

# КОРРОЗИЯ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ЗОНЫ ПЕРЕМЕННОГО СМАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЭСТАКАДНОГО ТИПА

**Маркович Р. А.,**  
ведущий специалист-консультант по вопросам антикоррозионной защиты, преподаватель АСЦ, Учебный центр Русского регистра

**Кан М. К.,**  
руководитель продаж в странах СНГ и Восточной Европы компании DENSO GmbH

**Михайлов С. В.,**  
генеральный директор ООО «СМУ-Изоляция»

**Аннотация.** Статья посвящена технологиям антикоррозионной защиты морских гидротехнических сооружений. Дан анализ зависимости скорости коррозии от солёности вод и степени погружения свай в воду; обозначены расчетные характеристики для прогнозирования скорости коррозии на этапе проектирования ГТС. Детально обозначены виды коррозии и признаки каждого вида, а также степень опасности в эксплуатации сооружения в каждом виде повреждения конструкций и сооружений коррозией. Изложены технологии ремонта конструкций и сооружений в случае коррозии: технология ремонта с помощью кессонов, ремонт эпоксидными мастиками — здесь приведены примеры ремонта морских ГТС антикоррозионными системами производства DENSO GmbH.

**Ключевые слова:** морские гидротехнические сооружения, коррозия металла, антикоррозионная защита, кессон, эпоксидные мастики.

**Abstract.** The article deals with the anticorrosion proofing solutions of maritime hydraulics. It's given the analysis of the correlation between corrosion rate and water salinity and piles submersion into the water; it's noted design characteristics for forecasting of corrosion rate at during hydraulic structures engineering stage. Types of corrosion are given in details in the article with characteristics of each type also as a danger level under structure's service conditions in each kind of structural corrosion damage. Structures repair technics in case of corrosion are listed: a repair method with help of caissons, maintenance with use of epoxide mastics — there are examples of maritime waterworks maintenance with DENSO GmbH anticorrosion coatings introduced.

**Keywords:** maritime hydraulics, corrosion of metal, anticorrosion protection, caisson, epoxide mastics.

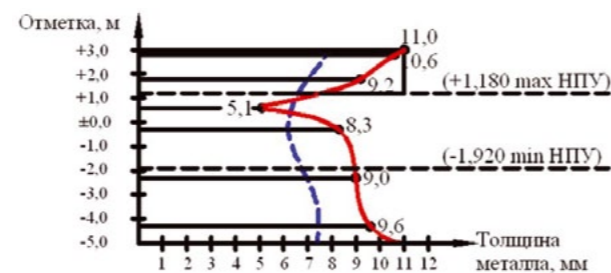
Коррозионная стойкость — один из аспектов проблемы надежности и долговечности металлоконструкций, эксплуатирующихся в морской воде.

В морской воде различаются три зоны с различными скоростями коррозии сооружений. В табл. 1 приведены значения скоростей коррозии для определенных вод (солёность — 7%) в умеренных широтах и основные методы защиты от коррозии.

Основное внимание при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений уделяется вопросам предотвращения возникновения и развития неравномерной коррозии. Наиболее надежной является информация о разрушении металлов в реальных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений, а не результаты модельных лабораторных экспериментов. Для того чтобы проанализировать механизм коррозии ГТС, рассмотрим износ сооружения эстакадного типа. Анализ проведен на основании внеочередных обследований в 2005 г. сквозного пирса, расположенного в Кольском заливе. Пирс, построенный в 1975 г., выполнен в виде эстакадной конструкции с двухъярусным верхним строением и палами. Основанием эстакады являются стальные трубы диаметром 720, 820 и 1020 мм и коробка из четырех шпунтов «Ларсен-V». Общее количество поперечных рядов свай — 49, расстояние между рядами — 2,0; 4,3; 10,6 м; шаг свай — 3,1 м. Количество свай в рядах различное — от четырех до десяти. Отметка низа свай изменяется от -22,820 м до -23,650 м.

Номинальное значение толщины стенки трубы диаметром 1020 мм составляет 11 мм.

На рис. 1 представлена зависимость скорости коррозии стенки сваи от отметки погружения.



