

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»
(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование промышленной безопасности систем транспортировки
опасных продуктов (на примере ФБУ «НТЦ Энергобезопасность»)

Студент	<u>Д.А. Абдиев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Т.А. Варенцова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	_____	_____	(личная подпись)

Руководитель программы д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« ___ » _____ 2019г.

Допустить к защите
Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« ___ » _____ 2019г.

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	8
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	10
1 Изучение условия возникновения и развития коррозии.....	11
1.1 Коррозия как проблема транспортировки опасных продуктов.....	11
1.1.1 Классификация развития коррозии.....	14
1.2 Анализ нормативных документов по проблеме коррозионных процессов...	15
1.2.1 Изучение патентов по защите от коррозионных процессов.....	19
1.2.2 Изучение статей по проблеме развития коррозионных процессов...	24
1.3 Метод, защищающие металл от коррозионных процессов.....	27
1.4 Анализ процесса внутренней коррозии.....	33
1.5 Коррозионное растрескивание.....	41
2 Расчетная часть.....	44
2.1 Оценка и расчет коррозии	44
2.2 Скорость коррозии под воздействием среды.....	45
2.3 Показатель скорости коррозии.....	47
2.4 Механизм коррозионного растрескивания.....	50
3 Выполнение теоретических, экспериментальных и практических исследований.....	52
3.1 Проведение экспериментального исследования обнаружения внешней коррозии на примере магистральных трубопроводов.....	52
3.1.1 Обработка полученных результатов исследований по внешней коррозии.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования заключается в том, что транспортировка опасных продуктов влечёт за собой риск возникновения аварий, что приведёт к значительным экономическим и материальным потерям, которые могут превышать сотни миллионов рублей. Уменьшить риск возникновения аварий на опасных производственных объектах на конкретном уровне развития общества, техники, технологий, можно с помощью эффективного управления промышленной безопасностью, которое включает в себя, среди прочего, периодическую оценку уровня безопасности опасных объектов. Периодические оценки состояния объектов позволяют своевременно выявлять аварийно опасные участки и проводить необходимые мероприятия, для предотвращения аварий и несчастных случаев.

Производить оценку промышленной безопасности опасных производственных объектов следует организациям, которые эксплуатируют такие объекты, а также государственному надзорному органу в сфере промышленной безопасности, который в условиях внедрения риск-ориентированного надзора при планировании и организации контрольно-надзорных мероприятий, среди прочего, должен рассматривать и уровень защищенности опасных объектов.

Основополагающим нормативным документом в этой области является Федеральный закон № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

Данный документ составлялся, принимая во внимание всемирный опыт в области промышленной безопасности. Принятие данного закона позволяет предотвратить аварийные ситуации, по причине которых могут быть материальные и человеческие потери. В следствие этого, актуальность диссертационной работы связана с решением проблем в разработке методов контроля степени промышленной безопасности.

Научно-методические основы антикоррозионной защиты трубопроводов

для транспортировки опасных продуктов рассматриваются в статьях: О.А. Чепкасовой, А.А. Селезневой, А.И. Садилова «Основные вопросы процесса коррозионного повреждения металла»; Портновой А.О. «Экологические аспекты трубопроводного транспорта» и др, основные требования к антикоррозионной защите трубопроводов базируется на Федеральном законе № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов". Практические решения описаны в патентной литературе: патент РФ № 2199051 " Изоляционная антикоррозионная лента", патент РФ № 2522631 "Гидроизоляционный материал".

В опубликованных работах рассмотрен вопрос экологических аспектах трубопроводов, устранения коррозии на трубопроводах для дальнейшей успешной транспортировки опасных продуктов.

В данной диссертации проведен сравнительный анализ изоляционных антикоррозионных материалов и предложен наиболее эффективный метод защиты от коррозии, который позволит защитить магистральный трубопровод от разрушения металла и продлить срок его службы.

Объектом исследования данной работы являются процессы коррозии, происходящие в трубопроводах для транспортировки опасных продуктов при различных условиях внешней среды.

Предметом исследования является магистральный трубопровод, по которому транспортируются опасные продукты в ФБУ «НТЦ Энергобезопасность».

Целью диссертационного исследования являются методы защиты магистральных трубопроводов от коррозионных процессов, по которым транспортируются опасные продукты.

В соответствии с целью исследования были поставлены и решались следующие задачи:

1. Проведение теоретического анализа физико-химических причин возникновения коррозии на металлических поверхностях.

2. Изучение практических условий возникновения и развития коррозии;

3. Изучение скорости развития процессов коррозии в различных агрессивных средах и при наличии различных сопутствующих физических факторов;

4. Проведение экспериментального исследования коррозионных процессов на примере магистральных трубопроводов и исследование возможностей повышения антикоррозионной устойчивости методом абразивоструйной очистки трубопровода от коррозии с последующим нанесением антикоррозионного материала.

5. Сравнение результатов исследования коррозионных процессов в типовых магистральных трубопроводах с коррозионными процессами, в трубопроводах, подвергшихся абразивоструйной очистке с последующим нанесением антикоррозионного материала.

6. Подготовка научного заключения относительно возможностей повышения коррозионной стойкости магистральных трубопроводов за счет периодической абразивно-струйной очистки и нанесения дополнительного антикоррозионного покрытия.

7. Разработка рекомендаций по методам увеличения коррозионной стойкости для организаций, эксплуатирующих магистральные трубопроводы.

Исследуемая гипотеза работы состоит в том, что для предприятия ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность» подобрать метод защиты металлической поверхности трубопровода для транспортировки по нему опасных продуктов, тем самым сократить количество коррозионных процессов на магистральных трубопроводах.

Научная новизна состоит в разработке и проверке изоляционного коррозионного материала в ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность».

Теоретическая значимость данной работы состоит в расширении знаний применяемого оборудования, необходимого для защиты магистральных трубопроводов от коррозионных процессов, полученные результаты могут

служить рекомендацией другим предприятиям Самарской области.

По результатам диссертационной работы опубликована статья: Абдиев, Д.А. «Исследование физико-химической сущности коррозионных процессов для обоснования методов защиты металлов от коррозии» [37]. [Электронный ресурс]/ Д.А. Абдиев// «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки», №3(30), - 2019. С. 1-7. - URL: https://alley-science.ru/tehnika_i_obshestvo_v_xxi_veke_3_30_2019/ (дата обращения 23.03.2019).

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод защиты от коррозии, в котором применяется абразивоструйная очистка и технология нанесения изоляционного антикоррозионного материала.

При помощи использования данного метода, повышающего антикоррозионную защиту, можно устранить коррозию на несколько лет, и тем самым продлить срок службы трубопровода.

Структура магистерской диссертации состоит из введения, трех глав, заключения, содержит 69 страниц, 13 рисунков, 4 таблицы и 37 используемых источников.

В первой главе диссертации осуществлялась теоретическая разработка проблемы на основе нормативно-правовые актов, которые направлены на предотвращение развития коррозионных процессов, статей по защите металла от коррозии. Проведен анализ обнаружения коррозионных процессов внешней и внутренней коррозии на примере магистральных трубопроводов и их защиты с помощью антикоррозионного материала. Изучены концептуальные подходы (методы), используемые для устранения коррозии на магистральных трубопроводах.

Во второй главе рассмотрены оценка и расчет коррозии, проведена классификация агрессивности сред и описана скорость коррозии под воздействием среды. анализированы механизмы коррозионного растрескивания

В третьей главе представлено экспериментальное исследование

обнаружения коррозионных процессов внешней коррозии на примере магистральных трубопроводов и их защиты с помощью абразивоструйной очистки и антикоррозийного материала. Проведено сравнение результатов исследования защиты магистральных трубопроводов от внутренней и внешней коррозии. Предложен метод защиты от коррозии – изоляционный антикоррозийный материал для внешней коррозии и, которые помогут защитить магистральный трубопровод от последующих разрушений его металлического покрытия.

В заключении были рассмотрены проблемы развития коррозии, методы ее устранения, способы нахождения коррозии на металлических поверхностях с помощью толщиномера, удаление поверхности коррозионного слоя методом абразивоструйной очистки и метод герметизации с помощью изоляционного антикоррозийного материала.

Была определена цель научного исследования: обнаружение коррозионных процессов на магистральных трубопроводах и повышение антикоррозийной устойчивости посредством изоляционного антикоррозийного материала.

Были проведены исследования по внешней коррозии на примере магистральных трубопроводов и проанализированы результаты. Проведен теоретический анализ проблемы распространения коррозии на металл. Рассмотрены методы оценки и расчета коррозионных процессов.

На основании результатов исследования был сделан анализ и сформулированы выводы.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей ВКР применяют следующие термины с соответствующими определениями:

«Промышленная безопасность - это комплекс разнообразных мероприятий целью предотвращение и/или минимизация последствий аварий на опасных производственных объектах. Проще говоря, промышленная безопасность, это создание таких условий на предприятии или объекте, когда риск возникновения аварий минимален, а в случае возникновения аварийной ситуации и аварии, имеется план действия по предотвращению ее с минимальными человеческими жертвами» [1].

«Коррозия металлов - разрушение металлов вследствие физико-химического воздействия внешней среды, при этом металл переходит в окисленное (ионное) состояние и теряет присущие ему свойства» [2].

«Коррозионные исследования - это ряд испытаний, которым подвергается тот или иной материал для определения его долговечности в определенных коррозионных состояниях» [3].

«Химическая коррозия - это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента среды протекают одновременно в одном акте. Продукты взаимодействия пространственно не разделены» [4].

«Электрохимическая коррозия - это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой (раствором электролита), при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала» [4].

«Металлы - группа элементов, в виде простых веществ, обладающих характерными металлическими свойствами, такими, как высокие тепло- и электропроводность, положительный температурный коэффициент сопротивления, высокая пластичность, ковкость и металлический блеск» [5].

Покрытие в материаловедении - это нанесённый на объект относительно тонкий поверхностный слой из другого материала.

Использование - применение чего-либо или кого-либо в определённых целях.

Коррозионное растрескивание (стресс-коррозия) - один из наиболее опасных видов коррозии, т. к. имеет остро локализованный характер.

