



ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ



ЗАЩИТА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПЛАТФОРМ – ОДНА ИЗ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ, С КОТОРЫМИ ЕЖЕДНЕВНО СТАЛКИВАЕТСЯ ЛАКОКРАСОЧНАЯ ИНДУСТРИЯ. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ, ПОСТОЯННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРСКОЙ ВОДЫ, ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ И СКОПЛЕНИЕ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ НА КОРПУСЕ ПРЕДОСТАВЛЯЮТ МАССУ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ПОЯВЛЕНИЯ КОРРОЗИИ.

МАЙК ГАРСИД
По материалам European Coatings Journal
Перевод ОЛЬГИ ХОРОВОЙ

Безусловно, восстановление покрытий на подводных конструкциях нефтегазовых сооружений неосуществимо. Между тем некоторые полупогружные плавучие буровые установки можно перемещать или отправлять в док, при этом потери от производственного простоя для одной рабочей платформы по меньшей мере могут оцениваться в 1 млн долларов в день. Не удивительно, что специалистам требуются покрытия, которые способны служить максимально долго. Поскольку безопасность обслуживающего персонала также зависит и от качества антикоррозионной защиты конструкций, все технические нормативы составляются максимально строго.

Нефтегазовая отрасль по-прежнему заинтересована в покрытиях, срок службы которых составляет 15 лет, в отдельных случаях – даже 25 лет. Однако требования к жизненному циклу материалов с каждым годом только возрастают, в связи с этим не прекращаются дискуссии о создании защитных покрытий со сроком службы до 40 лет.

Сложности

Сегодня в добыче газа и нефти задействованы различные типы судов и сооружений: при этом на смену буровым вышкам приходят новые хорошо сконструированные платформы FPSO (плавучие нефтеналивные хранилища с отгрузочным устройством), способные накапливать извлекаемые ресурсы. Нефть и газ транспортируются по трубам, собираются в плавучих хранилищах или в тендерных судах, обслуживающих морские буровые установки.

В отличие от действующего морского флота на подобные стационарные сооружения не влияют ограничения по скорости и выбросам топлива. Тем не менее проверка коррозионной стойкости должна проводиться регулярно, если не производится постановка в док, что позволительно для некоторых типов судов. Простота в очистке обязательна при использовании твердых покрытий. Чтобы уменьшить сопротивление перемещению, поверхность следует очищать до монтажа бурового оборудования.

Очистка корпуса

Стационарные сооружения открыты как для микро-, так и для макроповреждений, особенно если применяются стандартные антифоулинги с биоцидами, для запуска защитного механизма которых требуются проточные воды. Это, в свою очередь, способствует скорому и сильному обрастанию корпуса за относительно небольшой промежуток времени. Даже при низких температурах данный процесс происходит достаточно быстро, поэтому не удивительно, что в теплых водах, к примеру в северной части побережья Мексиканского залива, обрастание происходит практически мгновенно: слой в 300 мм образовывается за период между проверками.

В связи с этим перед погружением сварочных швов под воду и инспектированием поверхности корпуса, как правило, проводят жесткую очистку твердых покрытий. В лучшем случае противообрастающие покрытия служат в течение 5 лет, при этом многое зависит от того, будут



ли суда или установки отправляться на докование.

Большегрузные корабли могут перемещать на своем корпусе до 5000 тонн микроорганизмов и водорослей, которые прирастают всего за два года. Для того чтобы судно прошло освидетельствование подводной части классификационной группой, что заменяет собой постановку в док, корпус должен быть тщательно очищен. Получение разрешения на подобную инспекцию, как правило, требует промежутка в 5 лет.

Биологическая коррозия – другое потенциально опасное явление, возможным источником которого могут стать ускоренные процессы корроирования в металлических сварных конструкциях при малом уровне воды в портах и гаванях. К аналогичным последствиям способны привести попадание воды в трюм судна или хранение воды в специальных резервуарах. Снижение прочности металла при скорости корроирования 0,2–4 мм в год объясняется именно таким типом разрушительного воздействия.

Сохранение в чистоте корпуса разведочного судна и оснастки позволяет поддерживать их в рабочем состоянии вопреки увеличивающемуся из-за обрастания весу. Повышающаяся масса не только равномерно усиливает палубную нагрузку, но и по прошествии определенного времени повреждает сам корпус.