**Рис. 1.** Измеренная остаточная толщина стенки сваи: расчетная скорость коррозии; данные замеров остаточных толщин

На основании требований существующей нормативно-правовой базы все ГТС должны проходить техническое освидетельствование. Задачами освидетельствования являются: обследование сооружения, определение технического состояния и износа отдельных основных элементов сооружения и всего сооружения в целом. Комплексная система технического контроля гидротехнических сооружений морского транспорта, включающая методики определения технического состояния и оценки износа сооружений, регламентирована РД 31.3.3-97 «Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта».

В процессе обследования сооружения необходимо различать коррозионные повреждения и повреждения механического характера.

**К коррозионным разрушениям относятся:**

- общая равномерная поверхностная коррозия с одинаковой по всей площади толщиной прокорродировавшего слоя, равномерной окраской продуктов коррозии;

Зона	Скорость коррозии, мм/год		Методы защиты		
	Начальная	Средняя	Надбавка на коррозию	Долговечные защитные покрытия	Комплексные методы, долговечные защитные покрытия совместно с электрохимической защитой (катодной)
Полное погружение	0,15–0,20	0,07–0,08	+	+	+
Переменное смачивание	0,30–0,40	0,15–0,20	+	+	–
Забрызгивание, прибой	0,50–0,70	0,30–0,40	+	+	–
Атмосфера, морская	0,08–0,20*	0,05–0,15*	+	+	–

\* В прибрежных районах в горячих влажных зонах потери массы или толщины могут превышать приведенные значения. Необходимо предпринимать специальные меры предосторожности при выборе систем защитных покрытий.

**Табл. 1.**



**а).** Разрушение покрытия в зоне переменного смачивания. Срок эксплуатации 1 год



**б).** Разрушение покрытия в зоне забрызгивания. Срок эксплуатации 1 год



**в).** Разрушение покрытия в зоне забрызгивания. Срок эксплуатации 8 лет



**г).** Разрушение покрытия в зоне забрызгивания и переменного смачивания. Срок эксплуатации 15 лет

**Рис. 2.** Виды коррозионных повреждений

- местная поверхностная коррозия с отдельными очагами: пятнами; язвенная; точечная;
- сквозная коррозия: является развитием местной коррозии и характеризуется ограниченным, но прогрессирующим разрушением в виде отверстия;
- межкристаллическая коррозия: разрушение металла по границам зерен, при котором резко падает его прочность, с отсутствием внешних признаков разрушения.

Местная поверхностная коррозия с отдельными очагами: пятнами или язвами — представлена на рис. 2.

К повреждениям механического характера относятся:

- трещины, вызванные концентрацией напряжений, повышенной хладоломкостью, остаточным напряжением от сварки, реализацией усталостных явлений;
- разрушение под действием расчетных нагрузок, вызываемых дефектами стали.

Методика обследования сооружений разработана для наблюдения за техническим состоянием конструкции причалов, определения дефектов, способных привести к остановке эксплуатации.

Согласно РД 31.3.3-97, дефекты металлических конструкций по степени их опасности следует подразделять на три категории: малозначительные, значительные и критические.

- Малозначительные дефекты — повреждения, не вызывающие изменения прочностных характеристик металла, недопустимого уменьшения сечений металлических элементов несущих конструкций и опасного перенапряжения других конструктивных элементов.

- К значительным дефектам следует относить такие, при которых в элементах возникают напряжения, равные или превышающие нормативные, изменяется пространственное положение или форма элементов, а также нарушается их целостность, — и если все это создает предаварийную ситуацию.

- К критическим дефектам следует относить дефекты металлоконструкций, развитие которых может вызвать обрушение всего сооружения или отдельных его частей и привести к выводу сооружения из эксплуатации. К ним относят:

- уменьшение площади сечения основных несущих элементов конструкций до значений, при которых напряжения в этих элементах будут близки к пределу текучести стали;
- сквозную коррозию несущих металлических элементов;
- нарушение сплошности шпунтовых стенок на участке длиной свыше 5 м;
- массовый излом и остаточный изгиб опор эстакадных конструкций.

При осмотре металлоконструкций необходимо фиксировать механические повреждения, изменение пространственного положения элементов, изменение внешнего вида поверхности металла, распределение по поверхности продуктов коррозии и их характер, степень сохранности защитных покрытий или устройств.