«Возникает коррозионное растрескивание при одновременном воздействии на металл агрессивной коррозионной среды и растягивающих напряжений. Характерной особенностью коррозионного растрескивания является практически полное отсутствие пластической деформации металлического изделия» [3].

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей ВКР применяют следующие сокращения и обозначения:

КИ - коррозионные исследования.

ЭИ - эксплуатационные исследования.

ЛИ - лабораторные исследования.

ВИ - внелабораторные исследования.

РД - руководящий документ

СНиП - Строительные нормы и правила

1 Изучение условия возникновения и развития коррозии

1.1 Коррозия как проблема транспортировки опасных продуктов

Основным нормативным документом в области промышленной безопасности является Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ [6].

Этот закон включает в себе положения, распространяющиеся на все организации, вне зависимости от их организационно-правовых форм и форм собственности, которые осуществляют деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации.

В данном нормативном документе говорится о том, что к опасным производственным объектам относятся:

1) «предприятия, цехи, участки, на которых производятся:

- горючие вещества - жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

- взрывчатые вещества - вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

- токсичные вещества - вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели;

- высокотоксичные вещества - вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели;

- вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды, - вещества, характеризующиеся в водной среде показателями острой токсичности» [6].

2) «используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля:

а) пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии);

б) воды при температуре нагрева более 115 градусов Цельсия;

в) иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 мегапаскаля» [6].

3) «используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулеры;

4) получают, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более» [6].

5) «ведутся горные работы (за исключением добычи общераспространенных полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых;

б) осуществляется хранение или переработка растительного сырья, в процессе которых образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси, способные самовозгораться, возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, склонных к самосогреванию и самовозгоранию» [6].

Объекты, которые отмечаются опасными на производстве, зарегистрированы в государственном реестре.

Коррозия металла известна как одна из самых главных проблем транспортировки опасных продуктов, так как на трубопровод влияет окружающая среда и окислительные вещества транспортируемого продукта.

Коррозионные вещества из-за своих химических свойств воздействуют на металл, которые при контакте с ним могут вызывать повреждение или разрушение других грузов или транспортных средств. Также в класс коррозии входят вещества, которые образуют коррозионную жидкость лишь

в присутствии воды или коррозионные пары или взвеси - при наличии естественной влажности воздуха.

Например: едкая щелочная жидкость, бром или раствор брома, жидкость для зарядки огнетушителей, муравьиная кислота, раствор фосфорной кислоты, серная кислота, раствор бромуксусной кислоты, невзрывчатые дымовые бомбы, азотная кислота, содержащаяся в промышленных изделиях ртуть и др.

Для транспортировки коррозионных веществ предусмотрен знак опасности, который показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – знак опасности 8 класса для транспортировки коррозионных веществ

От латинского «corrosio» произошло и само слово «коррозия», что значит разрушать и разъедать. Данное определение сообщает нам как о процессе разрушения чего-либо, так и о его последствиях.

Коррозионной или агрессивной средой называют среду, которая подвергается коррозии.

Если говорить о коррозии металла, то имеется в виду развитие работы металлической поверхности с окружающей обстановкой, которое не рекомендуется применять при защите от коррозионных разрушений.

Известно, что каждый коррозионный процесс, независимо от его свойств, делится на несколько стадий:

- 1) Нужно создать путь коррозионной среде или компонентам, которые также включены в неё, к металлической поверхности.
- 2) Любая среда соприкасается с поверхностью металла.
- 3) Удаление продуктов (в том числе и опасных) от металлической поверхности (а если среда находится в жидком состоянии, то отвод производится в ее объем).

Специалистам, изучающим коррозию, доказывают, что множество различных металлов в окружающей среде пребывают в ионном состоянии: карбонаты, а так же сульфиды, оксиды и др., которые зовутся как руды металлов [7].

1.1.1 Классификация развития коррозии

Известно, что коррозионные процессы делятся на два вида:

- *химическую коррозию (ХК);
- *электрохимическую коррозию (ЭХК).

Из статьи нам известно следующее: «Коррозия считается химической, если после разрыва металлической связи атомы металла непосредственно соединяются химической связью с теми атомами или группами атомов, которые входят в состав окислителей, отнимающих валентные электроны

у металла. Химическая коррозия возможна в любой коррозионной среде, но чаще всего она наблюдается в случаях, когда среда не является электролитом. Скорость ее определяется, как правило, диффузией частиц металла, и окислителя через поверхностную пленку продуктов коррозии, иногда - растворением или испарением этой пленки, ее растрескиванием, изредка - конвективной доставкой окислителя из внешней среды» [8].

«Поведение металлов при высоких температурах имеет важное практическое значение. Повреждения поверхности металлов и сплавов при термической обработке могут достигать глубин до нескольких миллиметров и приводить к значительному увеличению объема последующей механической обработки. Основным показателем, определяющим стойкость металла и сплава против окисления при высокотемпературном нагреве, является жаростойкость, т. е. способность металла сопротивляться коррозионному воздействию газа» [9].

1.2 Анализ нормативных документов по проблеме коррозионных процессов

В настоящее время в Российской Федерации нет ни одного завода, производством которого является специальное оборудование по горячему покрытию цинком металлических поверхностей. Но сказать о том, что этой проблемой в России совсем не занимаются, нельзя. В данный момент разрабатываются технологии российских ученых в области антикоррозионного покрытия, которые способны на длительный период времени обеспечить защиту металлоконструкций от ржавчины. Уже на сегодняшний момент необходимо изучать проблему коррозии, а для этого нужно начать с формирования новой законодательной базы, которая позволяет стимулировать промышленность к их внедрению и развиваться в области антикоррозионного покрытия посредством инновационных разработок.

На сегодняшний день нормативно-правовыми документами о защите от коррозии являются:

1. «ГОСТ Р 9.907-2007 (ИСО 8407:1991) Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаления продуктов коррозии после коррозионных испытаний» [10].

2. «ГОСТ 9.101-2002 Единая система защиты от коррозии и старения. Основные положения» [11].

Рассмотрим текст документов поподробнее.

В статье документа сказано, что «основные цели Российской Федерации в сфере защиты от коррозии были обозначены ГОСТ Р 9.907-2007 (ИСО 8407:1991) Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаления продуктов коррозии после коррозионных испытаний, утвержденный Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 сентября 2007 г. N 247-ст. Настоящий стандарт устанавливает методы удаления продуктов коррозии с образцов металлов, сплавов, металлических покрытий (далее - образцы) после коррозионных испытаний, применяемые при определении коррозионных потерь по изменению массы образцов» [10].

Существующие методы, которые помогают вывести продукты коррозионных процессов, установлены настоящим стандартом и предназначены для того, чтобы удалить все коррозионные процессы без значительного повреждения основного металла. Всё это позволит более точно определить потерю массы металла после нахождения в коррозионной среде.

Нам известны такие методы, когда коррозия устраняется полностью, а именно:

- а) химический;
- б) электрохимический;

в) механический.

Прочитав данный документ, становится ясно: «для полного удаления продуктов коррозии независимо от используемого метода может появиться необходимость повторной обработки поверхности.

Степень удаления продуктов коррозии определяют визуально. Использование микроскопа (увеличение от 7 до 30) особенно пригодно для поверхности, покрытой раковинами, так как в них могут скапливаться продукты коррозии» [10].

Подробнее можно рассмотреть ГОСТ 9.101-2002 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Основные положения [11].

В статье нормативного документа написано, пункт 2.3, что «Стандарты ЕСЗКС способствуют решению следующих основных задач:

- сокращению расходов на мероприятия по защите изделий, конструкций и материалов от коррозии, старения и биоповреждений в результате рационального конструирования;
- сокращению эксплуатационных затрат за счет комплексного применения средств и мероприятий по защите изделий и конструкций от коррозии, старения и биоповреждений;
- внедрению эффективных средств и методов защиты и технологий их применения;
- увеличению сроков защиты изделий и конструкций без переконсервации в условиях хранения;
- увязке требований к защите изделий, конструкций и материалов общепромышленного назначения с требованиями обороны» [11].
- «в области охраны окружающей среды:
 - а) внедрению экологически чистых технологий нанесения (применения) средств и методов защиты от коррозии, старения и биоповреждений;
 - б) внедрению безотходных и малоотходных технологий в гальваническом производстве и при консервации;

в) использованием эффективных методов хранения изделий и конструкций с применением контролируемых и управляемых защитных сред» [11].

- «в области обеспечения сохраняемости и долговечности изделий:

а) внедрению норм и требований к изделиям, конструкциям и материалам по стойкости к коррозии, старению и биоповреждениям в условиях эксплуатации и хранения;

б) предотвращению аварий, катастроф, потери товарного вида и потребительских свойств изделий и конструкций из-за коррозии, старения и биоповреждений;

в) применению эффективных методов обработки поверхности металлов в целях повышения коррозионной стойкости;

г) унификации методов ускоренных испытаний металлов и композиционных материалов на общую, локальную коррозию, коррозию под напряжением, полимерных материалов и изделий - на стойкость к старению и биоповреждениям

д) повышению сохраняемости и долговечности изделий и конструкций применением комплексной защиты от коррозии, старения и биоповреждений с использованием принципов рационального конструирования» [11].

- «в области совместимости и взаимозаменяемости:

а) унификации номенклатуры средств защиты и применения средств с универсальными свойствами;

б) внедрению методов экспресс-оценки эффективности средств защиты;

в) оптимизации методов ускоренных и нормальных испытаний защитной способности средств защиты, коррозионной стойкости металлов и сплавов, стойкости к старению и биоповреждениям полимерных и других неметаллических материалов;

г) оценке совместимости неоднородных материалов в узлах изделий и конструкций» [11].

Методы, которые помогают производить защитные действия от коррозионных процессов, которые были разработаны и являются эффективными, а также их использование в практике позволяют снизить потери металла и средств, уменьшить металлоемкость конструкций, ограничить расход топливно-энергетических ресурсов, увеличить эксплуатационный период, в частности в общественном автотранспорте.

1.2.1 Изучение патентов по защите от коррозионных процессов

Изоляционная антикоррозионная лента

Был рассмотрен Патент РФ № 2199051 "Изоляционная антикоррозионная лента" от 04.03.2002 г. [12].