Распространение по всему миру

По оценкам, в мире действует более 8000 нефтегазовых сооружений, причем более поло-

вины из них расположены на побережье Мексиканского залива. Среди других географических зон их высокой концентрации – Азия, Средний Восток, Северное море, берега Западной Африки и Южной Америки. В настоящее время разведывательные работы ведутся на новых территориях, например, в Арктике. Чтобы доставить залежи нефти, в некоторых частях света буровые установки приходится опускать на 7 миль вглубь моря.

Взрыв на полупогружной нефтяной платформе сверхглубокого бурения «Глубокий горизонт» привел к массовому ужесточению требований по безопасности объектов подобного типа, вместе с тем последовало и резкое возрастание эксплуатационных расходов. Особенно это имеет отношение к новым арктическим месторождениям, хрупкая экосистема которых нуждается в повышенной защите.

В числе основных типов сооружений представлены:

- буровые установки, буксируемые к определенным месторождениям, впоследствии опоры их основания опускаются на морское дно, а корпус поднимается специальными механизмами на поверхность воды;
- суда с буровой вышкой, которые выглядят как стандартные корабли с дополнительной установкой, способной бурить сквозь отверстия в корпусе. Данная конструкция может быть закреплена в неподвижном состоянии или находиться под контролем специальной GPS-системы;



ПО ОЦЕНКАМ, В МИРЕ ДЕЙСТВУЕТ БОЛЕЕ 8000 НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПРИЧЕМ БОЛЕЕ ПОЛОВИНЫ ИЗ НИХ РАСПОЛОЖЕНЫ НА ПОБЕРЕЖЬЕ МЕКСИКАНСКОГО ЗАЛИВА. СРЕДИ ДРУГИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН ИХ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ – АЗИЯ, СРЕДНИЙ ВОСТОК, СЕВЕРНОЕ МОРЕ, БЕРЕГА ЗАПАДНОЙ АФРИКИ И ЮЖНОЙ АМЕРИКИ.

- погружные буровые платформы, способные удерживаться в мелководных зонах и балансировать на морском дне;
 - полупогружные буровые платформы, позволяющие создавать верхние надстройки на корпусе или понтоне.
- Морские эксплуатационные платформы включают:
- неподвижные эксплуатационные платформы, закрепленные на морском дне при помощи свай;
 - плавучие системы нефтедобычи, хранения и выгрузки, а также плавучие системы хранения и выгрузки, закрепленные аналогично;
 - платформы с натяжными опорами, которые, как правило, эксплуатируются в глубинных

водах, состоят из металлического или бетонного основания, установленного на морском дне при помощи вертикальных натяжных элементов опоры.

Участки коррозии

Прибрежные сооружения подвергаются затоплению, воздействию морских брызг и соленого воздуха. Степень коррозии металла в данных условиях может превышать 100 мил в год. Непосредственная близость к растворенному кислороду и хлористым соединениям в комплексе с температурными перепадами, меняющимся уровнем pH, приливами и распространением микроорганизмов подвергают конструкции большому риску: скорость коррождения металла на данных участках повышается в 8–10

раз по сравнению с простым атмосферным воздействием, тогда как при полном погружении она возрастает лишь в 3–4 раза. Сильный износ корпуса и дополнительное коррозионное разрушение поверхности, соприкасающейся с водой, добавляют проблем.

Типы покрытий

В 1940–1950-х годах виниловые и хлоркаучуковые покрытия считались основным средством защиты от коррозии, толщина их сухой пленки при этом могла составлять от 250 до 300 мкм (10–12 мил) для условий эксплуатации в открытой атмосфере. Ранее также применялись неорганические цинк-силикатные грунтовки и эпоксидные составы, неорганические цинк-эпоксидно-уретановые системы используются до сих пор.

Конструкции, находящиеся в зонах подтопления и воздействия брызг, защищаются при помощи толстослойных покрытий: 10–12 мил состава на основе эпоксидно-каменноугольной смолы.

