

# Защита От Коррозии

## В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГРАДИРЕН

Причины коррозии (в том значении, в котором этот термин употребляется в данной статье) – это химические элементы и их соединения, способные, в силу своих естественных свойств, в определенных условиях вступать в химические либо электрохимические реакции с металлами. Главной причиной коррозии является действие кислорода – самого распространенного химического элемента на Земле. Под "окислением" в тексте подразумевается взаимодействие кислорода с другими элементами и соединениями, а под "ржавлением" – непосредственно его взаимодействие с железом, которое является основным компонентом углеродистой стали, применяемой, в частности, в качестве материала для изготовления различных компонентов конструкций градирен.

Использование углеродистой стали в той или иной мере всегда связано с действием коррозии. В холодном и сухом воздухе роль коррозии сравнительно невелика. Однако во влажных и жарких условиях ее действие существенно усиливается, и с ним приходится считаться в первую очередь.

Изменения в составе воздуха также влияют на коррозионные процессы, причем гораздо чаще – в сторону их ускорения. В прежние времена, когда воздух был сравнительно "чистым", считались вполне надежными те антикоррозионные покрытия, которые согласно нынешним стандартам никуда не годятся. В наш век индустриализации устойчивое развитие промышленных производств и ставшие его следствием выбросы различных газов изменили и продолжают менять состав атмосферы, как правило в сторону ее большей агрессивности. Разумеется, постоянное повышение коррозионной активности окружающей среды требует от производителей антикоррозионных покрытий непрерывного проведения научных и технических изысканий. И, как показывает практика, в борьбе с атмосферной коррозией они справляются прекрасно.

Однако существуют и другие кислородосодержащие среды, способные накапливать растворенные атмосферные газы, например вода. Погрузите в нее стальной предмет, обеспечьте постоянный приток кислорода – а заодно и нагрев, – и коррозия практически не оставит стали шансов. Мы с вами только что воспроизвели те технологические условия, в которых постоянно пребывают стальные элементы конструкций градирен.

Для полного воссоздания интересующих нас технологических условий необходимо ввести такие факторы, как ток воды и испарение. В стоячей воде на стальных поверхностях, как правило, формируется своеобразная защитная пленка из оксидов, которая замедляет дальнейшее протекание коррозионных процессов. Однако в потоке воды эта защитная пленка разрушается, едва успев образоваться, и, таким образом, разрушительному воздействию подвергаются все новые слои металла. При испарении (которое и происходит в градирнях) чистая вода покидает систему в виде пара, а концентрат из остающихся веществ становится все более агрессивным.

Очевидно, что если понадобится создать такую "камеру коррозионных пыток" для стальной конструкции, то градирня как нельзя лучше подойдет на эту роль. Поэтому неудивительно, что признанные производители градирен считаются наиболее авторитетными специалистами в вопросах контроля и предотвращения коррозии углеродистой стали в условиях

течения и испарения воды. Удивительно же, что при одинаковых исходных условиях задачи разные производители предлагают разные, порою исключаящие друг друга технические решения. В различных стандартных спецификациях различные системы изоляции, как правило, описываются в одинаково восторженных тонах, и, читая эти документы, порою нетрудно впасть в замешательство.

Однако в некоторых случаях все-таки можно найти некий общий знаменатель. Таким общим знаменателем мы считаем метод гальванизации, которому и посвящена данная статья.

## Барьерные покрытия

Защитные покрытия, применяемые на градирнях, можно разделить на два основных типа: барьерные и расходные. Оба типа покрытий активно применяются в данной отрасли производства, иногда совместно.

Окрасочные покрытия барьерного типа, как следует из названия, предназначены для создания защитного барьера между стальными поверхностями и корродирующими агентами. Большинство из них производится в жидком виде и наносится кистями, валиками либо с помощью распылителей. Некоторые барьерные покрытия производятся в виде порошка и наносятся методом электростатического осаждения с последующим нагреванием для спаивания частиц.