Автор(ы): Черкасов Н.М., Гладких И.Ф., Субаев И.У., Горбачева Р.И.

В результате патентных исследований становится ясно, что данное изобретение причисляется к строительству, а также используется при ремонте трубопроводов при температуре транспортируемого продукта 40°C. Лента включает в себя полимерное основание и мастичный слой из смеси полимера "Асмол" и битума, его содержание помещает до 30% на смесь. Антиадгезивом из полиэтилентерефталата является защищенный мастичный слой. Использование термоусаживающейся ленты может быть в качестве полимерной основы. От этого повышается и надежность коррозионной защиты трубопровода.

Авторы сообщают следующее: «Изобретение относится к области строительства и эксплуатации трубопроводов и может быть использовано для защиты от коррозии наружной поверхности трубопроводов с температурой транспортируемого продукта до 40°C» [12].

Данное изобретение направлено на увеличение надежности изоляционной ленты.

В доказательство выше написанных слов авторы дают следующее утверждение: «Это достигается тем, что в антикоррозионной изоляционной ленте, включающей основу из полимерной ленты, мастичный слой из полимера "Асмол" и антиадгезив, последний выполнен из полиэтилентерефталата, а мастичный слой дополнительно содержит битум. При этом содержание битума на смесь составляет до 30% на смесь» [12].

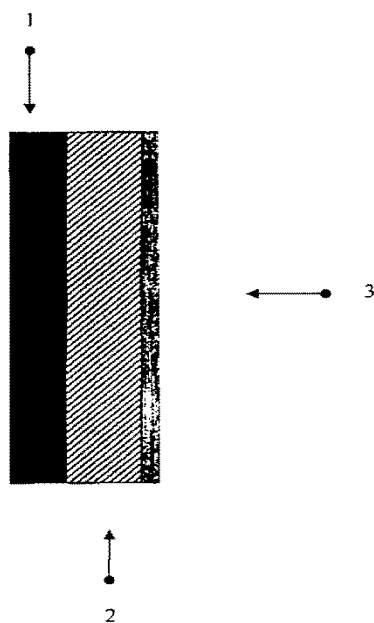
Методом защиты магистрального трубопровода от коррозионных процессов может быть использована термоусаживающаяся лента.

В статье патента говорится следующее: «использование полиэтилентерефталата в качестве антиадгезива обеспечит повышение прочности изоляционной ленты, а использование в качестве мастичного слоя смеси нефтеполимера "Асмол" с битумом также способствует повышению долговечности ленты за счет того, что они взаимно стабилизируют друг друга. Содержание битума более 30% на смесь нецелесообразно, так как увеличение содержания битума практически не изменяет эксплуатационные характеристики изоляционной ленты» [12].

Лента для термоусадки дает возможность менять размеры на самые различные при нагревании или же охлаждении до 30%, что приводит к увеличению механической прочности ленты и ее адгезию к металлу трубы.

Авторы утверждают, что «предлагаемая изоляционная лента изображена на рисунке 2, где

- 1 - основа из полимерной ленты;
- 2 - мастичный слой, выполненный из смеси полимера "Асмол" и битума;
- 3 - антиадгезив из полиэтилентерефталата» [12].



1 - лента и ее основа из полимера; 2 - уровень слоя мастики. Который был сделан из смеси «Асмол» и битума; 3 - антиадгезив из полиэтилентерефталата

Рисунок 2 - предлагаемая изоляционная лента, рассмотренная в патенте РФ № 2199051

Для того, чтобы защитить трубопровод от коррозии, изоляционную ленту, описанную выше, обматывают на металлический трубопровод с помощью специальной изоляционной машины или вручную.

Таким образом, применение предлагаемой изоляционной ленты позволяет увеличить надежность защиты магистрального трубопровода от коррозии за счет повышения прочности, долговечности и лучшей защитной способности.

Но данная лента, как и большинство материалов, имеет свои недостатки, например, таковой является низкая адгезия (0,3 г/см). Кроме того, мастика занимает и обратную сторону основы, в результате чего рулон ленты склеивается, что может существенно помешать процессу защиты от коррозии.

Наиболее похожим техническим решением, который был выбран в качестве прототипа предыдущего материала, является Гидроизоляционный материал, патент РФ № 2522631 [13], который был взят и применен для защиты от коррозионных процессов внешних поверхностей магистральных

трубопроводов, а также для покрытия гипсоволокнистых, деревянных поверхностей и древесно-стружечных плит от разрушающего воздействия окружающей среды.

Автор(ы): Гершман Георгий Исаакович (RU), Тамурова Яна Георгиевна (RU).

Гидроизоляционный материал, представленный авторами данного изобретения, содержит битумно-полимерный компонент HL, минеральный мелкодисперсный наполнитель - природный мел, в качестве пластификатора - композиционную олифу, антикоррозионный пигмент в виде алюминиевой пудры и растворитель - ксилол. Изобретение сохраняет прочность покрытия на длительный промежуток времени в широком диапазоне температур от +40°C до -40°C.

Задача, при которой гарантируется защита стальных трубопроводов от почвенной коррозии, получается путем применения битумных, битумно-полимерных, мастичных изоляционных материалов. Но далеко не все из них сохраняют длительный период времени защитные свойства при эксплуатации трубопроводов.

В статье патента утверждается, что «известные антикоррозионные составы на основе битума основаны на физико-механическом взаимодействии с металлом, «прилипанию» материала к поверхности металла, вследствие чего не достигается требуемый для долговременного использования уровень адгезионной прочности контактирующих с металлом поверхностей и в процессе эксплуатации происходит отслоение изоляции» [13].

Как и у многих материалов, созданных для защиты трубопроводов, у гидроизоляционного материала имеются свои недостатки: мастика Асмол сохраняет в себе низкую температуру хрупкости. Если же температура становится ниже 15 градусов, то мастика делается хрупкой. Условия, при которых она может применяться, ограничиваются температурой -20°C, что

при изменении изоляции затрудняет ее применение в полевых условиях и в местности, в которой может резко измениться климат.

Для защиты подземных трубопроводов от коррозионных процессов, являющейся длительной и надежной, были составлены новые классы изоляционных материалов, которые имеют электрохимическое и химическое взаимодействие с металлическими поверхностями трубопроводов. Авторы приводят нас к данному суждению: «например, мастичная нефтеполимерная композиция «Асмол» ТУ 5623-002-05111644-96. Свойства защиты нефтеполимера «Асмол» высоки и получаются из-за того, что природа его совместимости с металлической поверхностью в условиях эксплуатации трубопроводов и строительства» [13].

Из текста о материале следует, что «задачей заявителя является создание относительно не дорогого изоляционного материала, обладающего необходимыми защитными свойствами в условиях эксплуатации низких температур Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Технический результат заключается в усилении реакции полимеризации при получении гидроизоляционного материала путем использования каталитически активного количества битумно-полимерного компонента НЛ, позволяющего сохранять прочность покрытия длительное время в широком диапазоне температур от +40°С до -40°С» [13].

Заявляемый гидроизоляционный материал создавался авторами для использования в условиях резкоизменяющегося климата, при быстрых перепадах дневных и ночных температур и большой влажности. Плюс данного материала состоит в том, что его можно использовать, нанося на стеклоткань при минусовых температурах без подогрева, его применение возможно при любых погодных условиях. Это сокращает расходы на данный материал в 2 раза.

Проанализировав патенты на материалы, способные защитить поверхности магистральных труб от коррозии, было выяснено, что первый материал, представленный в данной диссертации, можно использовать при

высоких температурах (до +40), а второй - при низкой температуре (до – 40), а также при резких её перепадах. В зависимости от климата, расположения трубопровода мы выбираем материал.

1.2.2 Изучение статей по проблеме развития коррозионных процессов

Для изучения проблемы развития коррозии были рассмотрены статьи, в которых описаны пути решения этой проблемы.

«Основные вопросы процесса коррозионного повреждения металла» [14].

В тексте о коррозии, написанном Чепкасовой О.А., Селезневой А.А. (и др. учеными) повествуется стадии развития на металлической поверхности коррозионных процессов, виды таких процессов и способы, которые помогают улучшить защиту от развития коррозионного разрушения.

«Виды коррозионных разрушений разнообразны - равномерная коррозия, неравномерная, коррозия пятнами, коррозия язвами, подповерхностная коррозия, точечная или питтинговая, структурно-избирательная коррозия, межкристаллитная коррозия (этот самый опасный вид коррозии, обусловленный сложностью выявления). Последствия скрытно протекающих коррозионных процессов зачастую приводят к авариям, которых могло бы и не быть» [14].

О.А. Чепкасовой и её коллегами представляются способы защиты от коррозии:

- Легирование
- Ингибирование
- Плакирование.

Авторами данной статьи рекомендуется защищать трубопроводы от коррозионных процессов следующим методом: «Трубы газо- и нефтепроводов защищаются комбинированным способом, мазутно-битумное покрытие,

ингибированная бумага и одновременно с этим катодная защита. Сущность электрозащиты состоит в том, что на катод, которым является сам трубопровод, накачиваются электроны от внешнего источника тока, и это тормозит коррозию. Анодом в этом случае может служить любой ненужный металл. Так же широко сейчас применяются различные плёнки на основе полиэтилена, внутренняя поверхность так же защищается различными покрытиями на основе керамики. Сварные стыки также защищаются от взаимодействия с перекачиваемой средой различными способами» [14].

Как только мы узнали материал данной статьи, мы выяснили, что потраченные средства на защиту металла от коррозии будут оправданы со стороны финансовой экономии, так как этот способ менее затрачен, чем замена непригодного технического устройства. Проверка техники, которая применяется на заводах, выясняет, что целью данной экспертизы является объяснение развития скорости коррозионных процессов и её содержание в будущем.

«Экологические аспекты трубопроводного транспорта» [15].

В статье Портновой А.О. говорится о том, что в данное время стремительно развивается строительство новых и увеличение пропускной способности действующих магистральных трубопроводов. По данным Росстата, с каждым годом увеличивается протяженность всех магистральных трубопроводов (в период 1992 – 2015 гг.), включая газопроводы, нефтепроводы и нефтепродуктопроводы. На конец 2015 г. в России протяженность трубопроводов составила 251 тыс. км.

