

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В МОРСКОЙ ВОДЕ, СИСТЕМАМИ MARINEPROTECT™



Кан М. К.,  
директор по продажам в странах СНГ,  
Центральной и Восточной Европы,  
DENSO GmbH



Гришук О. И.,  
канд. хим. наук, начальник отдела  
НИОКР, DENSO GmbH



Лутков Д. С.,  
заместитель директора,  
ООО «СМУ-Изоляция»

**Аннотация.** В статье представлена технология антикоррозионной защиты металлических конструкций, эксплуатирующихся в агрессивной морской среде, которая состоит из поэтапного нанесения трех компонентов: пастообразного праймера на основе ланолина, петролатумной ленты и полиэтиленового кожуха, являющегося верхним слоем, защищающим конструкцию от механических повреждений. Обозначены технические характеристики каждого компонента, а также преимущества данной системы защиты в сравнении с традиционным окрашиванием: возможность проведения ремонта над и под водой без применения гермокамер, что сокращает срок проведения ремонта до нескольких часов, а его стоимость в несколько раз. Подчеркивается устойчивость компонентов к соленой воде, УФ-излучению и экологическая безопасность технологии. Представлен пример применения технологии MarineProtect™ в портах России. Статья включает комментарии эксперта — одного из ведущих специалистов в области антикоррозионной защиты морских сооружений и судов.

**Ключевые слова:** антикоррозионная защита, морские гидротехнические сооружения, антикоррозионная защита конструкций в морской среде, ремонт металлических свай, подводное нанесение, системы MarineProtect™.

M. K. Kan, Sales Director of DENSO GmbH Company in the CIS and Eastern Europe. O.I. Gryshchuk, Doctor of Sciences, Head of research and development department of DENSO GmbH. D.S. Lutkov, Deputy General Director of LLC «SMU-Isolation»

## WARRANTY OF CORROSION RESISTANCE OF METAL STRUCTURES IN SEA WATER WITH MARINEPROTECT™ SYSTEMS

**Abstract.** The article introduces a corrosion prevention method of metal structures, operating in corrosive marine environment, which consists of stepped application of three components: the spreadable primer based on lanoline, the petrolatum tape and the jacket that is top layer and protects structure from mechanical damages. They give technical characteristics of each component, and also advantages of this protection system compared with traditional painting: ability of repair above and under water without caissons using, with no surface drying and degreasing that reduce repair time to some hours, and its cost several times. The components resistance to salt water, to UV light and ecological safety of the method is stressed. Experience of the method application in ports of Russia is presented. The article includes comments of one of the leading professional in the corrosion prevention area of marine structures and ships.

**Keywords:** corrosion protection, maritime hydraulic engineering structures, corrosion protection of structures in sea waters, repair of metal piles, MarineProtect™ systems.

Одним из важнейших параметров надежности и долговечности металлоконструкций, при эксплуатации в морской воде, является их стойкость к коррозии, обеспечение которой — одна из приоритетных задач на всех этапах жизненного цикла гидротехнического сооружения (ГТС). При этом сроки службы ГТС должны соответствовать расчетным срокам эксплуатации, которые, в соответствии СП 58.13330.2012 [1], составляют для сооружений I и II классов — 100 лет; III класса — 50 лет. Однако, как отмечают специалисты, в наиболее критичных зонах свайных оснований и конструкций, находящихся в агрессивной среде, к примеру, в зоне забрызгивания и зоне переменного смачивания, коррозионные разрушения наблюдаются уже через год эксплуатации, а через несколько лет, если не предпринимать мер по защите от коррозии,

металлоконструкции в этих зонах могут подвергаться частичным разрушениям [2].

В зоне переменного смачивания на поверхности металлоконструкций под воздействием воды и кислорода коррозия металла происходит очень интенсивно, и глубина ее может измеряться миллиметрами, за счет чего уменьшается несущая способность конструкции. Главной задачей пассивной защиты от коррозии является именно предотвращение доступа воды и кислорода к поверхности металла.

Самой распространенной пассивной защитой от коррозии является нанесение на поверхность металлоконструкции толстого слоя устойчивого лакокрасочного покрытия, что чаще всего осуществляется уже при изготовлении конструкции в заводских условиях [3]. Лакокрасочные матери-

алы имеют свой срок службы и также подвержены внешним воздействиям, приводящим к разрушению покрытия.