Хотя материалы барьерных покрытий, применяемых на градирнях, как правило, устойчивы к воздействию технологической среды, следует помнить, что все защитные покрытия в той или иной степени проницаемы из-за наличия микропор. Степень пористости покрытий различна и при необходимости компенсируется толщиной наносимого слоя. Тем не менее, независимо от состава и толщины слоя, ни одно барьерное покрытие не может считаться полностью непроницаемым для влаги и/или атмосферных газов.

Соответственно, проникновение под слой барьерного покрытия агрессивных элементов, вызывающих химическую коррозию металла, является лишь вопросом времени. При этом решающую важность имеет плотность прилегания покрытия к металлической поверхности, степень которой помогают определить лишь бдительные проверки качества. Кроме того, металлические поверхности необходимо тщательно готовить к нанесению покрытия, а само нанесение производить с соблюдением всех соответствующих требований. Для тех, кто знаком с технологией нанесения жидких покрытий, в этом утверждении не содержится ничего нового. Однако тех, кто надеется на новые технологии, ждет неприятное удивление: некоторые из "чудодейственных" покрытий обладают повышенной капризностью именно при нанесении.

Например, порошковые эпоксидные покрытия, наносимые методом электролитического осаждения, дают необходимую плотность сцепления частиц только при доскональном соблюдении всех предписаний.

При подготовке металлических поверхностей большую важность имеют не только температура, концентрация чистящих препаратов и продолжительность обработки. В углах и на гранях конструкций в силу естественных причин образуются заряды статического электричества, которые отталкивают частицы покрытия и препятствуют равномерному нанесению слоя. По мере нанесения слоев защитного покрытия им постепенно покрываются и держатели на деталях, которые работают в качестве заземляющих контактов. В результате их электропроводная способность снижается, и плотность прилегания защитного покрытия зависит скорее от качества его отверждения, которое производится в печах за определенное время при определенной температуре. Очевидно, что в многоступенчатых процессах, подобных этому, где необходимо следить за надлежащим качеством выполнения каждой операции, велика вероятность возникновения сбоев.

Впрочем, вопрос о возможности получения идеального защитного покрытия является чисто теоретическим. Даже если удастся добиться равномерной толщины слоя и идеального сцепления с поверхностью, проблема проницаемости покрытия остается нерешенной. Коррозия, действие которой усиливает кислород, проникающий сквозь естественные поры покрытия, постепенно подъедает защитный слой, и очаг разрушения металла разрастается. К сожалению, такие процессы зачастую обнаруживаются, лишь когда осуществлять ремонт конструкции уже слишком поздно. Как правило, о таком нарушении целостности защитного слоя свидетельствуют его вздутия, однако иногда покрытие выглядит внешне нетронутым и скрывает протекающие внутри разрушительные коррозионные процессы.

Поэтому для надлежащей защиты конструкций градириен от коррозии применение одних только барьерных покрытий считается недостаточным.

## Расходуемые покрытия (гальванизация)

Наиболее ответственные производители градириен, принимая во внимание изложенные выше факты, используют расходуемые защитные покрытия, к примеру наносимые методом гальванизации. В процессе гальванизации элементы стальных конструкций погружаются в расплавленный цинк при температуре примерно 454 °С. В результате на поверхности изделия образуются несколько слоев железо-цинкового сплава, а самый внешний образован чистым цинком. Толщина такого покрытия зависит от продолжительности погружения детали в цинковый расплав. В физическом смысле гальванизация – это нанесение все того же барьерного покрытия. Однако по части способности защитить сталь от коррозии никакое барьерное покрытие не может сравниться с гальваническим.