Как следует из статьи, «понятие «магистральный трубопровод» закреплено в своде правил «Магистральные трубопроводы» под которым понимается единый производственно-технологический комплекс, включающий в себя здания, сооружения, его линейную часть, в том числе объекты, используемые для обеспечения транспортирования. Весь производственно-технологический комплекс является опасным производственным объектом.

Для обеспечения безаварийной и безопасной работы трубопроводного транспорта необходим постоянный и тщательный мониторинг за состоянием трубопроводной сети, а таким является и контроль за защитой от коррозионных процессов. Одной из проблем тщательного мониторинга является большая протяженность трубопроводной сети, в связи с этим некоторые части трубопровода имеют трудную доступность. Также следует проводить контроль за своевременным и надлежащим выполнением восстановления нарушенных земель и контроль над добросовестностью компаний, проводивших данные работы» [15].

Чтобы существовала возможность устранять коррозию и выявлять ее процессы на ранних стадиях, а также использовать методы защиты от нее, необходимо следить за состоянием трубопроводов.

«Разработка ученого ТПУ высокочувствительного прибора для измерения толщины поверхностей» [16].

В статье представлена разработка ученых Института неразрушающего контроля Томского политехнического университета (ТПУ) новых ультразвуковых толщиномеров. Эти устройства способны измерить остаточную толщину стенок изделий, не нарушая их целостность. Ультразвуковые толщиномеры применяются в нефтегазовой, химической промышленности, в энергетике и в строительстве.

Прочитав данное сообщение, становится ясно: «чтобы измерить толщину или увидеть дефекты внутри металла, толщиномеры серии ТАУ используют ультразвук. Для этого используются так называемые раздельно-совмещенные датчики, в которых объединены и излучатель ультразвука, и его приемник. Излучающая секция датчика возбуждает ультразвук в изделии, а приемная - принимает отраженные сигналы от задней стенки изделия или от дефектов. Толщина изделия определяется по задержке времени между моментом излучения и моментом приема отраженного сигнала» [16].

Толщиномеры, описанные в данной статье, обладают такими преимуществами, как повышенная чувствительность и устойчивость к

помехам, более точные результаты измерения. Они проще в использовании и, в отличие от предыдущего поколения устройств, могут использоваться для измерения толщины алюминия - а значит, могут применяться для неразрушающего контроля в авиации.

1.3 Методы, защищающие металл от коррозионных процессов

Существуют три основных метода, позволяющие уменьшить последствия коррозии:

- Активный
- Конструкционный
- Пассивный

Активная защита от коррозии

Активный метод - это когда система электрических параметров становится изменяемой, а её частью становится защищаемый элемент, с помощью источника тока. В данном случае система подвержена наложению электрического поля, у которого есть постоянные характеристики. Смысл таких манипуляций - повысить электродный потенциал защищаемого металла.

Другой активный метод - использование в системе специального анода, процесс разрушения которого гарантирует целостность защищаемым элементам т.н. процесс с жертвенным анодом представлен на рисунке 3.

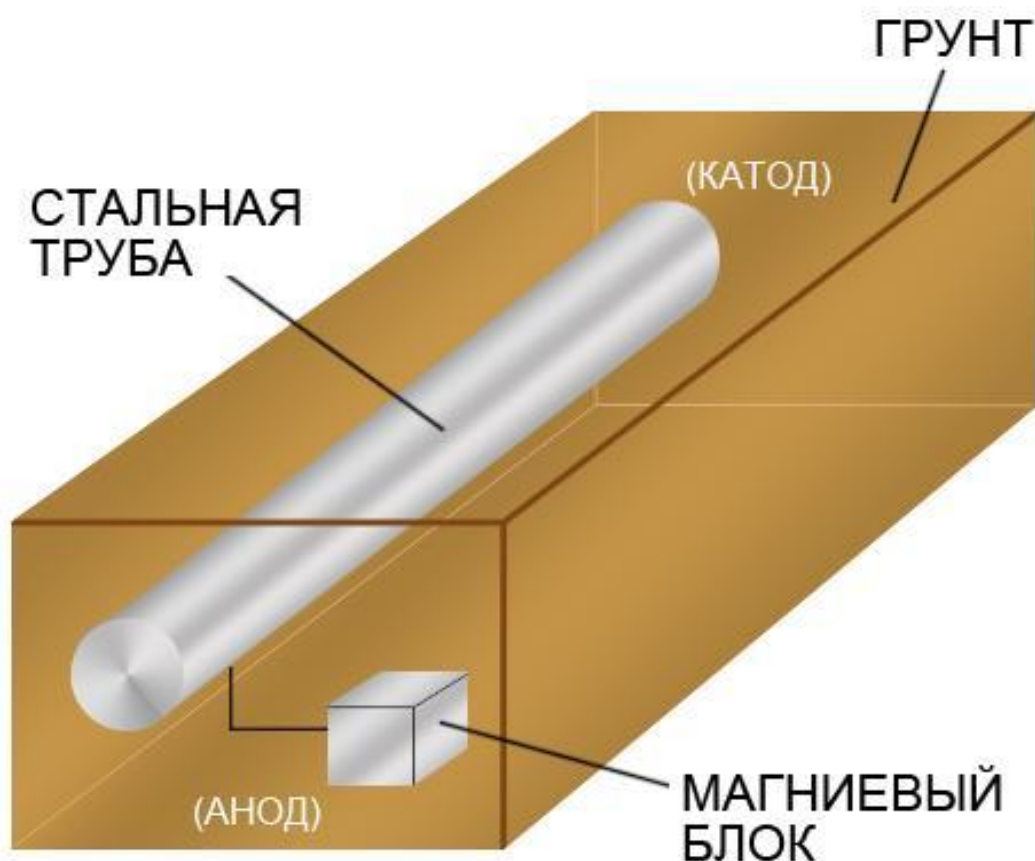


Рисунок 3 - процесс с жертвенным анодом в активном методе защиты от процессов коррозионного разрушения

Конструкционный метод

Конструкционный метод - это когда при создании устройства применяются материалы, которые не ржавеют. Но практика показывает, что металлов, которые никогда не ржавеют, не существует. Таковым является пример: берутся алюминий или нержавеющая сталь. Данные материалы соединяются с атмосферой воздуха и начинают покрываться тончайшей оксидной плёнкой (аналог ржавчины). Эта плёнка облегает конструкцию, и процесс разрушения не идет дальше. Но существует нюанс: «нержавеющий» материал в одной среде может очень быстро поржаветь в другой среде или при меняющихся условиях (для которой этот материал не предназначен). Защитный слой «выгорает» после сварки некоторых марок нержавейки, его химический состав начинает меняться, и для этого может понадобиться дополнительная обработка стыка, чтобы не произошло дальнейшее развитие коррозии. Поэтому нужно внимательно выбирать «нержавеющие»

материалы, приобретать в проверенных компаниях, а также консультироваться со специалистами.

Пассивный метод

«Пассивный метод - это классический вариант защиты, который используется с давних времен. В роли покрытия могут выступать другие металлы – олово, цинк, хром, никель, а также эмали, полимеры и краски. Если слой краски или эмали будет поврежден, то коррозия основного металла будет продолжаться с обычной скоростью. А если защитный слой это металл, то повреждение защитного слоя может ускорить или замедлить процесс коррозии основного элемента, в зависимости от того из какого металла сделан защитный слой» [17].

Данные виды покрытий показаны на рисунке 4.

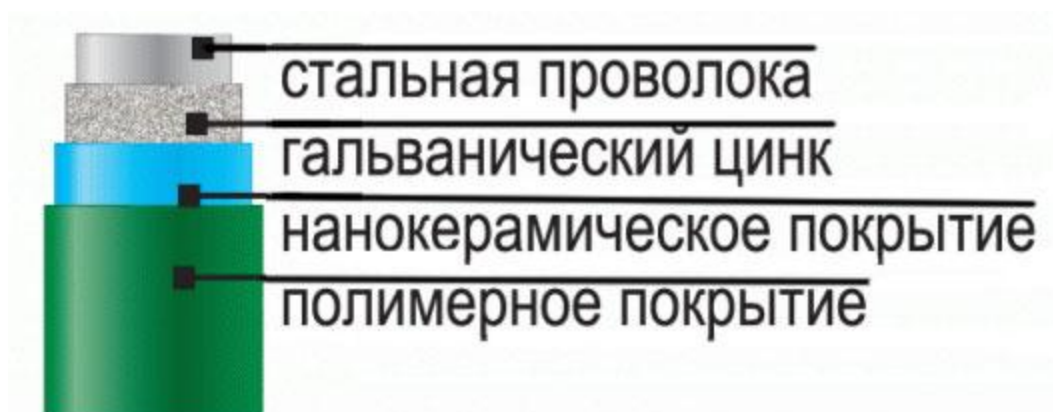


Рисунок 4 - виды покрытий в пассивном методе защиты металла от коррозии

«Так, если повреждено цинковое покрытие, оно все равно будет защищать основной металл. Это связано с тем, что цинк имеет больший отрицательный потенциал, чем сталь и цинк здесь будет играть роль жертвенного анода, как было описано выше» [17].

Выясняем следующее. «А если в качестве защитного покрытия используется олово, то при его повреждении ситуация усугубляется. Так как олово по отношению к железу имеет положительный потенциал» [17].

Сделав выводы по прочитанному, мы узнаем про метод дальше. «То, какой материал выбрать для защиты металлопроката, зависит от

эксплуатации изделия, которое будет из него сделано. Например, цинк нельзя использовать для изделий, которые контактируют с пищевыми продуктами, так как при его повреждении вырабатываются ядовитые токсины. А олово, напротив, можно» [17].

Самый лучший и дешевый способ бороться с коррозией - изначально использовать только качественные и хорошо подобранные материалы, не пытаясь на этом сэкономить. Так как вред от коррозии состоит не только в потере самого металла безвозвратно, но в потере готового изделия, стоимость которого может во много раз превышать стоимость заготовки» [17].