Современные технологии подразумевают использование органических цинкнаполненных грунтовок (в основном преобладают эпоксиды, но могут применяться и отверждаемые во влажной среде уретаны), которые достаточно не дороги и просты в нанесении, эпоксидные составы с высоким содержанием сухого остатка, полисилоксановые покрытия (органополисилоксановые полимеры, которые не содержат в своей основе углерод, созданы на базе силиконов и атомов кислорода), твердые покрытия со стеклянными пластинками, в рецептуры которых также включены виниловые эфиры и полиэфирные. Винилэфирные смолы имеют сходное молекулярное строение с полиэфирными, проявляя повышенную стойкость к воде и различным химическим соединениям, что позволяет использовать их для защиты трубопроводов и нефтяных резервуаров.

Промежуточные эпоксидные покрытия с высоким сухим остатком отличаются низким содержанием летучих органических соединений и невысокой токсичностью, тогда как составы на основе растворителей менее экологичны и менее производительны (требуется больший расход ЛКМ для получения нужной толщины пленки). Стоит добавить, что полисилоксановые материалы защищают поверхности от истирания, абразивного износа и погодных перепадов.

Некоторые компании утверждают, что твердые антикоррозионные покрытия, которые можно использовать в качестве финишного слоя для силиконовых ЛКМ, разработаны для предохранения поверхности от быстрого обрастания, так как эффективность действия антифоулингов не превышает 2–5 лет. Ряд специалистов отмечает, что составы на основе винилэфирных и полиэфирных смол, усиленные стеклянными пластинками, способны обеспечивать желаемую упругость и гарантировать длительный срок службы покрытий, а также достаточную стойкость материалов, позволяющую выдерживать несколько циклов очистки.

Как правило, термически напыленный алюминий используется для защиты прибрежных сооружений, однако он подходит не для всех областей: когда конструкция погружается под воду, данное покрытие играет роль анода и, как следствие, теряет свои защитные свойства. Даже при нанесении толстым слоем (10–15 мил) термически напыленный алюминий быстро уничтожается под воздействием химических процессов, оголяя металл.

В некоторых случаях может применяться купроникелевый сплав для защиты опорных стоек морских платформ, к примеру, данная технология была успешно опробована на газовом месторождении в Моркаме (близ Великобритании). Такое покрытие высоко устойчиво к коррозии в морской воде, поскольку его электрохимический потенциал остается нейтральным.

Стандарты

Стандарты NORSOK были разработаны в Норвегии при содействии нефтеперерабатывающих компаний для контроля защиты и подготовки поверхности морских платформ. NORSOK M-501, к примеру, распространяется только на антикоррозионные системы покрытий и процессы, связанные с их применением. Сюда же включены отбор ЛКМ и определение параметров для подготовки поверхности, процедуры по нанесению покрытий и контролю защитных материалов на морских сооружениях, а также задействованном на них оборудовании.

NORSOK M-501 определяет системы покрытий для девяти ключевых направлений, некоторые из них должны быть предварительно оценены при длительном тестировании, проводимом независимой лабораторией. Описание подобных экспериментов приводится в стандарте ISO 20340, сюда же включаются применение химических реактивов и несколько тестов на производительность. Для ускоренных испытаний на старение покрытий отбираются полностью отвержденные системы ЛКМ, горизонтально нанесенные на оголенный металл. Впоследствии они подвергаются циклическим испытаниям длительностью в 4200 часов. Тест на полное погружение в морскую воду позволяет оценить панели, покрытие на которых было повреждено после 4200 часов выдержки в искусственно созданной морской воде при 40 °С. Проверка на сопротивление катодному отслаиванию позволяет выявить максимальный объем отслаивания покрытия после 6 месяцев выдержки. Программа полного тестирования, как правило, занимает около 9 месяцев.

Стандарты также обязывают всех специалистов, вовлеченных в процесс нанесения или проверки ЛКМ, подтверждать свою квалификацию. Лица, ответственные за нанесение покрытий, должны проходить профессиональную сертификацию или сдавать экзамены на пригодность прямо на объекте. Инспекторы должны получать международные сертификаты FROSIQ или NACE.

NORSOK M-501 стал универсальным общепринятым в мире стандартом, учитывающим большинство требований для систем антикоррозионной защиты.

