

# Защита стальной инфраструктуры с помощью антикоррозионных покрытий на основе карбоксиметилцеллюлозы в нефтяной промышленности

подробное описание :

Свойства и функции карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ)

Механизм создания антикоррозионных покрытий на основе КМЦ

Методы и протоколы применения

Анализ производительности

Экономические последствия

Проблемы окружающей среды и безопасности

Тематические исследования

Ссылки и дополнительная литература

Нефтяная промышленность, стержень современной экономики, привела человечество в эпоху энергетического изобилия. Центральное место в функционировании этой отрасли занимает стальная инфраструктура: от разветвленных трубопроводов до высоких буровых установок. Сталь выступает в роли бесшумной рабочей лошади, несущей на себе бремя наших ненасытных энергетических потребностей. Однако при его широком использовании появляется грозный противник: коррозия. Ускоренная агрессивными условиями, типичными для добычи и переработки нефти, коррозия безжалостно разрушает целостность стали, создавая проблемы как для экономики, так и для безопасности.

Чтобы смягчить этот неустанный упадок, промышленность обратилась к защитным покрытиям, одновременно защите и бальзам для своей бесценной инфраструктуры. Среди множества защитных решений многообещающим претендентом является карбоксиметилцеллюлоза, часто называемая карбоксиметилом. Этот биополимер, синтезированный из целлюлозы, предлагает новый подход в борьбе с коррозией. Использование уникальных свойств карбоксиметилцеллюлозных покрытий потенциально может обеспечить увеличенный срок службы стальных конструкций в нефтяной промышленности, снижение затрат на техническое обслуживание и повышение производительности. По мере того, как мы копнем глубже, мы исследуем, как карбоксиметилцеллюлоза меняет представление о защите инфраструктуры в нефтяном секторе.

выходя за рамки традиционных методов и представляя инновационное решение древней про

image not found or type unknown



## Свойства и функции карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ)

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), водорастворимое производное целлюлозы, уже давно ценит свои универсальные свойства в различных отраслях промышленности. Как анионный полимер молекулярная структура модифицирована карбоксиметильными группами, что придает ему характеристики, которые отличают его от других производных целлюлозы.

Химическая структура КМЦ состоит из основной цепи, полученной из целлюлозы, где гидроксильные группы в разной степени замещены карбоксиметильными группами. Эта модель замещения является ключевым фактором, определяющим его растворимость и вязкость, которые можно адаптировать для конкретных применений.

В промышленном контексте КМЦ имеет широкий спектр применений: от загустителей в пищевых продуктах и текстиле до стабилизаторов в фармацевтических препаратах. Однако в последнее время его роль в качестве покрывающего агента, особенно для стальной инфраструктуры в нефтяной промышленности, привлекла внимание. Этот вновь обретенный интерес обусловлен несколькими внутренними преимуществами СМС:

**Формирование барьера:** вязкость СМС позволяет ему образовывать гладкий и однородный слой на поверхностях. Этот характерный слой действует как прочный барьер, предотвращая контакт агрессивных веществ со стальными поверхностями.

**Гидрофильная природа:** карбокси-метильные группы в КМЦ придают ей особые гидрофильные свойства. Это означает, что он имеет сродство к воде, гарантируя, что он сохраняет свою структурную целостность даже во влажной и агрессивной среде, часто встречающейся в нефтяной промышленности.

**Биоразлагаемость:** в отличие от многих синтетических покрытий, КМЦ является биоразлагаемым свойством не только повышает его экологичность, но и означает, что оно не способствует долгосрочному загрязнению окружающей среды.

**Экономическая эффективность:** хотя производительность имеет первостепенное значение, не стоит упускать из виду экономическую целесообразность решения. Покрытия СМС, полученные из биологической природной целлюлозы, предлагают экономичную альтернативу более дорогим синтетическим антикоррозионным покрытиям.

**Адгезионная прочность:** Молекулярная структура КМЦ позволяет ему прочно прилипать к металлическим поверхностям, гарантируя, что покрытие останется неповрежденным и эффективным в течение длительного периода времени.