Мы можем повысить стойкость металлических поверхностей от коррозионных процессов, но такой способ применяется в воде, в которой температура не достигает выше 70°C. Он применяется в том случае, когда водопроводные трубы, стальные и чугунные трубы подвергаются покрытию слоем цинка. В условиях, когда температура выше указанной выше, действие имеет обратный эффект и труба быстрее изнашивается. Данный метод не дает стопроцентной защиты от коррозии. На таком покрытии обычно появляются трещины, поэтому защита цинковым слоем ненадежна. Если покрыть лакокрасочными средствами цинковые изделия, то устойчивость данного способа будет минимальна [18].

Если окрасить покрытие из алюминия, то он прослужит в использовании несколько десятков лет. Такой металл является недорогим из-за того, что мало расходуется. Металл, который покрыт алюминием, будет надежно защищать поверхность магистральных трубопроводов от развития процессов коррозии. Если сравнивать такое покрытие с оцинкованием металла, то следует заметить, что слои, покрытые алюминием, будут больше устойчивы в разных средах, особенно в агрессивных. Но из-за того, что алюминированный слой тяжело наносить на металл, потому что расплавленный алюминий агрессивно действует на другие металлы, он является не очень распространенным среди специалистов. Быть может, данная проблема решится в последующие годы, ведь отечественные ученые

нашли довольно успешный способ нанесения алюминированного слоя - металл не стоит погружать в расплавленный алюминий, а нужно будет взять слой и поднять к поверхности трубопровода [19].

Покрытия, сделанные не из металла, например, масляные краски или эмали, а также синтетические или битумные лаки создают пленочный слой, которая не взаимодействует с влагой или другой любой средой. Такой слой будет являться для поверхности из металла отличной защитой от коррозионных разрушений.

Специалисты по борьбе с коррозией металла применяют лаки и краски из-за того, что лакокрасочные покрытия можно использовать на площадках строительства и монтажа. В настоящий момент с помощью специальной техники можно покрывать металл данными материалами, что значительно убыстряет этот процесс. Причем такой способ является достаточно недорогим из-за небольшого расхода материала. При соблюдении некоторых правил работа с красками и лаками будет проходить значительно легче. Такими правилами являются:

- обязательный порядок следования технологии нанесения покрытий на металл;
- использование только качественных материалов;
- при разных климатических и температурных условиях, в которых будет проводиться работа по нанесению лакокрасочного покрытия на металл, работа должна соблюдаться строго по стандарту. Лакокрасочные покрытия требуется наносить на металл, который будет дальше эксплуатироваться, сразу несколькими слоями. Тогда таким методом получится укрепить защиту металла магистральных трубопроводов от внешней среды [20].

Специалисты используют покрытия, которые наносятся с помощью гальванического, химического или горячего способа. Так они смогут защитить металлическую поверхность от коррозионных разрушений.

Рассмотрим виды покрытий и способы их нанесения.

«Фосфатное покрытие образуется при обработке деталей гидрофосфатом магния с примесью фосфата железа и фосфорной кислоты. Это покрытие обладает высоким электрическим сопротивлением, выдерживает высокое напряжение» [21].

Пассивное покрытие обычно наносят на изделия из латуни или же бронзы, предварительно помещая его в раствор с хромом.

Оксидное покрытие. В большую глубокую ёмкость с раствором из щелочи помещают изделия из стали, которые были покрыты оксидным покрытием, а латунные погружают в медноаммиачный раствор.

«Никелевое покрытие образуется в результате выдерживания деталей в водном растворе гипофосфита натрия, формиата натрия и сульфата натрия. Качество покрытия равноценно электрическому никелированию» [21].

Покрyтия, наносимые горячим способом.

«Цинковое покрытие характеризуется хорошим сцеплением с основным металлом, химической стойкостью при температуре до 1000С и повышенной влажности» [21].

Оловянное и свинцовое без труда переносят перепад температуры от нормальной до высокой, и поэтому их можно паять, а также при соединении с более высоким по качеству металлом хорошо ложатся на его поверхность.

Покрyтия, наносимые гальваническим способом.

Серебряное покрытие помогает специалистам бороться с промышленностью для улучшения проведения электричества в изделиях. Это покрытие полируется и хорошо паяется.

«Никелевое покрытие применяют для защиты медных, латунных и стальных деталей от коррозии, когда им необходимо придать декоративный вид. Изделия, покрытые никелем плохо паяются» [21].

После определения методов решения коррозионной проблемы становится ясно: рабочие используют разные виды покрытий, чтобы качества изделий, а также их внешний вид, не ухудшались со временем и служили долгое количество времени по своему прямому назначению [21].

1.4 Анализ процесса внутренней коррозии

Существует система «газ-вода-нефть», которую перекачивают нефтепроводы, но очень часто она может разрушиться из-за процесса внутренней коррозии.

Коррозия, находящаяся внутри стенок трубопровода, еще мало изучена специалистами, поэтому точных данных и выводов пока делать не рекомендуется. Нужны знания в остальных научных сферах, чтобы можно было бороться с коррозией внутри магистральных трубопроводов правильно и эффективно. На сегодняшний момент известно, что процесс коррозионных разрушений имеет вид неких язв и канавок, что показано на рисунке 5.



Рисунок 5 - Внутренняя коррозия стенок трубопровода

Именно такие язвы начинают снижать работоспособность трубопровода, тем самым не дают транспортировать опасные объекты.

На сегодняшний момент обнаружить внутреннюю коррозию металла бывает очень сложно, а порой и невозможно. Поэтому в настоящее время науке известно о причинах, при которых появляются ржавые язвы и как можно их уменьшить [22].

Причины и механизм внутренней коррозии

Внутренняя коррозия имеет свое развитие в результате контакта нефти, которая содержит сероводород и углекислый газ, а так же с пластовую воду. В её составе значится большое количество растворенных солей, которые помогают протеканию коррозии, и следовательно, увеличивают ее скорость. Когда внутренние стороны трубы начинают омываться водой, то начинает образовываться коррозия, а развитие ее скорости увеличивается или же, наоборот, снижается от концентрации минералов и солей, которые растворяются, кислотности воды (рН), а также ряда условий эксплуатации. Так трубопроводы, где вода находится в процентном соотношении более чем 30%, во многих местах будут подвержены коррозии.

Скорость коррозии может уменьшаться при помощи роста пропускной способности нефтепровода из-за образования пленки из нефти на поверхности трубопровода, которая защищает металл от воды. Это называется эффектом естественного ингибирования, но с ростом насыщенности среды водой он существенно уменьшается [23].

Разрушения от коррозии нижней части системы труб и трубопроводов, которые предназначены для отведения нечистот и сливов в точку сбора, по одной из научных гипотез, существующих в данное время, связаны с содержанием механических примесей в трехфазном потоке, выпадающие на дно трубы при транспортировке нефти, вызывают при движении абразивный износ трубы по нижней образующей. В данной области это способствует росту интенсивности коррозионных процессов.

Концентрация частиц и образование отложений в точках перегиба возможна, если жидкость или твердые тела, которые перемещаются со своей скоростью в системах трубопроводов для сливов, будут течь медленнее, чем на нисходящих и горизонтальных участках.

Другая же гипотеза повествует о том, что механические примеси накапливаются на горизонтальных и пониженных участках систем труб, тем самым образуют немало отложений, формирующихся в виде полос и неразрушающихся из-за низких скоростей газожидкостного потока. Из-за этого и приобретает вид язв и канавок на трубопроводе. В этом случае участки под осадком на поверхности трубы становятся анодом, а сам осадок - катодом. Металл трубы под осадком разрушается более интенсивно, причем коррозионный процесс увеличивает скорость сульфидами железа, которые находятся в осадке [24].

Образующийся сероводород, который содержится в многофазной смеси, существует за счет развития микробиологических процессов в пласте. В этот самый пласт течет речная, озерная и сточная вода.

Сульфатовосстанавливающие бактерии из всех развивающихся многочисленных видов бактерий оказывают большое влияние на процесс развития коррозионных разрушений. Увеличивают интенсивность сульфиды железа, образующиеся при взаимодействии ионов железа с сероводородом.

При изучении особенностей гидравлического течения трехфазных потоков задачи снижения степени влияния внутренних коррозионных процессов на стенки трубопроводов и прогнозирование её скорости могут быть успешно решены [25].

Анализирование процесса развития внутренней коррозии и защиты магистральных трубопроводов

С помощью распространенных методов, которые помогают устранить коррозионные процессы на внутренней поверхности магистральных трубопроводов, можно использовать технику, недорогие и эффективные покрытия для защиты металла.

Увеличение стойкости от коррозии магистральных трубопроводов с помощью техники является способом, при котором применяется электрохимический метод долговечности металлической поверхности и предварительная очистка скважин от сероводорода и соли [26].

В настоящее время по всему миру создаются и патентуются специалистами в области борьбы с коррозией множество сотен индивидуальных химических соединений, а также их смесей, которые используются в качестве ингибиторов коррозионных процессов.

Специалисты составили список требований, которые должны предъявляться к ингибиторам. Таковыми являются способность создавать надежную эмульсию в среде, где находится вода, и способность растворяться в углеводородах. Если все условия будут соблюдены, ингибитор сможет защитить стенки магистральных трубопроводов изнутри от слишком агрессивного воздействия сероводорода даже при повышенных градусах [27].

В сфере борьбы с антикоррозийными разрушениями постоянно меняется и растет разновидность отечественных и зарубежных ингибиторов. Но как видно из практики, аминосодержащие соединения и азот находят более широкое применение.

Большое количество высокоэффективных ингибиторов коррозии сохраняют и повышают эффект защиты при повышенных температурах.

Также итогами, при которых перерабатываются отходы промышленности нефтехимии, значатся вещества, замедляющие течение физических процессов, а проще говоря, ингибиторы. Они содержат в себе сложные строения, которые создают препятствие на поверхности металла. Разные виды ингибиторов становятся результатом утилизации продуктов нефтехимии.

Чтобы начать процесс удаления коррозии на внутренних стенках трубопровода и положиться на защиту с помощью ингибиторов, нужно будет

потратить немало средств и времени, которые будут требовать точного соблюдения [28].

Защитные покрытия.

Применение эффективных защитных процессов оказывается многообещающим способом защиты внутренней поверхности магистральных трубопроводов от коррозионных разрушений (показано на рисунке 6).