В случаях, когда устанавливаются аномальные отклонения в скорости коррозии металлоконструкций, а также при необходимости определения эффективности работы системы электрохимической защиты конструкций, проводятся измерения электродного потенциала и катодной поляризации. С целью получения информации о коррозионных дефектах и получения прочностных показателей стали необходимо брать ее образцы непосредственно из сооружения.

Измерение остаточной толщины стенок металлоконструкций непосредственно на месте рекомендуется производить ультразвуковыми толщиномерами, а измерение толщины антикоррозионных покрытий — магнитными толщиномерами. При определении скорости коррозии элементов, выполненных из проката, в качестве исходных данных следует принимать геометрические размеры прокатных профилей или труб, руководствуясь соответствующими стандартами или ТУ.

Нормативные документы, регламентирующие порядок обследования свайного основания ГТС, требуют от владельца или управляющей компании проведения регулярной инспекции состояния металлоконструкций и средств защиты от коррозии. По результатам таких инспекций принимается решение о необходимых работах по устранению выявленных дефектов.

Свайные основания гидротехнических сооружений морских портов должны проектироваться таким образом, чтобы условие недопущения наступления предельных состояний соблюдалось на всех этапах их строительства и эксплуатации, в том числе и в конце назначенного срока их службы.

Назначенные сроки службы основных гидротехнических сооружений в зависимости от их класса должны соответствовать расчетным срокам службы, которые, по СП 58.13330.2012, составляют для сооружений I и II классов — 100 лет; III класса — 50 лет.

Скорость общей коррозии в морской воде приблизительно одинакова для углеродистых и низколегированных сталей и составляет 0,05–0,1 мм/год, в то же время низколегированные стали более склонны к язвенной коррозии, особенно марганцовистые стали в зоне термического влияния сварных соединений.

Различие в коррозионном поведении различных марок сталей проявляется главным образом в сварных соединениях. Это определяется разностью электродных потенциалов трех элементов сварного соединения: основной металл, сварной шов и зона термического влияния. Поэтому выбор сварочных электродов и технологии сварки производится с таким расчетом, чтобы указанные элементы имели приблизительно одинаковые потенциалы. Это достигается применением соответствующих сварочных материалов.

Большое влияние на скорость коррозии оказывает прокатная окалина. Она имеет высокую электропроводность, а ее стационарный потенциал в морской воде на 0,3–0,5 В более положителен, чем потенциал стали, причем для сталей, легированных хромом и медью, эта разница наибольшая. Поэтому обязательным является удаление окислы при строительстве гидротехнических сооружений. Наличие окислы, условия дифференциальной аэрации в потоке воды, механические напряжения и пр. способствуют язвенной коррозии, скорость которой составляет: средняя — 0,1–0,4 мм/год, максимальная — 0,4–1,0 мм/год.

В зависимости от условий эксплуатации и состояния средств защиты скорость коррозии в подводной зоне гидротехнических сооружений может изменяться в широких пределах. Например, при использовании металлоконструкций с прокатной окалиной и отсутствии эффективных средств защиты в подводной зоне могут иметь место язвенные поражения до 1 мм/год. В случае электрокоррозии под действием блуждающих токов или вследствие неправильного электрооборудования сварочных работ при достройке или ремонте гидротехнических сооружений коррозионные повреждения могут развиваться со скоростью до 5 мм/год.

#### Ремонт ГТС с использованием кессонов

С 1990 г. выполняются работы по ремонту гидротехнических сооружений различных типов — эстакад на металлических и железобетонных сваях и трубах, мостовых опор, опор шельфовых платформ, стенок из металлического и железобетонного шпунта, набережных из бетонных блоков, массивов-гигантов. Опыт эксплуатации подтверждает долговечность и надежность предлагаемых решений.

Необходимое оборудование и технологии ремонта разработаны применительно к сооружениям различного конструктивного типа и назначения. Состав и конкретные методы ремонта выбираются с учетом ремонтируемой конструкции, степени повреждений, окружающих условий и требований заказчика.

Технические решения для ремонта конструкций в зоне переменного смачивания и подводной зоне выполняются в условиях воздушно-сухой среды с применением специального запатентованного подводно-технического оборудования — гермокамер.

Способ ремонта зависит от степени повреждений. Работы проводятся без вывода сооружений из эксплуатации.