Повреждения покрытий

В большинстве случаев повреждения в покрытиях вызваны неправильным нанесением, поэтому соблюдать стандарты и спецификации производителей необходимо очень строго. Отдельное внимание должно уделяться краям балок, для которых требуется закругление по радиусу или нанесение узкого ленточного слоя ЛКМ. Некоторые трудности может создавать непосредственная близость трубопроводных сетей, так как коррозия обычно появляется на участках, где неровности на металлической поверхности портят покрытие или монтажные сварные швы. Также велика вероятность того, что может произойти механический износ или повреждение плавучих конструкций платформ.

В целом, как и со всеми морскими покрытиями, если защитные ЛКМ наносятся при высокой влажности и давлении, экстремальных температурах, блокирующих работу, впоследствии, скорее всего, возникнут проблемы.

Поскольку все заинтересованы в увеличении срока службы покрытий, очистка до степени Sa3 (все микроскопические частицы, загрязнения и пр. должны быть полностью удалены, а поверхность металла должна приобрести однородный белый цвет без разводов, полос или пятен), вполне возможно, будет применяться для большинства объектов, вытеснив таким образом более традиционную обработку поверхности до степени Sa2.5.

Увеличение срока службы

Компании Shell UK и Nederlandse Aardolie Maatschappij BV владеют и управляют 56 нефтегазовыми объектами, расположенными в южной части Северного моря. Большинство морских платформ уже превысили отведенное им время для эксплуатации, причем некоторые из них работают более 40 лет. Для проведения глобальной реконструкции была приглашена фирма International Paint, специализирующаяся на легконаносимых системах покрытий с высоким содержанием сухого остатка и удобных в использовании защитных материалах под маркой Interzone® 954. Для нефтегазовых сооружений Shell UK было использовано 45 000 литров Interzone 954 (толщина сухой пленки составила 13,8 мил) для защиты более 100 000 м² верхних строений и зон повышенного воздействия брызг, включая ограждения и лестницы.

«Переигрывать игру»

Тоби Стейн, один из специалистов по маркетингу International Paint, отметил, что все заверения в том, что покрытия смогут защищать порядка 40 лет новые конструкции, выдаются исключительно для удовлетворения пожеланий заказчика. «Тем не менее это не означает, что мы считаем минимальные тестовые требования необязательными для исполнения. Всегда необходимо учитывать и полный срок службы покрытия в процессе его эксплуатации. Клиенты хотят испытывать надежность защитных систем, мы предоставляем им такую возможность. При этом не стоит забывать, что не всегда толщина слоя является главным критерием качества, во всем нужно искать баланс. Более того, мы при-

нимаем во внимание методы подготовки поверхности и стойкость к процессам, которые могут нарушить целостность покрытия в течение производственного цикла. Покрытия должны соответствовать всем требованиям для применения и хранения в той же мере, как и отличаться длительностью антикоррозионной защиты при эксплуатации объектов. Требуется большой опыт для распознавания и понимания того, какое покрытие наиболее приемлемо в каждом конкретном случае. Это характерно для всех участков нефтегазовых платформ, независимо от того, что это – зона попадания брызг, погружения в воду, атмосферного воздействия или повышенного нагревания», – разъясняет он.

Нефтедобыча на шельфе подразумевает очистку металлических поверхностей установок до степени Sa2.5 и профиля поверхности до 50–75 мкм. Также важно помнить, что большинство заказчиков просит, чтобы грунтовочный слой наносился еще на этапе сборки конструкций в цеховых помещениях. В целом, это не настолько коммерциализированная индустрия, как морское судоходство, где корабли принято отправлять в сухие доки. Заводская грунтовка наносится достаточно тонким слоем, как правило, он составляет 0,8 мил (лучше выбирать цинкнаполненные составы) – этого достаточно для защиты металла в течение всего процесса монтажа. Для длительной работы необходимо сделать профиль поверхности правильным, а уровень загрязнения покрытия солью допустимым.