Рисунок 6 - Способ защиты от внутренней коррозии трубопровода применением защитных покрытий

Дорогие покрытия, которые отличаются качеством и эффективностью их использования, растворяют отложения солей, сохраняют поверхность металла от износа, а также повышают способность прохождения опасных продуктов по трубопроводам.

В данный момент применяемые покрытия являются самыми распространенными и создают полимерные, комбинированные и силикатные подразделения.

«Из силикатных материалов применяются стеклоэмалевые и цементные покрытия» [29].

«Полимерные материалы в зависимости от физического состояния в процессе их нанесения подразделяются на лакокрасочные материалы, представляющие собой растворы полимеров; порошковые материалы, наносимые в виде расплавов; пленочные» [29].

«Разработаны и широко применяются за рубежом комбинированные материалы, например в США применяются качественные и весьма перспективные (в случае снижения стоимости) полимерцементные покрытия» [29].

Системой, которая создана из нескольких пластов грунта, называют лакокрасочное покрытие, которое применимо для защиты от коррозионного разрушения.

Защитные покрытия, созданные с помощью порошковых материалов, получают всё большее распространение и применение, как в европейских и западных странах, так и в России на различных металлургических заводах (показано на рисунке 7). Специалисты по борьбе с коррозионными разрушениями всё чаще выбирают материалы, изготовленные из порошковых полимеров, ведь они имеют достаточно много плюсов и не являются дорогими по сравнению с другими видами материалов, способных защитить металл от коррозии.

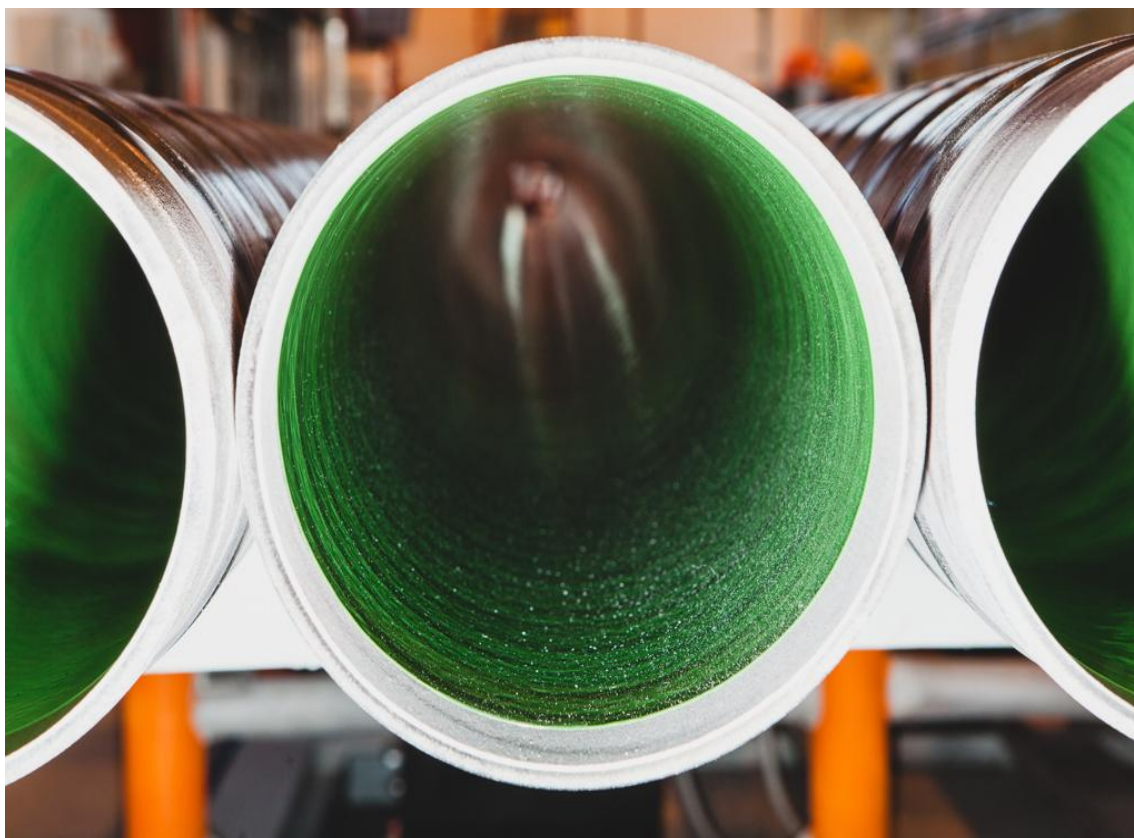


Рисунок 7 - Полимерное порошковое покрытие, которое находят всё более широкое применение, как в западных и в европейских странах, так и в России

Такое покрытие имеет свои плюсы. Они таковы:

- всё больше специалистов могут создавать с помощью порошков покрытия, которые обладают хорошими свойствами;
- происходит использование разнообразного ассортимента материалов, созданных из порошков для защиты от коррозии;
- метод, по которому специалисты работают с порошковым материалом, значительно улучшает работоспособность, а значит и создает покрытия с требуемой толщиной и одним слоем, поэтому растворители можно отложить на второй план;
- траты материала становятся значительно ниже, если пользоваться порошковыми покрытиями;

- теперь покрытия могут защищать изделия с помощью техники, в которую встроена программа, чтобы автоматически можно было использовать порошковый материал для магистрального трубопровода.

Порошковый полиэтилен и пентапласт наносят на поверхности металла для защиты внутренних поверхностей труб. Специалисты же часто используют пентапласт, который имеет повышенную износостойкость.

«В США для защиты внутренней поверхности труб широко используется покрытие из эпоксидного порошкового материала, напыляемого электростатическим способом на разогретую поверхность, на которой формируется защитная пленка толщиной 0,25 мм. Также применяется пластмассовая изоляция, выполненная в виде тонкостенной пленки из фторопласта или аналогичных пластмасс, которая протаскивается через трубу с помощью промежуточных фланцев. Кроме того, рекомендуется метод изготовления труб с внутренней цементно-пластмассовой изоляцией для трубопроводов, по которым перекачиваются агрессивные продукты» [29].

Но в народе известен такой вид материала, а именно цемент, которым защищают поверхности труб от коррозионного разрушения.

Специалисты по борьбе с коррозией считают, что цемент хорошо используется для внутренней защиты магистральных трубопроводов, что видно на рисунке 8.

Из опыта становится ясно, что трубы, в которых внутренняя поверхность является защищенной от коррозии цементной обмазкой, имеют защиту от коррозионных процессов более 50 лет. В Великобритании широко распространен тот способ защиты, а особенно для трубопроводов из чугунных труб. До сегодняшнего момента были созданы методы нанесения защитных изоляционных покрытий в полевых условиях, что важно при проведении ремонтных работ. Проводится тщательная очистка поверхности, на которой будет произведена работа, перед нанесением цементного покрытия [30].

Американские инженеры недавно проводили эксперимент. По его результатам стало ясно следующее: очень выгодной становится изоляция внутри трубы с жидкими продуктами. Снижение развития внутренней коррозии является её же целью. Трубопроводы, проводящие нефтяные продукты, которые эксплуатируются на заводах Америки, значительно уменьшили материальную трату в 3 раза из-за защиты внутри стенок трубы [31].

1.5 Коррозионное растрескивание

Металлы никелевых сплавов склонны к коррозионному растрескиванию, но тем самым создается незначительное разрушение металлической поверхности от коррозии. Не происходят и изменения пластичности и прочности металла при отсутствии коррозионных процессов. Всё это говорит о том, что наибольшее ухудшение металла происходит при взаимодействии обоих этих факторов. Поэтому необходимо разделять взаимодействие этих двух случаев на металл. Когда химическая реакция начинает соединяться с механическими силами, а затем происходит структурное разрушение, растрескивание при коррозии является типичным случаем, что можно увидеть на рисунке 8.

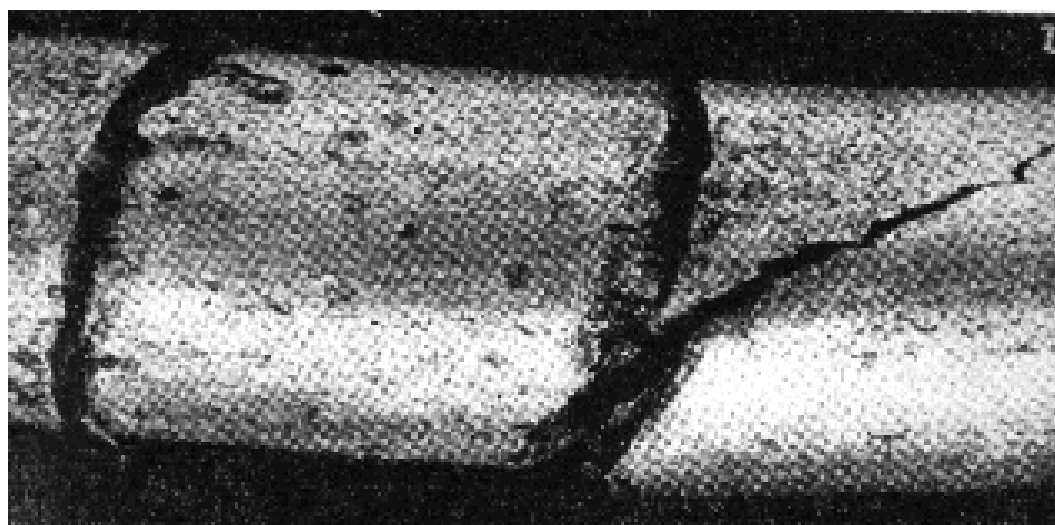


Рисунок - 8. Разрушение вследствие коррозионного растрескивания

Характер коррозионных трещин

Обычно в плоскости, которая является поперечной плоскости напряжений, возникают и начинают свое развитие коррозионные трещины. Коррозионные растрескивания могут обладать как внутрикристаллитным, так и межкристаллитным характером. Специалистами имеется предположение, что характер развития трещин в металле зависит от формы и размера мелких частиц зарождающейся язвы, так как данные факторы имеют влияние на распределение внутренних напряжений [32].