В отличие от заводского покрытия, ремонт эксплуатирующихся сооружений лакокрасочными материалами является процессом очень сложным, длительным, трудоемким и дорогостоящим. Эффективность лакокрасочного покрытия напрямую связана с его адгезией к поверхности и правильным ее отверждением/высыханием, что в морских условиях затруднительно. Кроме того, для нанесения лакокрасочного защитного слоя требуется специальное подводно-техническое оборудование — гермокамера, с помощью которой вода откачивается от поверхности сваи, и ремонтные работы проводятся в обычном воздушном пространстве [4]. При этом поверхность сваи должна быть сухой, обезжиренной, без остатков пыли, ржавчины или морской соли. Для этого необходимо провести промывку пресной водой, абразивоструйную очистку металлической поверхности, ее сушку и, при необходимости, обезжиривание. Нанесение защитного лакокрасочного покрытия производится сразу же после подготовки поверхности, чтобы избежать нового образования ржавчины. Важным фактором является то, что лакокрасочные покрытия должны высохнуть до снятия гермокамеры. Высыхание может происходить, в зависимости от температуры окружающей среды, до нескольких суток. При применении многослойных лакокрасочных покрытий добавляется время высыхания промежуточных слоев.

Таким образом, ремонт одной сваи данным методом включает: подготовку и установку гермокамеры; удаление воды, опреснение, сушку поверхности; абразивоструйную подготовку и обезжиривание поверхности; нанесение нескольких слоев лакокрасочного покрытия; межслойную сушку; демонтаж гермокамеры, — в зависимости от объемов обрабатываемой поверхности, на эту работу уходит до 5 суток.

Также распространенным способом антикоррозионной защиты конструкций, эксплуатирующихся в морской воде, является нанесение на их поверхность эпоксидных мастик, которые сегодня представлены на рынке различными марками как российского, так и зарубежного производства.

Среди преимуществ этой технологии антикоррозионной защиты можно выделить: возможность применения под водой без гермокамер (что удешевляет стоимость работ), минимальное применение специального оборудования; возможность нанесения на элементы сложной геометрической формы (к примеру, шпунты); прочность покрытия. Однако, как показывает опыт применения, у технологии есть значительные минусы:

- трудно наносится под водой (плохо размазывается, всплывает);
- сложно выдержать проектную толщину нанесения;
- неконтролируемая адгезия по причине трудоемкой подготовки поверхности под водой;
- невозможность контролировать состояние защищаемой поверхности после нанесения материала.

Эффективность этой технологии во многом зависит от профессионализма той службы, которая будет осуществлять нанесение защитного покрытия: играют роль равномерность, толщина слоя, отсутствие прочих дефектов. При обнаружении участков покрытия недостаточной толщины, необходимо нанести дополнительный слой материала.

При работе с эпоксидными материалами очень важными параметрами являются адгезия изоляционного материала

к поверхности сооружения и толщина покрытия. При подводном нанесении мастики не всегда есть возможность подготовить поверхность до степени Sa 2,5 (по стандарту ISO 8501-1 [5]), обеспечить удаление ржавчины и остатков заводского покрытия и достаточную шероховатость, что является основным условием для достижения адгезионных свойств. Даже если удастся выполнить условие подготовки поверхности до степени Sa 2,5 (для этого обязательно произвести гидроабразивоструйную обработку поверхности под водой), наличие морской воды и кислорода приводит к быстрому окислению металла с образованием ржавчины.

Материал при отверждении образует толстую (несколько мм), твердую водонепроницаемую пленку, но под покрытием возникают коррозионные процессы, образуется так называемая подпленочная коррозия, которая может проявляться в виде отдельных вздутий лакокрасочного покрытия или внутренних нитей. В этих случаях продукты коррозии металла, как правило, не поступают на поверхность покрытия, что затрудняет визуальное обнаружение очага коррозии. Нитевидная коррозия достаточно быстро растет от центра очага коррозии во всех направлениях, не вызывая глубоких разрушений металла, в центре очага металл разрушается вглубь, вплоть до сквозного поражения.