Если коррозионный износ не превышает 30% от начальной толщины металла, то в большинстве случаев достаточно выполнить антикоррозионное покрытие стальной поверхности, т. е. произвести:

- абразивно-струйную очистку металлической поверхности;
- нанесение защитного лакокрасочного покрытия (при этом применяемые материалы тщательно подобраны, имеют необходимые сертификаты и прошли многолетнюю проверку).

При значительных повреждениях свай с учетом требований обеспечения противоледовой защиты может реализовываться технология устройства тонкой железобетонной стенки непосредственно на поверхности свай или устройство защитных бандажей из высокопрочных полимерных материалов.

#### Ремонт ГТС эпоксидными мастиками

Общие указания.

Регламент включает в себя операции по подготовке поверхности, нанесению эпоксидного покрытия и контролю качества готового покрытия.

Ремонту подлежит поверхность свай в зоне переменного уровня воды (на расстоянии 0,2 м вниз и 0,5 м вверх от уровня воды) со следующими дефектами покрытия:

- коррозионные разрушения до степени Ri 3 и выше по ISO 4628-3:2003;
- локальные отслаивания исходного покрытия от нижележащих слоев и металла;
- пузыри.

Для ремонта принята система, состоящая из одного слоя толщиной 2–3 мм.

Эпоксидная мастика — двухкомпонентный, не содержащий растворителя эпоксидный состав, приспособленный к нанесению и отверждению под водой и обеспечивающий коррозионную стойкость и стойкость к абразивному износу. Состоит из основы и отвердителя. Наносится вручную на погруженные металлоконструкции, сооружения, опоры и другие постоянно влажные зоны и области, находящиеся под воздействием морских волн и брызг, где не могут применяться обычные покрытия.

#### Технологический процесс окрашивания

Подготовительные работы:

- подготовка и размещение необходимых материалов, оборудования;
- очистка поверхности от загрязнений, обрастания, отслаивающегося покрытия и продуктов коррозии.



Рис. 3. Ремонт свай с использованием кессонов

Поверхность металлических свай со старым лакокрасочным покрытием, подлежащим ремонту, необходимо очистить от загрязнений, обрастания, отслаивающегося покрытия и ржавчины механизированным или ручным способом. Оставшееся покрытие должно иметь прочное сцепление с металлической подложкой. Механизированную очистку рекомендуется проводить проволоочными щетками, иглофрезами, шлифовальными кругами, наждачной бумагой и т. д.

При необходимости обезжирить поверхность до первой степени по ГОСТ 9.402. Жировые загрязнения удалить сначала скребками или щетками, а затем органическими растворителями. Обезжиривание допускается проводить кистью, щеткой или неворсистым обтирочным материалом (ветошью). Кроме уайт-спирита, для обезжиривания могут применяться индивидуальные растворители и их смеси (по ГОСТ 9.402).

Нанесение эпоксидной мастики на поверхность свай следует выполнять сразу после подготовки поверхности. При длительном интервале между подготовкой поверхности и окрашиванием необходимо повторить операцию очистки.

#### Подготовка эпоксидной мастики к работе

Для приготовления материала необходимо вскрыть верхнюю и нижнюю часть банок с основой и отвердителем консервным ножом и извлечь их содержимое. Смешать оба компонента. При необходимости приготовления меньшего количества материал смешать в регламентированной пропорции. При смешивании в холодную погоду необходимо предварительно выдержать компоненты при температуре 23 °С в течение не менее 24 часов.

Смешивание следует выполнять на большом, чистом, гладком листе стали, белой жести или твердого картона с использованием шпателя, скребка или мастерка. Добавление воды или растворителя в смесь недопустимо, это приведет к снижению качества покрытия.

Материал необходимо тщательно перемешивать до тех пор, пока отдельные желтые или синие цвета компонентов не сольются в ярко зеленый цвет, свободный от синих и желтых полос. Недопустимо образование пузырьков воздуха в смеси и плохое перемешивание компонентов друг с другом.

Жизнеспособность материала после смешения в зависимости от температуры приведена в табл. 2.

При взаимодействии с атмосферой готовый к применению материал после окончания срока жизнеспособности

Температура, °С	До «отлипа», час	Полное высыхание, сутки
10	24	7
15	14	4
20	8	3
30	5	2

Табл. 2. Время высыхания покрытия SIGMARITE SUBMARINE COATING 7444

Цвет и глянец покрытия	бледно-зеленое, глянцевое
Сухой остаток (по объему)	100%
Плотность	1,4 г/см <sup>3</sup>
Рекомендуемая толщина сухого слоя	2–3 мм
Теоретический расход	1,0 л/м <sup>2</sup> (для толщины покрытия 1000 мкм)
Точка воспламенения: основа отвердитель	60 °С 50,5 °С
Срок хранения, не менее	6 месяцев. Хранить в сухом, темном месте вдали от источников тепла и открытого огня

Табл. 3.