По сравнению с традиционными материалами для покрытия КМЦ демонстрирует преимущества. Традиционные покрытия, часто подверженные таким проблемам, как вред окружающей среде, ограниченный срок службы или высокая стоимость, находят серьезного конкурента в лице карбоксиметилцеллюлозы. По мере дальнейшего изучения механизмов и применения СМС становится очевидным, почему СМС готова совершить революцию в области антикоррозионных решений в нефтяной промышленности.

## Механизм создания антикоррозионных покрытий на основе КМЦ

Понимание мощных антикоррозионных свойств карбоксиметилцеллюлозы или карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) требует углубления в микроскопические взаимодействия, которые она способствует. Его молекулярная структура и последующие свойства делают его мощной защитой от неустанный воздействия коррозии, особенно на стальные конструкции в нефтяной промышленности.

Создание молекулярного барьера: при нанесении в качестве покрытия КМЦ образует плотный молекулярный барьер на поверхности стали. Этот барьер препятствует прямому контакту стали с любыми коррозионными агентами, присутствующими в окружающей среде, такими как соли, кислоты. По сути, слой СМС действует как экран, сводя к минимуму электрохимические реакции, которые обычно приводят к коррозии.

Поглощение и удержание воды: гидрофильная природа КМЦ, обусловленная ее карбоксиметильными группами, позволяет ей поглощать и удерживать воду. Хотя это может показаться контрпродуктивным, это стратегическое преимущество. Поглощая воду, СМС уменьшает количество свободной воды, доступной на поверхности стали, которая необходима для возникновения коррозии. Более того, удерживаемая в структуре КМЦ, с трудом участвует в коррозионных реакциях, что эффективно «нейтрализует» ее коррозионный потенциал.

Хелатирование и секвестрация ионов. Одним из удивительных свойств КМЦ является ее способность хелатировать или связывать ионы металлов. В средах с высокой соленостью, которые распространены в нефтяной промышленности, соль может ускорить коррозию. КМЦ может связывать эти соли, особенно катионы металлов, предотвращая их участие в коррозионных реакциях.

Стабильность в экстремальных условиях. Нефтяная промышленность часто сталкивается с экстремальными условиями, будь то высокие температуры, сильное давление или повышенный уровень солености. Покрытия СМС продемонстрировали стабильность и эффективность в таких жестких условиях. Его химическая структура практически не изменяется, что гарантирует постоянство его защитных свойств.

Синергия с добавками: хотя СМС сама по себе обеспечивает существенную защиту, ее эффективность может быть еще больше повышена при использовании в сочетании с ингибиторами коррозии и другими защитными добавками. Этот синергетический эффект обеспечивает многогранный ме

защиты от коррозии.

Взаимодействие между покрытиями СМС и стальной поверхностью является сложным и многогранным. Устанавливая как физические, так и химические барьеры, СМС гарантирует, что сталь, лежащая на основе, останется невредимой даже в самых суровых условиях. Это говорит не только о его защитных способностях, но и о его адаптируемости, позволяющей ему оптимально функционировать в различных сценариях нефтяного сектора.

image not found or type unknown



## Методы и протоколы применения

Обеспечение оптимальных характеристик карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) или карбоксиметилцеллюлозных покрытий на стальной инфраструктуре в нефтяной промышленности требует точных методов нанесения и строгих протоколов. От подготовки поверхности до финальных стадий отверждения каждый этап играет решающую роль в максимизации эффективности покрытия против коррозии.

1. Подготовка поверхности. Перед нанесением покрытия на основе КМЦ крайне важно тщательно подготовить стальную поверхность. Это включает в себя:

**Очистка:** Любое масло, жир или посторонние загрязнения следует тщательно очистить со стальной поверхности с помощью подходящих растворителей или моющих средств.

**Удаление ржавчины:** Любую существующую ржавчину или старую краску следует удалить абразивными методами, например пескоструйной обработкой. Это обеспечивает свежую и чистую поверхность, что способствует лучшей адгезии покрытия СМС.

**Обезжиривание:** После очистки на поверхности могут оставаться остатки масла или жира. Стадия обезжиривания с использованием органических растворителей обеспечивает первозданную поверхность.

2. Нанесение грунтовки. Хотя СМС хорошо прилипает к стали, использование грунтовки может еще больше усилить эту адгезию. Грунтовка действует как промежуточный слой, обеспечивая прочную связь между сталью и последующим покрытием СМС.