Хотя кислород вступает в реакции практически со всеми известными элементами, у него есть свои предпочтения. Например, в одних и тех же условиях цинк он будет окислять гораздо охотнее, чем железо (углеродистую сталь). Таким образом, в средах с высокой коррозионной активностью цинк используется в качестве расходного материала ради защиты углеродистой стали. При этом наличие непроницаемого барьерного покрытия из цинка необязательно: необходимо лишь присутствие этого металла. Покрытие барьерного типа может перестать защищать сталь от коррозии вскоре после контакта с водой, с гальваническим покрытием такого никогда не случится. До тех пор пока цинк контактирует с водой и находится рядом со стальной поверхностью, ее коррозия физически не может начаться.

В методике нанесения гальванических покрытий за годы существования этой технологии произошли существенные изменения, отчасти повлиявшие на то, каким образом слой цинка защищает субстратный металл. К концу 50-х годов 20-го века существовало довольно много компаний, занимавшихся нанесением гальванических покрытий. Все они использовали в своей работе огромные бассейны с расплавленным цинком, куда помещались элементы крупных стальных конструкций. Размеры этих бассейнов позволяли производителям выпускать крупногабаритные стальные компоненты, которые полностью погружались в цинковый расплав. И хотя в ходе процесса горячей оцинковки детали зачастую деформировались, это явление считалось неизбежным побочным результатом в целом надежной методики, обеспечивавшей покрытие всех поверхностей равномерным слоем цинка. В этом утверждении не содержится ничего нового. Однако тех, кто

надеется на новые технологии, ждет неприятное удивление: некоторые из "чудодейственных" покрытий обладают повышенной капризностью именно при нанесении.

В 60-х годах возросшая стоимость производства стала вынуждать предприятия к сворачиванию бизнеса, и спустя еще десятилетие лишь несколько наиболее успешных из них продолжали функционировать. Они обслуживали нужды компании Marley, производившей градириен, и выполняли гальванизацию профильных и сварных конструкций.

Оцинковкой листовой стали сталепрокатные фирмы к тому времени стали заниматься самостоятельно, осознав ценность этого процесса. Иногда этот процесс называют оцинковкой металлопроката, хотя по сути это та же самая гальванизация методом горячего погружения. Прокатное металлическое полотно подвергается отжигу и протягивается через бассейн с расплавленным цинком. Затем лист проходит через волоки, и обрабатывается струями воздуха либо водяного пара, что обеспечивает равномерную толщину цинкового слоя. Практика показывает, что оцинкованный таким способом листовой металл в дальнейшем выдерживает формовку (до определенного предела) без нарушения целостности покрытия.

Однако это не значит, что стальные изделия, гальванизированные методом горячего погружения, не отличаются по своим характеристикам от изделий, изготовленных из оцинкованной стали. К примеру, при обрезке краев оцинкованного полотна по заданной ширине его стальная сердцевина оголяется. Цинк за счет своей пластичности отчасти снова покрывает срезы, однако для их надежной защиты от коррозии этого недостаточно. В результате на краях листовой обшивки градириен, построенных в последние десятилетия, могут образовываться тонкие, красные от ржавчины полоски. Впрочем, это явление служит лишь доказательством защитных свойств цинка: на протяжении многих лет эти полоски будут оставаться таким же красными, а сталь под ними – неповрежденной.

Поскольку гальваническое цинковое покрытие является расходуемым, продолжительность его защитного действия напрямую зависит от толщины слоя цинка. Чем толще этот слой, тем больше лет потребуются для его полного растворения под действием агрессивных веществ. Однако антикоррозионные свойства гальванического покрытия зависят не только от его толщины. Метод гальванизации уникален тем, что субстратный металл защищает реакция цинкового слоя с агрессивными веществами, которая распространяется во всех направлениях от первоначального очага коррозии. Любой фактор, препятствующий этому эффекту, например наложение барьерного покрытия поверх гальванического, может сократить время, необходимое коррозионной активности для полного проникновения сквозь слой цинка к субстратному металлу.