Подпленочная коррозия развивается также в местах механических повреждений лакокрасочных покрытий. Через сколы, царапины, микро- и макротрещины в покрытии влага получает доступ к поверхности металла. Эти участки становятся анодными по отношению к примыкающей поверхности, и разрушение металла происходит достаточно быстро, образуя видимые продукты коррозии — ржавчину. Анодными участками могут быть также поверхности с уменьшенной толщиной лакокрасочного покрытия, даже при отсутствии его дефектов. Подпленочная коррозия в этих случаях протекает медленнее. Также она наблюдается в том случае, когда под полимерным покрытием образуются продукты коррозии вследствие ослабления связи металл — пленка, проницаемости пленки и структурных превращений в самой пленке. Сплошная коррозия распространяется под пленкой по всей поверхности подложки. При подпленочной коррозии полимерное покрытие сначала сохраняет свой внешний вид без видимых изменений и разрушений. Далее на поверхности покрытия начинают появляться отдельные желтые, бурые или коричневые пятна, затем точки и очаги коррозии и, наконец, сплошная коррозия по всей поверхности. При этой форме проявления коррозии полностью нарушается связь между металлом и пленкой. Нередко коррозия появляется в местах дефектов пленки или при ее растрескивании [6]

Таким образом, несмотря на достаточную насыщенность рынка антикоррозионными материалами, выбрать такие, которые бы обладали оптимальным сочетанием «цена — качество — сроки выполнения ремонта» для работы в агрессивной среде весьма непросто. В последние годы в ряде российских портов южного региона для защиты свайных оснований в морской воде, в зоне переменного смачивания начала применяться технология антикоррозионной защиты системами MarineProtect™, которую в России представляет компания «СМУ-Изоляция», специализирующаяся в области антикоррозионной защиты конструкций и сооружений, в том числе эксплуатирующихся в агрессивной морской среде. Выбор технологии MarineProtect™ и ее освоение российскими

специалистами не был случаен, основаниями для ее выбора послужили такие серьезные преимущества, как:

- — надежная и долговременная защита, срок эксплуатации не менее 15 лет;
- — возможность нанесения на поверхности, находящиеся как над водой, так и под водой;
- — подготовка поверхности до степени St 2 ;
- — высокая скорость и простота нанесения, для монтажа не требуется специальное оборудование и гермокамеры;
- — при необходимости возможен контроль состояния конструкций (частичный демонтаж и обратный монтаж системы);
- — ремонтпригодность (ремонт осуществляется без специального оборудования водолазами);
- — повышенная надежность системы от механических повреждений (общая толщина системы 3,5 мм, 2 мм защит-



**Очистка поверхности**



**Нанесение ленты на надводную часть сваи**



**Нанесение ленты на подводную часть сваи**

ный кожух, 1,5 мм петролатумная лента, для сравнения: толщина ЛКП в среднем 0,3—0,6 мм);

- — надежность системы не зависит от адгезии, которую трудно обеспечить при ремонтных работах (влажность, соли, очистка поверхности, шероховатость);
- технология применяется во многих странах мира (Германия, Франция, Греция, Испания, страны Латинской Америки, Туркменистан и др.) и доказала свою эффективность в морской воде;
- экономична — в несколько раз дешевле технологии окрашивания с помощью гермокамер;
- значительно сокращает время ремонта: ремонт системами MarineProtect™ одной сваи составляет несколько часов;
- возможность нанесения на поверхности, находящиеся как над, так и под водой, при этом снятие имеющихся слоев краски не требуется;
- устойчива к УФ-излучению и экологически безопасна.

Системы MarineProtect™ разработаны известной немецкой компанией DENSO GmbH, которая ведет свою историю с 1922 г. и является лидером в области антикоррозионной защиты. Уже более 90 лет ее деятельность связана с защитой трубопроводов, в том числе и подводных. Еще в 1929 г. компанией была запатентована петролатумная лента («лента DENSO», изобретена в 1927 г.) — первая в мире технология пассивной защиты трубопроводов от коррозии. Специалисты DENSO GmbH оказывают необходимую консультативную помощь и проводят обучение, организуют технологическое сопровождение работ.

Система MarineProtect™ включает три элемента: праймер, ленту, кожух, обязательное и последовательное нанесение которых и составляет суть технологии.