Для таких случаев International Paint обычно рекомендует использовать Interzone 1000, подходящий для зон воздействия брызг, InterShield® 300 или Interzone 954, разработанные для защиты погружных участков платформ. В дополнение к этому, ссылаясь на стандарт NORSOK M-501, Тоби Стейн сообщает: «Большинство нефтяных компаний придерживаются своих технических спецификаций, по которым впоследствии оцениваются все продукты. Interzone 1000 и InterShield® 300 не требуют специального финишного покрытия для улучшенной коррозионной стойкости. В местах, где возникает биологическое обрастание, создающее проблему для подводного инспектирования, можно использовать легкоочищаемые фторполимерные покрытия, которые в настоящий момент пользуются популярностью на международном рынке, к примеру линейка Intersleek. Корпорации, в том числе Shell, BP, Inpex и Chevron, выбирают Intersleek®, чтобы защищать стальные конструкции и сокращать колонии паразитирующих видов в более чувствительных экосистемах. Спрос на Intersleek для плавучих систем нефтедобычи, хранения и выгрузки значительно вырос с момента первого применения на Frade FPSO в 2007 году. Данный материал использовался в различных проектах, включая строительство полупогружной буровой платформы Jack St Maio компании Chevron».

Альтернативные покрытия

Jotun советует применять Baltoflake, полиэфирное покрытие с включенными стеклянными пластинками, разработанное специально для защиты нефтяных объектов в зонах разбрызги-

вания и погружения в морскую воду. Данный продукт был разработан для защиты конструкций от истирания, воздействия соленой воды и химикатов, в его рецептуру входят полиэфирные со стеклянными пластинками, усиливающими эффективность материала. При этом от антифоулингов специалисты Jotun рекомендуют воздержаться, так как промежутки между этапами обслуживания платформ могут растягиваться на длительный срок.

Линейка материалов Hempel базируется на нескольких технологиях: для морских нефтегазовых сооружений предпочтительнее выбирать бессольвентное двухкомпонентное эпоксидное

мы не наносим антифоулинги на морские нефтегазовые объекты. Большинство антиобрастающих покрытий применяется для быстроходных судов, которые на скорости стряхивают водоросли и микроорганизмы, что никак не соотносится со стационарными сооружениями. Вы можете наносить на поверхность антифоулинги, которые несколько препятствуют обрастанию, но мы не советуем делать это применительно к данному сектору. Основная функция антиобрастающих покрытий для морских судов – снижение сопротивления, что в конечном счете приводит к экономии топлива, однако опять же это не актуально для морских платформ».

В 1997 году она была переделана из мобильной буровой установки в сооружение для запуска спутников в экваториальной части Тихого океана.

Джен Бакки, руководивший пуском ракет с кораблей, отмечает, что в обслуживании платформы Odyssey существуют особые сложности. Постановка в сухой док идет вразрез с программой по работе со схожими объектами и мешает ежегодному графику запуска, причем каждый из них обходится в 100–200 млн долларов.

«Мы уполномочены направлять ее в сухой док каждые 15 лет», – объясняет Джен. – «Платформа снабжена системой обеспечения движения, которая должна инспектироваться каждые 5 лет, но мы разработали специальные гидронепроницаемые перемычки, позволяющие проверять платформу без докования».

Однако антифоулинги на основе биоцидов, которыми был покрыт ее корпус до прошлого года, не обеспечивали необходимую степень антикоррозионной защиты.

«Данные сооружения соустраиваются медленно, – уточняет Бакки. – В первую очередь мы знаем, что противообрастающие покрытия данного типа на медленно движущихся судах не имеют способности к абляции, необходимой для обеспечения должной защиты от обрастания, поэтому, если использовать антифоулинги на основе биоцидов или твердые покрытия, обрастание все равно неминуемо». С так называемых мягких систем противообрастающих покрытий биологическое обрастание счищается сложнее, и в конечном счете оно проникает внутрь покрытий.

В настоящем актуальны проблемы, связанные с очисткой с корпуса ранее использовавшихся антифоулингов на основе биоцидов. «Когда вы начинаете этот процесс, вы вынуждены закладывать время на докование, – комментирует Джен. – Вы должны продолжать очистку. Это то, где экономия играет свою роль. Как правило, проходит 9–12 месяцев с момента, когда вы приступили к очистке, до момента, когда конструкция была перемещена в сухой док для восстановления или повторного нанесения антифоулинга. Если начать обработку поверхности ранее указанного срока, вы окажетесь на скоростном спуске».