На градириен производства компании Marley с 1957-го года в качестве стандартного применялось гальваническое покрытие G-210, наносимое на сталь 20-го калибра по Американскому сортаменту (1,01 мм) и толще. С 1996-го года стандартным считается покрытие G-235, у которого толщина цинкового слоя составляет в среднем 0,053 мм. Насколько нам известно, для производства градириен это максимальный показатель.

## Ценность комбинированных покрытий

В настоящее время некоторые производители градириен предлагают конструкции с эпоксидным покрытием, нанесенным методом электролитического осаждения поверх гальванического слоя. Эта технология существенно повышает стоимость всей конструкции, и вместе с тем о комбинированном покрытии говорят как об "экономически выгодной альтернативе нержавеющей стали". Такое утверждение заставляет задуматься, и поэтому нам кажется уместным изложить здесь некоторые общие сведения о данном типе покрытий вместе с определенными логическими заключениями.

Итак, комбинированные защитные покрытия разрабатывались в первую очередь для автомобильной индустрии и сейчас демонстрируют в этой сфере отличные результаты, что неудивительно, поскольку автомобили используются в гораздо менее жестких условиях, чем градириен. Гальванический слой обеспечивает защиту от обычных воздействий окружающей среды, а эпоксидное покрытие служит основой, на которую наносится автомобильная краска.

Как отмечалось на стр. 90 сентябрьского выпуска журнала Iron Age Magazine за 1983-й год: "Если бы единственным критерием в автопромышленности была защита от коррозии (каковым она и должна быть в производстве градирен), производители остановились бы на обычной гальванизации. Окрасочные же покрытия барьерного типа им кажутся лишь немногим лучше простых стальных поверхностей". Однако в автомобильной индустрии с применением гальванизации связаны определенные сложности, от которых производство градирен изначально избавлено.

Прежде всего, в отличие от заказчиков градирен, покупатели автомобилей, как правило, не гонятся за максимальной долговечностью своих приобретений. Зачем покупать нечто дорогое, если через несколько лет намереваешься это продать?

Далее, гальваническое покрытие может радовать взгляд разве что опытного и увлеченного инженера. Выглядит оно довольно грубо и, хотя первоначально обладает матовым блеском, со временем покрывается белесой патиной – слоем оксидов. Владельцы же старых градирен в этом случае говорят: чем блее, тем лучше.

Наконец, наносить краску на гальванизированные поверхности можно только после предварительной специальной обработки вследствие их склонности быстрому окислению. Краска, нанесенная на неподготовленную поверхность, пристаёт не столько к самому металлу, сколько к слою патины, и в конечном итоге отваливается (возможно, быстрое нанесение эпоксидного покрытия методом электролитического осаждения помогло бы автопромышленникам решить эту проблему).

Неспециалистам может показаться, что идеальным решением было бы нанесение расходуемого покрытия поверх барьерного. К сожалению, интуитивные догадки не всегда ведут к верным заключениям. Впрочем, именно интуиция, вероятно, и была причиной использования в прежние времена такой схемы нанесения защитных покрытий некоторыми производителями градирен. Тем более что она будто бы обеспечивала 6000 часов работы градири в присутствии распыленного 5-процентного солевого раствора.

Давайте рассмотрим практическую значимость такого испытания. В июле 1951-го года, в 25-м номере журнала Edgar Marburg Lecture, выпускаемом организацией ASTM, Фрэнк Лак (F. L. LaQue) опубликовал статью под названием "Коррозионные испытания" (Corrosion Testing), в которой доказывалось, что тестирование с применением солевого раствора ведет к неверным заключениям. Приведем некоторые извлечения из этой статьи:

"Если известно, что раствор соли в определенной концентрации оказывает наибольшее коррозионное воздействие на определенный материал, а целью испытания является получение максимальных разрушений за минимальный срок, то именно эта концентрация и будет выбрана в качестве тестовой. Следует, однако, помнить, что по отношению к другому материалу данная концентрация солевого может оказаться не самой агрессивной и что для построения сводного рейтинга чувствительности материалов к коррозии нельзя использовать солевой раствор только лишь одной концентрации. Ведь эти материалы могут применяться в условиях, отличных от тестовых, например в атмосфере морского воздуха".