Развитие трещин

Имеются данные о том, что развитие трещины, которая может вызвать процесс разрушения металла, не должна обязательно появляться на месте первой мелкой трещины. Структура деформации может быть изначально такой, что основная трещина может иметь свое развитие на небольшом расстоянии от первой небольшой трещины.

Соединяясь, мелкие трещины образуют большую трещину. Как можно заметить, процесс появления и развитие образованной трещины начинается на металлических участках, которые имеют слабые свойства, а его первые стадии влекут за собой пластическую деформацию. Развитие трещины имеет прерывистый характер, что представляет основное свойство быстрого трещинообразования.

Основа и прекращение различных стадий прерывания наносит на поверхность металла, подверженному коррозией, сильное воздействие, откуда может произойти ускоренный процесс разветвления трещины. Рост такой трещины будет приостановлен, когда она сможет достичь области, где нет необходимых для нее действий, и их движение поперечно движению и скорости развития трещины. Таким образом, для того, чтобы трещина развивалась дальше, важна деформация. Огромные трещины, по сравнению с мелкими, отличаются свойствами быстрого развития

Крупные трещины значительно быстрее замечены в развитии, чем мелкие. И после этого начинает преобладать одна трещина. Она

останавливает развитие других язв. В пластичных металлах среда развития трещин гарантирует возникновение быстро создающихся трещин, так как новые язвы образуются в ходе развития преобладающей трещины и присоединяются к ней.

Процесс возникновения и развития трещин, который рассматривался выше, более точно описывает механизмы коррозионного растрескивания [33].

2 Расчетная часть

2.1 Оценка и расчет коррозии

Скорость коррозии

Для установления скорости в атмосферных условиях коррозионных процессов на металлических покрытиях, нужно не забывать о совместном исполнении большого количества факторов: наличии на поверхности металла фазовых пленок влаги, загрязненности воздуха коррозионно-агрессивными веществами, повышении и снижении температуры воздуха и металла, образовании продуктов коррозии и др.

Продолжительность и материальный коррозионный эффект воздействия на металл должны основываться оценка и расчет скорости коррозионных процессов на магистральном трубопроводе.

В настоящее время существуют такие факторы, которые влияют на скорость коррозии. В соответствии с ними имеется тип условий использования металлов, которых в атмосферной среде поражает коррозия:

1. Закрытые помещения, в которых происходят внутренние происхождения тепла и влаги (такими помещениями являются те, которые отапливают);
2. Закрытые помещения. Эти помещения обычно не отапливаются, так как в них не происходит происхождение влаги и тепла;
3. Открытая воздушная атмосфера.

Классификация агрессивных сред

Коррозийные среды делятся на *неагрессивные, слабоагрессивные, среднеагрессивные* и *сильноагрессивные* по степени влияния на металлы.

Чтобы обозначить стадию, при которой среда будет агрессивная среды при коррозии в атмосфере, нужно соблюдать правила, при которых эксплуатируются металлические конструкции зданий и сооружений. Стадию, при которой среда становится агрессивной, формирует вероятность конденсации влаги, а также режим с учетом влаги и температуры, и

формированию и фильтрации пыли по отношению к конструкциям внутри зданий, которые отапливаются и помещений, которые не являются отапливаемыми, а также зданий без стен. Определение стадии агрессивности среды к конструкциям на открытом воздухе, которые не защищены от попадания осадков из атмосферы, осуществляется зоной, зависящей от климата, и формированию и фильтрации пыли в воздухе.

Таким образом, для защиты металлических конструкций от коррозионных процессов необходимо указать агрессивность условий их использования. Алюминиевые и цинковые покрытия названы специалистами более устойчивыми структурами для защиты металлических конструкций.

Широко известным способом защиты металла от коррозии в промышленности оказываются лакокрасочные покрытия и полимерные пленки [31].

2.2 Скорость коррозии под воздействием среды

В таблице 1 рассматривается стадия коррозионного воздействия среды.

Таблица - 1. Стадия коррозионного воздействия среды

Относительная влажность внутри зданий, % и характеристика климатической зоны (в скобках)	Группа агрессивных газов	Стадии агрессивности среды, которые зависят от условий конструкций и их эксплуатации		
		внутри зданий		
		на открытом воздухе	в условиях периодической конденсации влаги	без конденсации влаги
60 (сухая)	А	низкая	неагрессивная	неагрессивная
	Б	низкая	низкая	неагрессивная
	В	умеренная	умеренная	низкая
	Г	высокая	умеренная	умеренная
61-75 (нормальная)	А	низкая	низкая	неагрессивная
	Б	умеренная	умеренная	низкая
	В	умеренная	умеренная	умеренная
	Г	высокая	высокая	умеренная
более 75 (влажная)	А	умеренная	низкая	низкая
	Б	умеренная	умеренная	умеренная
	В	высокая	высокая	умеренная
	Г	высокая	высокая	умеренная

Основными причинами, определяющими скорость коррозии в отапливаемых помещениях, имеются ввиду относительная влажность и загрязненность воздуха.

Величина коррозии K , г/м, которая находится в зданиях с относительной влажностью воздуха выше критического уровня, условно принятой нами равной 70%, и загрязненностью сернистым газом или хлором, рассчитывается по формуле (1):

$$K = (aC + b) \cdot e \cdot \beta, \quad (1)$$

где C - является концентрацией SO или Cl , мг/м;

φ - относительная влажность воздуха вблизи зданий с учетом Δt смены температуры между металлом и воздухом помещения;

a , b , - постоянные (для каждого металла и вида загрязненности имеют индивидуальное значение);

β - коэффициент регрессии;

e - время эксплуатации, ч.

• - умножить

В зданиях, которые не отапливаются, основными факторами, способными определить скорость распространения коррозии на металл, являются относительная влажность и загрязненность воздуха.

Действия, которые продолжают свое существование, на металлы основных факторов, при оценивании высокой вероятности коррозии металлов в различных местах, необходимо понимать по данным, которые устанавливаются на городских метеостанциях. Они находят равномерно друг от друга на поверхности земного шара. В них регистрируется большое количество сведений, которые помогают дать оценку скорости распространения коррозии металлов в любой точке Земли, при этом нет

необходимости проводить исследования коррозии металлов в условиях, которые будут естественны, длящиеся большое количество времени.

В открытой атмосфере коррозия металлов складывается промежутком времени нахождения на металлических поверхностях фазовых пленок влаги, загрязненностью воздуха и продуктами коррозионных процессов. Время, при котором действуют фазовые пленки влаги, устанавливается из нескольких факторов. На него влияет время, за которое будут длиться трудные погодные условия, а также потеря влаги после каждого такого явления природы.

2.3 Показатель скорости коррозии

В данной среде для измерения скорости распространения коррозии металла специалисты считают особой важностью наблюдать за изменением во времени какой-либо из характеристик, которая будет показывать, как изменяется свойство металла.

В практике коррозионных процессов часто используются некоторые показатели.

1) Показатель изменения массы - это когда образец изменяет свою массу в результате развития процесса коррозии, принадлежащий к показателю металлической поверхности S и к показателю времени (например, г/м ч). В том случае, когда многое зависит от различных условий коррозии, устанавливают:

а) отрицательный показатель изменения массы (формула 2)

$$K_m^- = m / S \quad (2)$$

где m - снижение веса металлической поверхности за период развития коррозионных процессов после того, как будут убраны язвы процессов ржавчины;

S - единица поверхности металла.

б) положительный показатель изменения массы (формула 3)

$$K_m^+ = m / S \quad (3)$$

где m - повышение массы металла за промежуток времени вследствие развития пленки продуктов коррозии;

S - единица поверхности металла.

Если нам известен будет структура явления коррозии, тогда мы сможем сделать перерасчет от K к K и наоборот (формула 4)

$$K_m^- = K_m^+ (n_{ок} A_{Me} / n_{Me} A_{ок}) \quad (4)$$

где A - атомная масса Me и окислителя;

M - молекулярная масса Me и окислителя;

$n_{ок}$ и n валентность металла и окислителя в окислительной среде.

2) Единица объема коррозионного процесса (формула 5)

$$K = \text{объ. } V / S \quad (5)$$

где K - объем газа, который проявляется с ходе проверки;

V - относится к показателю металлической поверхности и показателю времени (например, см/см ч);

S - показатель, который отвечает за металлическую поверхность.

Объем газа обычно доводят до нормальных условий.

Единица водорода коррозионного процесса - это объем водородного показателя, который проявляется в развитии коррозии, определенный к показателю, отвечающему за металлическую поверхность.

Единица кислорода коррозионного процесса - это объем втянутого в действие окислителя, определенный к показателю, отвечающему за металлическую поверхность.

3) Единица сопротивления.

Череда физической величины - электрического сопротивления одного металла за данный промежуток проверок также берется в качестве показателя коррозионного процесса (K) (формула 6).

$$KR = (R/R_0)100\% \text{ за время } t \quad (6)$$

t - время

где R_0 и R - электрическое сопротивление одного металла до (R) и после (R_0) процесса развития коррозии.

Недостаток данного метода является таковым: толщина металла за весь промежуток времени исследований обязана быть равной, и поэтому быстро находят удельное сопротивление, т.е. перестроение электрического сопротивления на показатель площади одного металла (см, мм) с длиной, которая равна единице. Такой способ имеет ограничения использования: например, для металлического листа не больше 3 мм. Конкретную информацию обычно получают для образцов, сделанных из проволоки. Этот метод считается не пригодным для сварных соединений, и, соответственно, не применимым.

4) Механическая единица коррозионного процесса.

Замена качества металла за время коррозии. Нередко специалисты пользуются изменением границы прочности. Единица прочности (формула 7) будет выражаться:

$$K_0 = (v/v_0) 100\% \text{ за время } t \quad (7)$$

где σ - изменение границы прочности при растяжении после коррозионного разрушения вида в промежуток времени;

t - время;

σ_0 - предел прочности до коррозии [32].

2.4 Механизм коррозионного растрескивания

«Видимое проявление коррозионного растрескивания состоит в появлении трещин, которые напоминают хрупкое разрушение, поскольку их возникновение не сопровождается значительной пластической деформацией. Коррозионное растрескивание, вызывающее хрупкое разрушение, в пластичном материале обычно обусловлено воздействием ряда факторов - определенной внешней среды, растягивающих напряжений, действующих в материале, его химического и фазового состава и ряда эксплуатационных особенностей: температурных, временных и т. п.» [33].