начинает застывать, делаясь каучукообразным, что является характерным признаком его дальнейшей непригодности.

Приготовление последующих порций материала должно выполняться на чистой поверхности.

Технология нанесения

Нанесение над водой (периодически влажные зоны):

- материал наносится ручным способом при помощи шпателя, мастерка и валика;
- выровнять покрытие перчатками или резиновым валиком с использованием небольшого количества воды для предотвращения прилипания. Ни в коем случае не загонять воду в покрытие!

Нанесение под водой:

- для больших областей могут использоваться любые из методов, описанных выше;
- для малых областей диаметром 5,0–7,5 см следует смешать небольшое количество состава и затем нанести материал на область, нуждающуюся в восстановлении. Убедиться, что материал плотно прилегает к поверхности металла.

Технические характеристики эпоксидного состава SIGMARITE SUBMARINE COATING 7444 приведены в табл. 3.

**Контроль покрытия**

Визуально проверить отсутствие непрокрашенных мест, сдиров и пузырей.

Сразу после нанесения проверить общую толщину покрытия, вдавливая в него острый шип с отметкой. При обнаружении покрытия толщиной менее 2 мм, необходимо нанести дополнительный слой материала до указанной толщины. При обнаружении пузырей восстановить покрытие.

**Отчет об осмотре причальных сооружений, сентябрь 2009 г.**

Участки свай в зоне переменного смачивания ремонтировали ЛКМ фирмы Sigma SIGMARITE SUBMARINE COATING 7444 в 2005 и 2006 гг.

Ремонт производился водолазами в погружении. Срок службы покрытия 3–4 года.

Состояние покрытия — хорошее (рис. 4, 5).

Ремонт ГТС системами MarineProtect® фирмы DENSO Gmb (Германия)

Технология защиты металлоконструкций свайных оснований эстакадного типа системами MarineProtect® фирмы DENSO GmbH (Германия) базируется на широко используемых методах пассивной защиты от коррозии металлических трубопроводов. Эти материалы применяются для защиты от коррозии сварных соединений, колен, тройников, фланцев и клапанов трубопроводов, как при бестраншейной укладке,



Рис. 4, 5.



Рис. 6. Очистка поверхности

так и при укладке в открытой траншее на строительной площадке.

Перед нанесением праймера поверхность свай необходимо очистить от загрязнений, обрастания, отслаивающегося покрытия и ржавчины механизированным или ручным способом. Оставшееся покрытие должно иметь прочное сцепление с поверхностью сваи. Механизированную очистку рекомендуется проводить проволочными щетками, иглофрезами, шлифовальными кругами, наждачной бумагой и т. д.

Для получения оптимального результата рекомендуется произвести пескоструйную или водоструйную обработку очистки поверхности.

Характеристика	Ед. изм.	Типичное значение DENSO праймера MarineProtect®	Метод
Плотность	г/см <sup>3</sup>	ок. 0,93	ISO 2811
Температура каплепадения	°С	>100	DIN 51801
Расход	кг/м <sup>2</sup>	0,35–0,5	
Температура при нанесении	°С	от –10 до 50	
Рабочая температура	°С	от –60 до 70	
Температура хранения	°С	<40	

Табл. 4.



Рис. 7.



Рис. 8. Нанесение ленты на надводную часть сваи

Характеристика	Ед. изм.	Типичное значение DENSO праймера MarineProtect®	Метод
Толщина (общая)	мм	1,5	
Толщина покрывающей пленки	мкм	100	
Число омыления	мг/КОН/г	<10	DIN 51801
Катодное отслаивание	мм	<15	DIN EN 12068
Перекрытие предыдущего слоя	%	50	
Температура при нанесении	°С	От –10 до 50	
Рабочая температура	°С	От –60 до 70	
Температура хранения	°С	<40	

Табл. 5.