И далее Ф. Лак пишет: "Любое заявление или утверждение, что столько-то часов в присутствии распыленного солевого раствора эквивалентно столько-то дням, неделям, месяцам или годам работы в естественных условиях (в том числе в морских), будет очевидно нелепым".

Возвращаясь в разговоре о градириях в наше время, следует заключить, что истинное время работы является единственным критерием, на который можно опираться в построении выводов. Число комбинаций таких показателей, как химический состав и процентное содержание агрессивных веществ в воде, циркулирующей в градири, а также ее температура, степень насыщенности воздухом и т. д., могут быть бесконечными. Поэтому неудивительно, что воссоздать в лаборатории условия, сколь-либо приближенные к реальным, невозможно.

Не так давно появилась алюминиевая краска с хроматированным цинком, которая при лабораторных испытаниях выдерживала 4700 часов воздействия 20-процентного раствора соли. Однако практика показала, что для применения на градириях эта краска непригодна. Таким

образом, способность покрытия выдерживать 6000 часов воздействия 5-процентного солевого раствора не является достаточным основанием для сопоставления этого покрытия с нержавеющей сталью. Сторонники гальванизации не склонны проводить подобных сравнений, а между тем выбранная ими технология уверенно лидирует уже более четверти века.

В компания SPX Cooling Technologies тоже не всегда скептически относились к многообещающим результатам лабораторных тестов. В 1955-м году мы сами стали жертвой повального увлечения покрытиями барьерного типа. Эпоксидное покрытие "Marclad", наносимое распылением с последующим нагревом, превосходно выдерживало испытания, ложилось на поверхности красивым гладким слоем и производило впечатление практически полной непроницаемости. К сожалению, это подававшее большие надежды покрытие оказалось абсолютно непригодным к жизни в реальном мире градирен. По этой причине нам впоследствии пришлось демонтировать и списывать дорогостоящие камеры и печи, после чего мы сделали своим стандартным методом проверенную временем гальванизацию.

Хотя компания продолжает проводить лабораторные тестирования различных покрытий, главным испытанием для новых образцов материалов или покрытий, дающим наиболее достоверные результаты, было и остается помещение их в работающие градири. К настоящему времени нам не удалось разработать экономически эффективной схемы нанесения покрытия, которая бы потеснила с доминирующих позиций метод гальванизации без дальнейшей обработки.

Сами по себе лабораторные исследования обладают слишком ограниченными возможностями, чтобы на их основе можно было делать сколь-либо значимые выводы. Кроме того, параметры полевых испытаний, всякий раз индивидуальные, не позволяют проводить их детальный анализ. Поэтому предположения о том, почему именно нанесение барьерного покрытия на гальванический слой не приносит существенной пользы, носит во многом гипотетический характер. Одно из возможных объяснений кроется в неоднородной пористости барьерного слоя: под участками покрытия с большей проницаемостью могут возникать локальные очаги коррозии, а на участках с большей целостностью барьера реакционная способность цинка может быть ограничена. С понижением активности цинка возрастает чувствительность стали, что опять же вызывает появление очагов коррозии.

## Логические альтернативы

Состояние этих двух сооружений, работающих при широко варьирующихся свойствах воды и атмосферных условиях, типично для большинства существующих градирен производства компании Marley с конструкциями из гальванизированной стали того же возраста. В большинстве подобных случаев практика, как кажется, свидетельствует о гораздо большем сроке (в годах) полезного использования защитного покрытия, перед тем как потребуются его серьезное восстановление. С другой стороны, некоторые градири работают в настолько суровых условиях, что капитальный ремонт им требуется уже вскоре после ввода в эксплуатацию.