#### **Праймер.**

Пастообразный праймер MarineProtect™ на основе натурального воска (ланолина) легко наносится на поверхность свайной конструкции даже под водой. При нанесении праймера за счет его эмульгирующей способности с поверхности конструкции вытесняется вода — таким образом формируется влагостойкий слой, при этом выравниваются и заполняются неровности и полости на поверхности конструкции. В основном ланолин представляет собой смесь сложных эфиров высокомолекулярных спиртов с высшими жирными кислотами и свободных высокомолекулярных спиртов. В химическом отношении достаточно инертен, нейтрален и устойчив при хранении. Ценнейшим свойством ланолина является его способность эмульгировать до 180—200 % (от собственной массы) воды, с образованием эмульсий типа вода/масло [7].

Материал подходит для защиты строящихся и ремонтируемых сооружений. Поставляется в ведрах весом 10 кг. Технические характеристики праймера MarineProtect™ представ-

Характеристики	Ед. изм.	Типичные значения	Методы испытаний
Плотность	г/см <sup>3</sup>	ок. 0,93	ISO 2811
Температура каплепадения (по Уббелодде)	°С	> +100	DIN 51801
Расход	кг/м <sup>2</sup>	0,35	
Температура при нанесении	°С	от -10 до +50	
Температура эксплуатации	°С	от -60 до +70	
Температура хранения	°С	< +40	

**Табл. 1. Технические характеристики праймера MarineProtect™**

лены в табл. 1. 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. Этим требованиям достаточно для нанесения системы MarineProtect™.

#### Лента

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 легко наносится на поверхность любой формы. Она не пропускает коррозионные среды, кислород и воду, химически устойчива к соленой воде. Обладает

Характеристики	Ед. изм.	Типичные значения	Методы испытаний
Толщина (общая)	мм	1,5	
Толщина полимерной пленки	мкм	100	
Число омыления	мг/КОН/г	<10	EN 12068
Нахлест	%	50	
Температура при нанесении	°С	От -10 до +50	
Температура эксплуатации	°С	От -60 до +70	
Температура хранения	°С	< +40	

**Табл. 2. Технические характеристики ленты MarineProtect™**

ет высокой кислотной и щелочной устойчивостью: стойкость к средам с уровнем pH от 0 до 14.

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. При намотке ленты вода выдавливается от поверхности праймера, и происходит слипание ленты с праймером. Получившаяся система является водо- и газонепроницаемой, что и необходимо для защиты сваи от коррозии. Ширина ленты выбирается в зависимости от диаметра сваи.

Лента поставляется в рулонах шириной 50, 100, 200 мм; длина ленты в рулоне 10 м. Технические характеристики ленты MarineProtect™ представлены в табл. 2.

#### Кожух

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. 3.

Кожух фиксируется специальными натяжными ремнями

Характеристики	Ед. изм.	Типичные значения	Методы испытаний
Толщина	мм	2	
Прочность на растяжение	Н/мм <sup>2</sup>	>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≥E <sub>v</sub> /E <sub>0</sub> ≥0,75 1,25≥S <sub>v</sub> /S <sub>0</sub> ≥0,75	DIN EN 12068

**Табл. 3. Технические характеристики кожуха MarineProtect™**

(MarineProtect™-100) или надежным винтовым соединением (MarineProtect™-200).

Для значительного увеличения срока эксплуатации свай в зоне переменного смачивания системой MarineProtect™ рекомендуется защищать и новые сваи, имеющие лакокрасочное покрытие. При ударных механических нагрузках на лакокрасочные покрытия образуются микро- и макротрещины или сколы в жестком покрытии, и через них открывается доступ воды и кислорода к поверхности металла. Со временем корродированный участок расширяется и в ширину, и в глубину сваи. Зачастую корродированные под лакокрасочным покрытием участки сваи обнаруживаются слишком поздно, когда глубина коррозии измеряется десятками миллиметров.