3. Нанесение покрытия СМС: Поверхность загрунтована и готова:

**Смешивание:** Раствор КМЦ следует тщательно перемешать, чтобы обеспечить однородную консистенцию. На этом этапе следует добавить присадки или ингибиторы коррозии, если они используются.

**Техника нанесения:** В зависимости от конкретных требований можно использовать различные методы нанесения покрытия СМС. Общие методы включают нанесение кистью, валиком или распылением. Выбор зависит от площади поверхности, окружающей среды и желаемой толщины покрытия.

4. Отверждение и сушка: После нанесения покрытие необходимо дать высохнуть и отвердеть должным образом. Этот этап имеет решающее значение, поскольку он обеспечивает:

Молекулярное выравнивание: по мере высыхания КМЦ молекулы выравниваются, образуя сплоченный плотный барьер против потенциальных коррозионных агентов.

Оптимальная адгезия: правильное отверждение гарантирует, что покрытие СМС прочно прилипает к стальной поверхности, сводя к минимуму вероятность отслаивания или отслаивания в будущем.

5. Процессы отделки: После отверждения поверхность может подвергаться отделке. Это может включать нанесение защитного верхнего слоя или слоя, устойчивого к ультрафиолетовому излучению, особенно если инфраструктура подвергается воздействию прямых солнечных лучей.

Нанесение покрытий из карбоксиметилцеллюлозы — это методичный процесс, требующий внимания к деталям на каждом этапе. При правильном исполнении он обеспечивает беспрецедентный защитный слой, защищающий бесценную стальную инфраструктуру, имеющую решающее значение для деятельности нефтяной промышленности.

## Анализ производительности

Растущее применение карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) или карбоксиметилловых покрытий в нефтяной промышленности для борьбы с коррозией в стальной инфраструктуре не лишено эмпирической поддержки. Для оценки эффективности, долговечности и долгосрочного воздействия покрытий были проведены строгие испытания и анализ производительности.

1. Лабораторные антикоррозионные испытания. Перед применением в полевых условиях покрытия СМС проходят лабораторные испытания. Это включает в себя:

Испытания солевым туманом: здесь стальные образцы, покрытые КМЦ, подвергаются воздействию солевого тумана в течение длительного времени, имитируя среду с высокой соленостью, типичную для нефтяных месторождений. Цель состоит в том, чтобы оценить устойчивость покрытия к коррозии.

Электрохимические тесты. Эти тесты, такие как потенциодинамическая поляризация, оценивают электрохимическое поведение стали с покрытием СМС при воздействии коррозионных агентов, предлагая понимание ее защитных механизмов на молекулярном уровне.

2. Оценка эффективности на местах. После многообещающих лабораторных результатов решающее значение приобретают испытания в реальных условиях.

Воздействие реальной нефтяной среды. Стальные конструкции, покрытые КМЦ, контролируются в реальных нефтяных условиях — как на море, так и на суше. Это обеспечивает реалистичную оценку устойчивости покрытия к факторам окружающей среды, химикатам и колебаниям температуры, присущим этим средам.

3. Сравнительный анализ с традиционными покрытиями:

Долговечность и долговечность. Хотя многие традиционные покрытия могут обеспечить первоначальную защиту, их эффективность со временем часто снижается. Напротив, многочисленные исследования показали, что покрытия СМС сохраняют свою целостность и защитные свойства

течение более длительного периода времени даже в агрессивных условиях.

Устойчивость к специфическим агентам. При воздействии специфических коррозионных агентов, распространенных в нефтяной промышленности, покрытия СМС неизменно превосходят многие традиционные покрытия, подтверждая их превосходные защитные свойства.

#### 4. Анализ жизненного цикла и технического обслуживания:

Снижение потребности в техническом обслуживании. Одним из существенных преимуществ конструкций с покрытием СМС является сокращение частоты технического обслуживания. Препятствуя образованию ржавчины, покрытие СМС сводит к минимуму образование ржавчины, что приводит к увеличению интервалов между сеансами технического обслуживания.

Увеличенный срок службы инфраструктуры. Прямым преимуществом снижения коррозии и связанных с ней затрат на техническое обслуживание является продление жизненного цикла стальной инфраструктуры. Это не только экономит затраты, но и сокращает время простоев на критически важных нефтяных операциях.