Материалы:

1. Праймер MarineProtect®. Пастообразный праймер MarineProtect® на основе натурального воска (ланолина) легко наносится на поверхность свайной конструкции даже под водой. При нанесении праймера с поверхности конструкции вытесняется вода — таким образом формируется влагостойкий слой, при этом выравниваются и заполняются неровности и полости на поверхности конструкции. Материал подходит для защиты строящихся и ремонтируемых сооружений. Технические характеристики праймера MarineProtect® представлены в табл. 4.

2. Лента MarineProtect®. Лента MarineProtect® является основным антикоррозионным слоем систем MarineProtect®-100 и MarineProtect®-2000FD для защиты свай от коррозии в зонах забрызгивания и переменного смачивания.

В состав ленты входит прочное нетканое полотно из полипропилена, пропитанное петролатумной массой. Тонкая полимерная пленка, нанесенная на внешнюю сторону ленты, делает ее еще прочнее и предотвращает вымывание петролатума.

Лента MarineProtect® отличается высокой гибкостью и легкостью нанесения на поверхность любой формы. Лента MarineProtect® не пропускает коррозионные среды, кислород и воду и химически устойчива к соленой воде. Ленту наматывают по спирали на обработанную праймером поверхность полимерной пленкой наружу, перекрывая предыдущий виток на 50%. Если для намотки по спирали недостаточно места, то ленту можно наносить послойно. Ширина ленты зависит от диаметра сваи.

Технические характеристики ленты MarineProtect® представлены в табл. 5.

Характеристика	Ед. изм.	Типичное значение DENSO праймера MarineProtect®	Метод
Толщина	мм	2	
Прочность на растяжение	Н/мм	>20	ASTM D 638
Удлинение при разрыве	%	>600	ASTM D 638
Содержание углерода	%	2–3	
Температура при нанесении	°С	От –10 до 50	
Рабочая температура	°С	От –60 до 70	
Температура хранения	°С	<40	
Устойчивость к низким температурам	°С	–75	
Стойкость к истиранию на приборе Taber Abraser (абразивные колеса CS 17, нагрузка 1000 г, количество циклов 1000)	мг	31	ASTM D 4060
Стойкость к ударным нагрузкам системы MarineProtect®	Дж	>15	DIN EN 12068
Стойкость к ультрафиолетовому облучению		1,25≥Eх/E0≥0,75 1,25≥Sх/S0≥0,75	DIN EN 12068

Табл. 6. Технические характеристики кожуха MarineProtect®



Рис. 9. Нанесение ленты на подводную часть сваи



Рис. 10. Установка кожуха



Рис. 11. Система MarineProtect®-2000FD после монтажа

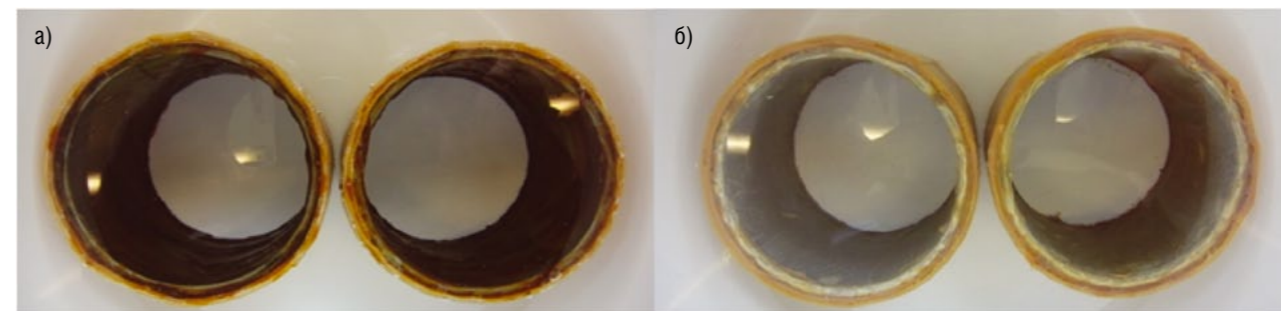


Рис. 12. Вид образцов до начала испытаний (а) и после шестимесячных испытаний (b)