При ударных механических нагрузках на систему MarineProtect™ не образуются трещины и сколы, поскольку и петролатумная лента, и праймер сделаны на основе аморф-

Компоненты	Характеристика	Ед. изм.	Типичные значения	Методы испытания
Праймер	Плотность	г/см <sup>3</sup>	ок. 0,93	ISO 2811
	Температура каплепадения (по Уббелюде)	°С (°F)	>+100 (>+212)	DIN 51801
Лента	Толщина	мм	1,5	
	Толщина кашировальной ПП-пленки	мкм	100	
	Число омыления	Мг (КОН)/г	<10	DIN EN 12068
Кожух	Толщина	мм	2	
	Удлинение при разрыве	%	>600	ASTM D 638
	Прочность на растяжение	Н/мм <sup>2</sup>	21	ASTM D 638
Система	Ударостойкость	Дж	>15	DIN EN 12068

**Табл. 4. Общие характеристики систем MarineProtect™-100 и MarineProtect™-2000FD**

ных, высокопластичных материалов. При повреждении защитного кожуха всегда можно быстро произвести ремонтные работы, нанеся на поврежденный участок новый отрезок кожуха.

Для антикоррозионной защиты DENSO GmbH сегодня представляет две основные системы: MarineProtect™-100 и MarineProtect™-2000FD. Обе они имеют одинаковые качественные характеристики, представленные в табл. 4, но различаются, как уже отмечено выше, способом крепления кожуха.

За последние годы системы MarineProtect™ успешно



**Установка кожуха (порт Тамань)**

применялись при ремонте свай на объектах в портах Новороссийск и Тамань. Специалисты и заказчики оценивают технологию как надежную, экономичную, позволяющую значительно ускорить процесс ремонта, поэтому прогнозируют широкое распространение систем MarineProtect™ для защиты гидротехнических сооружений, подводных трубопроводов и любых конструкций, эксплуатация которых предполагается в агрессивной атмосферной и морской среде.

#### **МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА**

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

Положительные свойства системы MarineProtect™ показывают и на объектах, и при лабораторных испытаниях. Так, участки трубы, на которые была нанесена противокоррозионная защита при помощи праймера и ленты MarineProtect™, в течение 24 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  $23 \pm 2$  °С. В течение срока выдержки образца в соленой воде изменения цвета воды не наблюдалось; вымывания защитного материала и образования масляной пленки также не установлено. Признаки коррозии не были обнаружены и на внутренней стороне трубы, покрытой только праймером. После удаления защитного покрытия видимых признаков коррозии не обнаружено: лента и праймер MarineProtect™, применяемые совместно или по отдельности, формируют долговечную защиту поверхности от попа-

дания влаги. Системы MarineProtect™ особо эффективны для защиты свай в зоне переменного смачивания и забрызгивания, позволяют защитить как небольшие участки конструкций, так и свайные основания гидротехнических сооружений.

Безусловным преимуществом системы MarineProtect™ является тот факт, что процесс применения не требует каких-либо сложных подготовительных работ. Если при ремонте кессонным способом необходимо подготовить, установить оборудование; при использовании эпоксидных мастик особым образом подготовить их к работе, то при использовании MarineProtect™ все компоненты уже готовы к работе, и сами материалы не требуют какой-либо особой подготовки.

Также важное преимущество — наличие покрытия (кожуха), защищающего от механических повреждений, что особо важно при ледовых нагрузках или любых других факторах риска для конструкции.

#### **Литература**

1. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. // Свод правил. Гидротехнические сооружения. Основные положения. 2012 г.

2. Маркович Р. А., Колгушкин А. В. Коррозия морских гидротехнических сооружений. // Коррозия Территория Нефтегаз. 2009. Май 2009., С. 56—59.

3. Гаврильчик Л. Д., Зобачев Ю. Е., Соминская Э. В. Новые отечественные и импортные лакокрасочные покрытия для защиты судов от коррозии и обрастания. ЦНИИМФ // Статьи в интернете. 2012 г.

4. Алексеев И. О. Природоохранные технологии ремонта морских гидротехнических сооружений с применением гермокамер. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 2001г.

5. ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степень окисления и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий // Национальный стандарт Российской Федерации, 2014г.

6. Формы проявления коррозии // Энциклопедия по машиностроению XXL, с. 48.

7. Мартенс Л. К. Ланолин // «Техническая энциклопедия», Том 11., С. 863.



**ООО «СМУ-Изоляция»**  
350072 Краснодар, Московская, 97  
Тел. +7 (861) 293 01 01  
mail@smuizol.ru, www.smuizol.ru



**DENSO GmbH**  
P.O. Box 150120,  
51344 Leverkusen, Германия  
Тел. +49214 2602-309  
kan@denso.de, www.denso.de