрения эти сооружения можно разбить на три части.

Нижня часть (подводная зона) этих конструкций постоянно находится под водой, в данной зоне существенно увеличивается скорость коррозии под воздействием биокоррозии и под действием блуждающих токов. Наличие живых организмов или растений может значительно ускорить процесс коррозии в этой зоне.

Средняя часть (зона переменного смачивания) – обычно эта зона возвышается над уровнем воды на 0,4-1,0 метра. В связи с облегченным доступом кислорода к поверхности металла и ухудшением условий для возникновения и сохранения защитных пленок на нем, при периодическом смачивании и коррозионным воздействием брызг морской воды образуются микрокристаллы солей. Дополнительное отрицательное воздействие оказывает солнце, лучи которого нагревают металл, ускоряя коррозионный процесс в условиях усиленной аэрации. Колебания, которые возникают в этой зоне, увеличивают коррозию из-за комбинированного влияния воды и атмосферы. Эти колебания могут быть почасовыми, суточными и сезонными. И, наконец, верхняя часть конструкции (зона брызг) – область подверженная волнам или разбрызгиванию, которые могут привести к исключительно высокой коррозии, особенно в морской воде.

Для эффективности противокоррозионной системы необходимо сделать анализ причин, факторов и видов коррозии, так как, не зная их, трудно определить возможные места ее возникновения, вероятность которого зависит от конкретных конструктивных решений, условий и химического состава окружающей среды данной конструкции.

Выделим основные факторы, влияющие на скорость коррозии в морской воде. Их можно разделить на внешние и внутренние.

К *внешним факторам* можно отнести:

– влияние состава воды. Состав воды в значительной степени влияет на скорость коррозии, так как соленые и кислые водные растворы – агрессивные среды для стали. Основными факторами в составе воды являются природа и количество растворенных твердых веществ (от этого зависит электропроводность), значение pH, жесткость воды, содержание двуокиси углерода и кислорода и наличие органических веществ.

– влияние условий эксплуатации. Условия эксплуатации связаны с целым рядом факторов: температура воды, скорость потока воды, особенности конструкции и блуждающие токи.

Температура воды влияет на скорость коррозии несколькими путями. Во-первых, скорость коррозии, как и всех химических реакций, увеличивается при повышении температуры. Во-вторых, более важно влияние температуры на природу и растворимость продуктов коррозии.

Скорость потока воды не менее важна. Поток доставляет кислород к корродирующей поверхности и может уносить с нее продукты коррозии, накапливание которых могло бы замедлить дальнейшую коррозию. Обильное снабжение кислородом катодных участков активизирует коррозию.

Необходимо учитывать и особенности конструкции. Острые углы в направлении потока могут стать причиной сильного локального поражения из-за ударной коррозии.

К внутренним факторам, оказывающим существенное влияние на скорость коррозии металлов и сплавов, относятся:

– влияние состава металла. Все конструкционные материалы на основе железа в естественных водных средах при полном погружении корродируют практически с одинаковыми скоростями. Для заметного повышения коррозионной стойкости стали в водных средах обычно необходимо ввести более 3 % легирующих добавок, например хрома.

– влияние состояния поверхности стали при погружении в воду имеет очень большое значение. Это объясняется тем, что многие естественные водные среды являются хорошими электролитами, и в случае их постоянного контакта со сталью возникают достаточно благоприятные условия для электролитной коррозии. Например, наличие на поверхности вторичной окислы намного опаснее при погружении в морскую воду, чем при экспозиции на воздухе, так как гальваническая пара, образованная окислом и чистой сталью, более активна в первом случае и может привести к быстрому питтингообразованию.

– коррозия сварных соединений. Интенсивное питтингообразование может происходить в местах сварки. Использование для сварки электродов из более благородных металлов позволяет решить эту проблему.

– механический фактор также относится к внутренним и влияет на скорость электрохимической коррозии очень сильно. Так как под воздействием напряжений разрушаются защитные оксидные пленки, то их отсутствия снижает термодинамическую устойчивость металла. Распространенными условиями эксплуатации металлоконструкций являются одновременное воздействие на металл механических напряжений и коррозионной среды. Напряжения могут быть внешние (нагрузки, приложенные извне) и внутренние (результат деформаций и др.), постоянные и переменные, кавитационные воздействия либо истирающие.

Как правило, в основе борьбы с коррозией лежат технико-экономические соображения. По этой причине вопросы, связанные с коррозией, не могут решаться только инженерами и проектировщиками. Необходимо привлекать и других специалистов, в первую очередь экономистов, и рассматривать возникающие проблемы в связи со всем комплексом факторов (которые были перечислены выше).

Проектирование должно подразумевать не просто выбор прочных материалов и стойких покрытий, а ставить своей целью, совместить во едино самые различные способы, которые смогут удержать коррозию на приемлемом, с экономической точки зрения, уровне. Путем рационального и компромиссного сочетания различных факторов и требований можно довольно просто спроектировать антикоррозионную систему причальных сооружений.

В связи с интенсивным освоением ресурсов океана для морских сооружений разрабатываются все новые и новые коррозионно-стойкие материалы. Эти разработки необходимо постоянно держать в поле зрения. Однако основные методы борьбы с коррозией в целом остаются неизменными, и именно их удачное применение позволяет успешно решать возникающие проблемы, как с технической, так и с экономической точки зрения.

В заключение можно сделать вывод о том, что в сложном комплексе сооружений и устройств морского порта – причальные сооружения имеют особое значение. Долговечность этих сооружений определяется качеством проектирования и характером воздействия среды, в которых они эксплуатируются. Эти эксплуатационные свойства во многом зависят от интенсивности развития процессов коррозии металлов.

Продлить сроки эксплуатации различных металлоконструкций до их морального износа – основная цель решения проблемы коррозии металлов.

Соответствие методов защиты эксплуатационным особенностям гидротехнических сооружений – необходимое условие обеспечения их долговечности и надежности.

Применительно к рассматриваемым причальным сооружениям типа "больверк" количественная оценка влияния коррозии материала заключается, в частности, в установлении реальных размеров поперечного сечения основных несущих конструктивных элементов, уменьшенных в процессе эксплуатации в результате коррозионных процессов, а также в определении/прогнозировании срока эксплуатации причала для конкретных условий его работы.

Трудность предотвращения коррозии заключается в том, что разрушение металлов под влиянием факторов среды – естественный процесс, направленный на сохранение равновесия в природе.

Так как процессы коррозии, связанные с влиянием воздействия среды, необратимы и часто приводят к отказам, их необходимо обнаруживать на ранних стадиях эксплуатации, классифицировать, давать количественную оценку эффекта повреждения и прогнозировать возникновение опасности в случае непринятия мер по усилению защиты. Только установление причин коррозионного процесса позволяет правильно выбрать метод совершенствования защиты.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. – М.: Госстрой России, 2004. – 21 с.
2. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. – М.: Изд. АН СССР, 1959. – 591 с.
3. Притула В.А. Защита от коррозии морских гидротехнических сооружений / В.А. Притула, Г.С. Кесельман. – М.: Транспорт, 1973. – 184 с.
4. Пойзнер М.Б. Техническое состояние портовых причальных сооружений Украины // Юбилейный сб. докл. научн. конф., посвященной 70-летию института. – Одесса: Изд-во ЧерноморНИИпроекта. – 2000. – С.22-26.
5. Маркович Р.А., Колгушкин А.В. Коррозия морских гидротехнических сооружений // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2009. – № 5. – С.56-59.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2014

Рецензент – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські та річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету **М.П. Дубровський**