Поскольку нефтепоисковые работы продолжают на глубине, которая еще несколько лет назад казалась недосягаемой, увеличивается стоимость буровых вышек и обслуживающего их оборудования. В частности, на побережье Бразилии проявляется повышенный интерес к подобным конструкциям, так, близ горда Сатус глубина скважины превысила 3 мили (7000 футов водяного столба, 6600 футов толщи соляных залежей и 4000 футов камней). Арктические буровые суда были разработаны, чтобы возделывать глубину, которую только можно представить в морском пространстве (7 миль). Сохранение подобных установок и сооружений от коррозии и избыточного обрастания на продолжительный срок – краеугольный камень лакокрасочной индустрии. ■

ТОБИ СТЕЙН, ОДИН ИЗ СПЕЦИАЛИСТОВ INTERNATIONAL PAINT, ОТМЕТИЛ, ЧТО ВСЕ ЗАВЕРЕНИЯ В ТОМ, ЧТО ПОКРЫТИЯ СМОГУТ ЗАЩИЩАТЬ ПОРЯДКА 40 ЛЕТ НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ВЫДАЮТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОЖЕЛАНИЙ ЗАКАЗЧИКА. «ТЕМ НЕ МЕНЕЕ ЭТО НЕ ОЗНАЧАЕТ, ЧТО МЫ СЧИТАЕМ МИНИМАЛЬНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ НЕОБЯЗАТЕЛЬНЫМИ ДЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ».

покрытие Hempadur Multistrength 35460. В зонах разбрызгивания и погружения в морскую воду данный материал способен защищать от истирания и коррозии благодаря эпоксидному двухкомпонентному составу, не содержащему алюминиевые пигменты.

Цинк-фосфатный грунт EPIGRIP C402V2 предлагают использовать для зон разбрызгивания в Sherwin-Williams, тогда как EPIGRIP M922, эпоксидный состав со стеклянными пластинками, больше подходит для зон погружения в морскую воду. Двухкомпонентный эпоксидный цинк-фосфатный грунт имеет высокое содержание сухого остатка, толщина его сухой пленки составляет 100 мкм, при этом для придания декоративности достаточно нанести один слой.

Эпоксидное покрытие со стеклянными пластинками – двухкомпонентный состав с высоким содержанием сухого остатка, пигментированный микроразмерными стеклянными пластинками, – был разработан для нанесения на очищенные стальные поверхности и конструкции с катодной защитой. Толщина сухой пленки покрытия составляет 400 мкм.

Sigma, бренд, принадлежащий PPG Industries, включает покрытия со стеклянными пластинками, но, как правило, для нефтегазовых платформ рекомендуется использовать эпоксидное покрытие Sigma Shield 880.

Дейв Хил, технический специалист компании в области защитных покрытий в Великобритании, Ирландии и Скандинавии, дополняет: «Обычно

Стандартные эпоксидные системы способны обеспечивать длительную защиту. Как правило, срок их службы составляет 25 лет, но некоторые материалы могут отличаться большей долговечностью. Среди нефтегазовых компаний сложилась уже некая традиция – для повышенной защиты применять полиэфирные ЛКМ со стеклянными пластинками в рецептурах.

Для построенных в недавнем времени сооружений в Северном море PPG использовала комбинацию термической наносимого алюминиевого покрытия Sigmascover 522 и Sigmashield 825 (для зоны разбрызгивания морской воды).

Непроницаемый барьер

Экологичные быстро сохнущие покрытия на основе сложных виниловых эфиров содержат большое количество стеклянных пластинок, что позволяет создавать своего рода непроницаемый барьер. Их принято наносить в два слоя на поверхность, очищенную до степени Sa2.5, без дополнительного финишного покрытия. Высокая толщина пленки и стеклянные пластинки одновременно обеспечивают и антикоррозионную защиту, и стойкость покрытий, а также позволяют проводить регулярную гидроочистку поверхности. Антикоррозионная защита гарантируется на 10 лет, хотя производители и указывают срок, равный времени эксплуатации судна.

Подобные материалы недавно применялись для Sealaunch Odyssey, полупогружной мобильной платформы для летающих объектов, которая действует близ Лонг-Бич, штат Калифорния.