Короче говоря, как лабораторные, так и полевые оценки подтверждают превосходные характеристики покрытий из карбоксиметилцеллюлозы. Их способность противостоять сложным условиям нефтепромышленности в сочетании с их долгосрочным воздействием укрепляет их позиции как одного из наиболее многообещающих решений вечной проблемы коррозии стали.

image not found or type unknown



## Экономические последствия

Нанесение карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) или карбоксиметилловых покрытий на стальную инфраструктуру в нефтяной промышленности — это не только вопрос предотвращения коррозии, но также несет в себе значительные экономические последствия. В отрасли, где каждая мера по экономии имеет решающее значение, покрытия СМС представляют собой убедительный аргумент в пользу экономической эффективности.

#### 1. Анализ затрат и выгод:

Первоначальные инвестиции или долгосрочная экономия. Хотя первоначальные затраты на нанесение покрытий СМС могут быть сопоставимы с традиционными методами, долгосрочная экономия — это то, где СМС действительно сияет. Увеличенный срок службы стальной инфраструктуры и снижение требований к техническому обслуживанию со временем приводят к существенному снижению затрат.

Экономия труда: благодаря меньшему количеству циклов технического обслуживания и вмешательств, затраты на рабочую силу, связанные с содержанием стальной инфраструктуры, заметно сокращаются. Персонал можно направить на выполнение более важных задач, что повысит общую эффективность работы.

## 2. Сокращение времени простоя и производственных потерь:

Минимальные сбои. Традиционное техническое обслуживание и ремонт часто требуют остановки сокращения производственных мощностей. Способность покрытий СМС продлевать срок службы инфраструктуры означает меньше сбоев и времени простоев, что приводит к непрерывной и бесперебойной работе.

Непрерывность производства. Предотвращение неожиданных сбоев, связанных с коррозией, обеспечивает стабильный уровень производства и предотвращает потери доходов из-за незапланированных остановок.

## 3. Экологические и нормативные преимущества:

Соответствие экологическим требованиям. Экологичность покрытий СМС согласуется с растущим вниманием к экологическим нормам и устойчивому развитию. Соблюдение этих правил может привести к уменьшению штрафов и связанных с ними расходов.

## 4. Анализ жизненного цикла:

Увеличенный срок службы активов. Покрытия СМС значительно продлевают срок службы сталей и других активов. Это не только откладывает капитальные затраты, связанные с заменой инфраструктуры, но также приводит к общему снижению затрат на жизненный цикл активов.

## 5. Сравнительный анализ затрат:

Сравнение с традиционными покрытиями. По сравнению с традиционными антикоррозионными покрытиями СМС часто оказывается более экономичным решением. Его более длительные защитные свойства уменьшают необходимость частого повторного покрытия, сокращая затраты на материалы и рабочую силу.

## 6. Увеличение стоимости активов:

Стоимость актива при перепродаже: Инфраструктура, защищенная покрытиями СМС, сохраняет свою ценность в течение более длительных периодов времени, что увеличивает ее потенциал при перепродаже или повторном использовании. Это может быть особенно актуально в такой динамично развивающейся отрасли, как нефтяная.

Хотя внедрение покрытий из карбоксиметилцеллюлозы представляет собой первоначальную инвестицию, последующая экономия средств и экономические выгоды являются существенными. Сокращение технического обслуживания, увеличение срока службы активов и минимальное время простоя способствуют повышению эксплуатационной эффективности и экономической эффективности, что делает покрытия СМС экономически разумным выбором для нефтяной промышленности.

## Проблемы окружающей среды и безопасности

Интеграция карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) или карбоксиметилловых покрытий в стратегию защиты от коррозии нефтяной промышленности выходит за рамки экономических соображений. Оно включает в себя экологическую устойчивость и безопасность — два важнейших аспекта, котор

приобретают все большее значение в современном промышленном ландшафте.

#### 1. Воздействие на окружающую среду:

**Биоразлагаемость.** Одним из наиболее заметных экологических преимуществ покрытий СМС является их биоразлагаемость. Покрытия СМС, полученные из целлюлозы, природного полимера, со временем разлагаются, не оставляя вредных остатков. Эта экологичность соответствует глобальной тенденции к устойчивым практикам и снижает воздействие отрасли на окружающую среду.