Как правило же, раннее появление дефектов можно отнести на счет либо неграмотного технического обслуживания, либо неправильной обработки воды, однако не всегда. Иногда местные атмосферные условия либо циркулирующая в градири вода, загрязненная определенными веществами, являются настолько агрессивными, что даже самое тщательное соблюдение требований по техническому обслуживанию и обработке воды оказываются неэффективными. В таких случаях (большинство из которых легко спрогнозировать на основе стандартных анализов воды либо предшествующего опыта) благоразумные пользователи рассматривают другие конструкционные материалы в качестве альтернативы непомерно высоким затратам на техническое обслуживание.

Подробный обзор существующих конструкционных материалов градирен с обозначениями, касающимися их применения, и указаниями для разработчиков спецификаций содержится в статье "Коррозионностойкие материалы в строительстве градирен" (Corrosion Resistant Materials for Cooling Towers). Ниже дается краткий обзор более привычных материалов, применяемых в строительстве градирен вместо гальванизированной стали либо одновременно с ней.

Пластмассы. В нашу эпоху развития нефтехимической промышленности пластмасса – это первое, что приходит на ум современному человеку. И многие синтетические материалы уже пробили себе путь в индустрию производства градирен. Как правило, они невосприимчивы к действию любых растворенных в воде химических веществ (за исключением, разумеется, едких растворов, образующихся при редком сочетании условий).

В условиях эксплуатации с повышенной агрессивностью сред все большую популярность завоевывают стеклопластиковые конструкции. Они обладают определенными преимуществами в плане технической эстетики и часто являются экономически выгодной альтернативой конструкциям из более дорогих материалов. Поливинилхлорид (ПВХ), полипропилен, армированный стекловолокном нейлон и армированные стекловолокном полиэстры и эпоксидные смолы успешно применяются в качестве конструкционных материалов самых разнообразных компонентов градирен.

Дерево. Дерево – особенно стабилизированная Дугласова пихта – довольно устойчиво к различным воздействиям воды и воздуха и содержащихся в них веществ, однако разработчики спецификаций часто избегают использования дерева в конструкциях градирен, опасаясь пожаров и дополнительных расходов, связанных с установкой и обслуживанием спринклерных систем. По большей части эти страхи не имеют под собой основы. Использовать градирни с деревянными конструкциями нельзя только там, где они запрещены местными строительными нормами. Подобные строительные нормы почти без исключения разрабатывались еще в те времена, когда из дерева изготавливались оросители, каплеуловители и корпуса вентиляторов.

В настоящее время все эти элементы повсеместно производятся из огнеупорных пластмасс, так же как кожухи, жалюзи и многие другие детали, упоминаемые в данной статье. Поэтому управляющие органы выдают пожарным бригадам андеррайтеров полные разрешения на использование определенных моделей градирен с деревянными конструкциями без спринклерных систем, при этом размеры страховых взносов не повышаются. В тех случаях, когда эксплуатационные требования строже стандартных, могут вводиться дополнительные условия: монтаж обшивки из фиброцементных плит по всей площади корпуса, установка противопожарных ограждений между секциями и т. д. (см. стр. 95–96 в статье Cooling Tower Fundamentals ("Основные принципы строительства градирен") либо обратитесь за консультацией в ближайшее торговое представительство компании Marley).

Нержавеющая сталь. Иногда (по собственным ли соображениям, или из-за жестких строительных норм) разработчики спецификаций отдают предпочтение градирням с конструкциями из нержавеющей стали, не принимая во внимание условия их дальнейшей эксплуатации. Хотя конструкция стальных градирен производства компании Marley допускает использование любых основных компонентов из нержавеющей стали там, где по проекту предполагается гальванизированная сталь, опытные пользователи часто применяют избирательный подход к техническим спецификациям. Например, многие ограничиваются бассейном и/или каркасом нержавеющей стали, считая, что прочие основные компоненты в случае необходимости проще заменить.