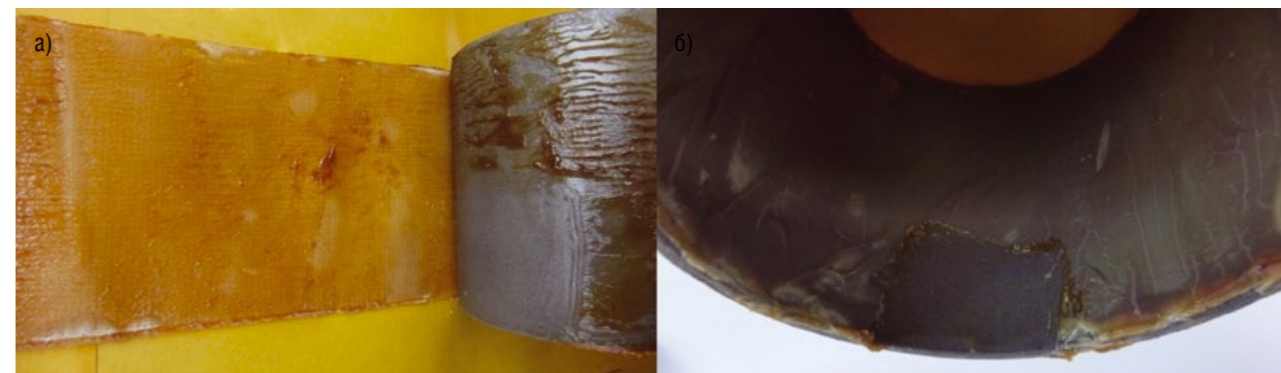


Рис. 13. Фрагменты участков трубы через шесть месяцев выдержки в соленой воде: а) трубы, покрытые праймером и лентой MarineProtect®; б) покрытые только праймером MarineProtect®.

Ленту MarineProtect® наносят после обработки поверхности праймером MarineProtect®.

3. Кожух MarineProtect®. Кожух MarineProtect® является верхним слоем системы и служит для защиты от механических повреждений при волновых, ледовых нагрузках и сильном ветре. Кожух MarineProtect® изготовлен из высокопрочного, устойчивого к УФ-излучению полиэтилена высокой плотности (HDPE). Материал кожуха MarineProtect® характеризуется:

- стойкостью к средам с уровнем pH от 0 до 14;
- стойкостью к ультрафиолетовому излучению;
- эластичностью;
- высокой прочностью;
- нетоксичностью и экологичностью.

Технические характеристики кожуха MarineProtect® представлены в табл. 6.

#### Лабораторные испытания

Условия испытаний. Участки трубы, на которые была нанесена противокоррозионная защита при помощи праймера MarineProtect® и ленты MarineProtect®, в течение шести месяцев выдерживались в 5%-м водном растворе хлорида натрия для имитации морской воды. Полиэтиленовые контейнеры оставались открытыми в течение всего срока выдержки для поступления кислорода. Температура в помещении составляла 23±2 °С.

Результаты испытаний. В течение срока выдержки образца в соленой воде изменения цвета воды не наблюдалось. Вымывания защитного материала и образования масляной пленки также не установлено. Снимки образца до начала ис-

пытаний и спустя шесть месяцев представлены на рис. 12, а и б, соответственно.

Изменений свойств праймера MarineProtect® и ленты MarineProtect® не наблюдалось.

Признаки коррозии не были обнаружены и на внутренней стороне трубы, покрытой только праймером MarineProtect® (рис. 13, б). После удаления защитного покрытия видимых признаков коррозии не обнаружено: лента MarineProtect® и праймер MarineProtect®, применяемые совместно или по отдельности, формируют долговечную защиту поверхности от попадания влаги.

#### Выводы по результатам испытаний

1) Спустя шесть месяцев признаков коррозии обработанной стальной поверхности не обнаружено.

2) Признаков ухудшения качества праймера и ленты MarineProtect® не отмечено.

3) Материал покрытия не вымывается.

Указанные материалы разработаны и изготавливаются фирмой DENSO GmbH.

DENSO опирается на более чем 90-летний опыт и является инноватором разработок по защите от коррозии трубопроводов по всему миру. История успеха основанной в 1922 г. фирмы DENSO началась с первого в мире применения пассивной защиты трубопроводов от коррозии — петролатумной ленты («лента DENSO»), запатентованной в 1927 г.

Высокоэффективная продукция DENSO GmbH разрабатывается и изготавливается в Германии по самым высоким стандартам качества. DENSO — ведущий разработчик технологий защиты от коррозии.