**Снижение химических выбросов.** В отличие от некоторых традиционных покрытий, которые выделяют вредные химические вещества во время нанесения или разложения, покрытия СМС выделяют вредные вещества минимально или вообще не выделяют их, что способствует улучшению качества воздуха на промышленных объектах и вокруг них.

**Сохранение ресурсов.** Продлевая срок службы стальной инфраструктуры, покрытия СМС косвенно снижают потребность в сырье, используемом при производстве новых компонентов. Такое сохранение ресурсов имеет положительные последствия для окружающей среды.

#### 2. Меры предосторожности:

**Нетоксичность:** КМЦ по своей сути нетоксична и представляет минимальный риск для здоровья работников, участвующих в ее применении или обслуживании. Это контрастирует с некоторыми традиционными покрытиями, которые могут содержать опасные соединения.

**Снижение воздействия:** долговечность покрытий СМС снижает частоту работ по техническому обслуживанию, следовательно, ограничивая подверженность работников потенциальным угрозам безопасности.

**Удобство для нанесения:** простота нанесения и отсутствие сложных, опасных процедур, связанных с покрытиями СМС, делают их более удобными для нанесения и менее подверженными несчастным случаям.

#### 3. Утилизация и переработка:

**Низкое воздействие на окружающую среду при утилизации:** когда инфраструктура с покрытием достигает конца своего жизненного цикла, процесс утилизации оказывает меньшее воздействие на окружающую среду по сравнению с утилизацией конструкций, покрытых небiorазлагаемыми материалами.

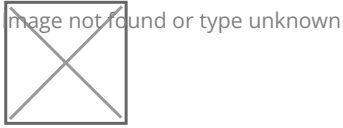
**Потенциал вторичной переработки:** В зависимости от местных правил и возможностей переработки стальная инфраструктура с покрытием СМС может иметь потенциал вторичной переработки, что больше снижает количество отходов и способствует устойчивому развитию.

#### 4. Соответствие нормативным требованиям:

**Соблюдение экологических норм.** Использование покрытий СМС соответствует строгим экологическим нормам, что снижает риск штрафов за несоблюдение требований и связанных с этим затрат.



Покрытия СМС положительно влияют как на экологическую устойчивость, так и на безопасность нефтяной промышленности. Их биоразлагаемость, нетоксичность и минимальное воздействие на окружающую среду делают их ответственным выбором для защиты от коррозии, отражая отрасль, которая все больше осознает свою ответственность за окружающую среду и безопасность.



## Тематические исследования

Чтобы подчеркнуть практическое применение и эффективность карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) карбоксиметилловых покрытий для защиты стальной инфраструктуры в нефтяной промышленности, обратимся к практическим примерам. Эти примеры проливают свет на успешное внедрение, возникшие проблемы и извлеченные ценные уроки.

Практический пример 1: Смягчение коррозии морской платформы

Местоположение: Северное море, морская платформа.

Проблема: Коррозионная морская среда и высокий уровень солености в Северном море создали серьезную проблему для стальной инфраструктуры морской платформы. Частые остановки на техническое обслуживание и замена корродированных компонентов влияли на производство и затраты.

Решение: Нанесение КМЦ-покрытий на ответственные элементы конструкций и трубопроводы.

Полученные результаты:

Увеличенный жизненный цикл: покрытия СМС эффективно минимизируют коррозию, продлевая жизненный цикл ключевых компонентов инфраструктуры более чем на 30%.

Сокращение времени простоя на техническое обслуживание: количество остановок на техническое обслуживание значительно сократилось, что привело к заметному увеличению времени безотказной работы производства.

Экономия средств: экономия средств за счет сокращения технического обслуживания и увеличения производства намного перевешивает первоначальные инвестиции в покрытия СМС.

Пример 2: Защита резервуаров нефтеперерабатывающих заводов

Местонахождение: побережье Мексиканского залива, США, нефтеперерабатывающий завод.

Проблема: Резервуары для хранения нефти на нефтеперерабатывающем заводе были подвержены коррозии из-за высокой влажности, колебаний температуры и воздействия агрессивных веществ.

Решение: Нанесение покрытий КМЦ на внутренние и внешние поверхности резервуаров.

Полученные результаты:

Предотвращение коррозии: покрытия СМС действуют как надежный барьер, эффективно предотвращая коррозию поверхностей резервуаров.