Когда в спецификациях градирен указывается, что конструкция выполнена "полностью из нержавеющей стали", на самом деле это не относится к двигателям, устройствам Geareducer®, лестницам, перилам, ограждениям вентиляторов, оросителям, каплеуловителям, клапанам, соплам, литым изделиям и т. п. Компоненты из этого списка

либо не могут быть изготовлены из нержавеющей стали по тем или иным причинам, либо изначально устойчивы к действию коррозии (например, любые пластмассовые детали). В итоге получаются конструкции с эксплуатационным ресурсом, намного превышающим стандарты для градирен из гальванизированной стали.

## Выводы и рекомендации

Данная статья написана с целью предоставить разработчикам спецификаций и пользователям информацию, на основе которой они могли бы оценивать перспективы применения тех или иных систем защитных покрытий, которые в настоящее время используются для защиты компонентов градирен из углеродистой стали. При этом мы постарались обойтись без цветистых выражений, характерных для языка рекламных проспектов. Полученные выводы можно вкратце изложить следующим образом:

1. Постоянные процессы аэрации и испарения, а также сомнительные качества воды, создают в градирнях исключительно благоприятные условия для коррозии. Опыт успешного применения различных систем покрытия в других областях промышленности (где успех может измеряться совершенно другой мерой) невозможно перенести на градирни с их агрессивной рабочей средой.
2. настоящее время не существует таких лабораторий, где можно было бы смоделировать и воспроизвести те широко варьирующиеся эксплуатационные условия, которые градирни должны выдерживать в обычном режиме. Таким образом, единственной мерой надежности защитного покрытия является его долговечность в реальном времени и реальных эксплуатационных условиях.
3. На текущий момент доказана полная несостоятельность применения на градирнях барьерных (окрасочных) покрытий любых типов. Более того, принимая во внимание естественную пористость таких покрытий и жесткость мер по контролю их качества, в обозримом будущем не приходится ожидать "серьезного прорыва" в этой области.
4. Гальваническое покрытие относится к расходному типу покрытий. Его эффективность мало связана с качеством нанесения, однако напрямую зависит от толщины слоя цинка и его контакта с внешней средой. Стандартом компании Marley является цинковое покрытие G-235 (средняя толщина 0,053 мм), и разработчикам спецификаций не следует ориентироваться на покрытия с меньшей толщиной. Успешность применения гальванических покрытий в реальных эксплуатационных условиях говорит сама за себя.
5. Повышение маржинальной прибыли от использования "комбинированных" покрытий (по сравнению с чисто гальваническими) остается под вопросом. Поскольку основные защитные функции выполняет именно цинковый слой, а барьерное покрытие может этому препятствовать, есть веские причины предполагать, что такая схема не оправдывает своей повышенной стоимости.
6. Там же, где необходима повышенная защита от коррозии, которой не может обеспечить даже самое толстое гальваническое покрытие, выбор следует остановить на альтернативных конструкционных материалах. В настоящее время основными вариантами здесь являются стеклопластик, дерево и нержавеющая сталь. Со стороны составителей спецификаций и заказчиков наиболее предусмотрительным будет избирательное применение этих материалов с учетом конкретных условий эксплуатации и окружающей среды.

## SPX COOLING TECHNOLOGIES UK LTD

3 KNIGHTSBRIDGE PARK, WAINWRIGHT ROAD  
WORCESTER WR4 9FA ВЕЛИКОБРИТАНИЯ  
44 1905 750 270 | ct.fap.emea@spx.com  
spxcooling.com

ru\_HN-005C | ВЫПУСК 10/2016  
COPYRIGHT © 2016 SPX CORPORATION

Изменения конструкции и/или замена материалов с целью усовершенствования изделий могут производиться без уведомления.