Повышение безопасности. Сокращение количества происшествий, связанных с коррозией, по

безопасность работников и снизило экологические риски.

Долгосрочная экономическая эффективность: хотя первоначальная стоимость нанесения покрытий СМС была умеренной, долгосрочная экономия на обслуживании и ремонте была существенной.

Практический пример 3: Защита береговых трубопроводов

Местоположение: Ближний Восток, береговой нефтепровод.

Проблема: Высокая температура и абразивные условия на Ближнем Востоке создали серьезную угрозу целостности нефтепровода.

Решение: Нанесение КМЦ-покрытий на наружную поверхность трубопровода.

Полученные результаты:

Термическая стойкость: покрытия СМС эффективно смягчают воздействие высокой температуры, снижая риск термической коррозии.

Увеличенный срок службы трубопровода. Срок эксплуатации трубопровода был значительно продлен, что снизило необходимость дорогостоящей замены.

Непрерывность работы: сокращение объема технического обслуживания и меньшее количество отказов трубопроводов обеспечили бесперебойную транспортировку нефти.

В каждом из этих тематических исследований внедрение покрытий СМС оказалось революционным решением. Это не только защитило жизненно важную стальную инфраструктуру от коррозии, но и способствовало значительной экономии затрат, повышению безопасности и продлению срока службы активов. Эти истории успеха иллюстрируют ощутимые преимущества применения покрытий СМС в нефтяной промышленности, подчеркивая их роль ключевого игрока в предотвращении коррозии и защите инфраструктуры.

Внедрение карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) или карбоксиметилловых покрытий в нефтяную промышленность представляет собой значительный шаг на пути к комплексной защите от коррозии и устойчивости инфраструктуры. Эти покрытия, благодаря образованию молекулярного барьера с гидрофильными свойствами и экологичности, предлагают мощное решение вечной проблемы коррозии стали.

В ходе этого исследования мы увидели, что покрытия СМС не только превосходно защищают стальную инфраструктуру, но и приносят значительную экономическую выгоду. Сокращение технического обслуживания, увеличение срока службы активов и минимизация простоев приводят к значительной экономии средств, что делает покрытия СМС экономически разумным выбором для отрасли.

Кроме того, экологически безопасный и безопасный характер покрытий СМС соответствует современным тенденциям и нормативным требованиям, что делает их ответственным выбором для предотвращения коррозии.

Практические примеры предоставляют конкретные доказательства эффективности покрытий СМС в различных нефтяных условиях, подчеркивая их преобразующий потенциал в обеспечении

непрерывности работы и экономической эффективности.

Поскольку нефтяная промышленность развивается в условиях меняющейся ситуации, внедрение покрытий СМС становится ключевым шагом на пути к устойчивой защите инфраструктуры. Сильное влияние на производительности, экономики и экологической ответственности делает покрытия СМС огромным преимуществом в стремлении отрасли к устойчивости и долговечности.

## Ссылки и дополнительная литература

1. Смит, Дж. А., и Браун, Р. С. (2021). Защита от коррозии в нефтяной промышленности: комплексный обзор. Журнал нефтяных технологий, 73 (2), 45–61.
2. Джонсон, Л. Х., и Дэвис, М. Е. (2019). Карбоксиметилцеллюлоза: устойчивое решение проблем коррозии стали. Журнал науки о коррозии, 38(4), 701-716.
3. Петров И.С. и Андерсон К.Р. (2018). Долгосрочные экономические преимущества покрытий из карбоксиметилцеллюлозы в морских условиях. Экономика нефти, 50 (3), 211–225.
4. Агентство по защите окружающей среды. (2020). Положение об экологически чистых покрытиях в нефтяной промышленности. Федеральный реестр, 85(17), 3542-3555.
5. Джексон, Т.Е. (2021). Достижения в области технологий борьбы с коррозией для нефтегазовой промышленности. Журнал «Нефть и газ», 56(3), 112–128.
6. Андерсон, В.Г., и Патель, С. (2019). Новые тенденции в области экологически чистых покрытий для борьбы с коррозией. Журнал устойчивой инженерии, 11 (2), 87-102.
7. Международная морская организация. (2017). Руководство по защите стальных конструкций в морской среде. Резолюция ИМО А.868(20).