«Энергетический баланс коррозионного растрескивания можно представить следующим образом: изменение поверхностной энергии + работа пластической деформации = изменение начального запаса энергии + выделение энергии при электрохимической реакции» [33].

На значение поверхностной энергии нет необходимости проявлять интерес, ведь имеет небольшое значение с тем, если сравнивать её с работой пластической деформации при стресс-коррозии пластичных материалов. В таком случае, формула начинает меняться (см. формулу 8):

$$P = \frac{K_1^2 \cdot (1 - \mu^2)}{E} + \frac{z \cdot F \cdot \rho}{\eta} \cdot \frac{\delta}{M}, \quad (8)$$

где « P - работа пластической деформации,

K_1 - коэффициент интенсивности напряжений,

μ - коэффициент Пуассона,

E - модуль Юнга,
 z - формальный заряд сольватированных ионов,
 F - постоянная Фарадея,
 ρ - плотность,
 δ - высота надвигающегося фронта трещины,
 M - молекулярная масса металла,
 η - перенапряжение анодной реакции» [33].

После описанного выше мы понимаем, что работа пластической деформации снизится, а значит, сможет стать лучше из-за того, что произойдет увеличение границы текучести или скорости механического упрочнения в вершине трещины. При данном условии, любая из причин, описанных выше, при устойчивом содержании η снизит величину K_{ISCC} , а значит, уменьшит стадию сопротивления изделия течению развития растрескивания от коррозии [33].

3 Выполнение теоретических, экспериментальных и практических исследований

3.1 Проведение экспериментального исследования обнаружения внешней коррозии на примере магистральных трубопроводов

Для проведения исследования была взята подземная магистральная газовая труба. Трубопровод имел следующие характеристики: категории Б(в) - IV диаметром 159 мм с давлением 0,2 МПа, температурой 40 С°, со средой У/В конденсат, металл Сталь 20. Данное исследование проводилось в 2016 г. При проведении экспертизы было выяснено: по технической документации номинальная толщина ее стенки должна составлять 8,0 мм. Труба была разрыта, измерена толщиномером, который показал истончение стен трубы до 6,0 мм. Были обнаружены коррозионные процессы на поверхности трубопровода.

Замеры элементов, находящихся над землей, представлены в таблице 2.

Таблица - 2. Элементы, находящиеся над землей. Экспертиза 2016 г.

№ зоны замера	Наименование элемента	Ф		Исполнительная толщина, мм		Отбраковочная толщина, мм	Сечение 1				Материальное исполнение
		макс	мин				а	б	в	г	
1	труба	159	-	8,0	-	2,0	7,1	7,7	7,3	7,8	Сталь 20
2	отвод	159	-	8,0	-	2,0	7,4	7,5	7,2	7,0	Сталь 20
3	труба	159	-	8,0	-	2,0	7,4	7,8	7,7	7,6	Сталь 20
4	отвод	159	-	8,0	-	2,0	7,3	7,1	7,0	7,4	Сталь 20
5	труба	159	-	8,0	-	2,0	7,5	7,7	7,2	7,6	Сталь 20
6	отвод	159	-	8,0	-	2,0	7,0	7,2	7,3	7,3	Сталь 20
7	отвод	159	-	8,0	-	2,0	6,2	6,1	6,0	6,3	Сталь 20
8	труба	159	-	8,0	-	2,0	7,5	7,8	7,1	7,9	Сталь 20

На рисунке 9 показаны зоны замеров элементов трубопровода.

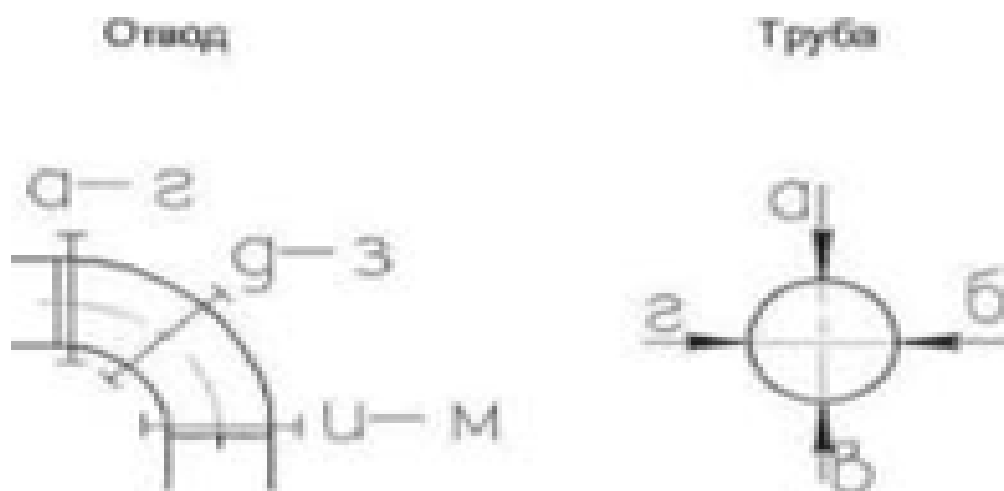


Рисунок 9 - Зоны измерения толщины стенок элементов трубопровода

Для более точного анализа можно рассмотреть, какие элементы трубопровода находились под землей, что видно на таблице 3. Эти элементы больше подвержены коррозии, чем те, которые являются надземными.

Таблица - 3. Элементы, находящиеся под землей. Экспертиза 2016 г.

№ зоны замера	Наименование элемента	φ		Исполнительная толщина, мм	Отбраковочная толщина, мм	Сечение 1				Материальное исполнение	
		макс	мин			а	б	в	г		
1	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,5	6,8	6,7	6,4	Сталь 20
2	отвод	159	-	8,0	-	2,0	6,0	6,1	6,5	6,2	Сталь 20
3	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,8	6,3	6,5	6,7	Сталь 20
4	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,4	6,3	6,9	6,6	Сталь 20
5	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,7	7,0	6,5	6,8	Сталь 20
6	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,8	6,5	6,7	6,6	Сталь 20
7	отвод	159	-	8,0	-	2,0	6,0	6,3	6,2	6,1	Сталь 20
8	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,6	6,3	6,8	6,5	Сталь 20

Элементы под номером 2 и 7 более подвержены коррозии. Ими являются отводы, так как именно в этой части трубопровода создается более сильное давление из-за изменения траектории хода продукта. Поэтому уделим более тщательное внимание этим элементам при следующей проверке.

После расчета скорости коррозии было выявлено, что она превышает допустимые нормы, что приведет к нежелательным дефектам и к внеплановой остановке трубы. Для этого мы применяем наш метод и назначаем срок следующей ревизии трубопроводов через 2 года.

Для борьбы с коррозией нужно правильно подготовить поверхность для защиты от коррозии, для этого нужно убрать слой поверхности, подверженный коррозии. Самый продуктивный метод подготовки поверхности - абразивоструйная очистка. Это повысит долговечность металла на более длительный срок.

Абразивоструйная очистка - универсальный и удобный способ очистки поверхности металла от коррозии, ржавчины, окалины, старой краски и других веществ, который имеет свои преимущества, а также определенные нюансы, которые необходимо учитывать в ходе очистки, показан на рисунке 10.



Рисунок 10 - Абразивоструйная очистка – способ очистки поверхности металла от коррозии

Во время производства абразивоструйной очистки имеют место следующие факторы опасности для исполнителя:

- ударное воздействие частиц абразива;
- пары органических растворителей;
- пыль;
- шум.

Что говорит о том, что выполняющий работы должен быть соответственно экипирован, что показано на рисунке 11.



Рисунок 11 - Экипировка работающего с абразивоструйной очисткой

Средства индивидуальной защиты включают в себя:

- Шлем;
- Костюм пескоструйщика защитный;
- Фильтр очистки воздуха дыхания.

Эти средства изображены на рисунке 12.



Рисунок 12 - Средства индивидуальной защиты при пескоструйных работах

Этот метод травмоопасен, так как «Сопла, шланги, муфты и соплодержатели являются потенциальными источниками травм из-за внутреннего износа, высокого давления, атмосферного воздействия и небрежного обращения. Сопла могут самопроизвольно выкрутиться из соплодержателя в результате сильного износа сопла и соплодержателя. Разрыв абразивоструйного шланга является частым явлением, особенно в местах, где шланг сильно перегнут во время работы» [34].

«Муфты и соплодержатели выходят из строя по следующим причинам:

- (А) муфты и держатели не правильно установлены на шланг;
- (Б) прокладки изношены или отсутствуют;
- (В) муфты изношены и не безопасно соединены;
- (Г) оборудование небрежно эксплуатируется в полевых условиях» [34].

После абразивоструйной очистки для понижения рисков коррозионных процессов было решено применить пассивный метод защиты от коррозии, о котором было сказано ранее (см. подраздел 1.3). Но для уменьшения финансовых потерь можно нанести лакокрасочное покрытие на поверхность металла. Однако элементы трубы, находящиеся под землей, более подвержены коррозии, чем находящиеся над землей. Это говорит о том, что одного лакокрасочного покрытия для подземных элементов трубопроводов недостаточно.

Таким образом, это приведет к незначительным потерям относительно пассивного метода, но уменьшит денежные затраты. После чего для защиты от влаги и других внешних факторов окружающей среды был взят изоляционный антикоррозийный материал.

«Материал предназначен для защиты от коррозии при проведении в трассовых условиях капитального ремонта изоляционного покрытия (переизоляции) труб газонефтепродуктопроводов» [35].

Задачей, на решение которой создано данное изобретение, является устранение указанных выше недостатков, а именно, снижение стоимости изоляционного антикоррозионного материала и повышение качества покрытия.

«Указанная задача решается за счет того, что изоляционный антикоррозионный материал для защиты наружной поверхности трубопровода содержит слой битумно-полимерной мастики, в который погружена армирующая стеклянная сетка, и антиадгезивный слой, при этом армирующая стеклянная сетка выполнена из стеклянных нитей диаметром от 0,2 до 0,25 мм методом перешивочного переплетения с размером ячеек 2,5×2,5 мм и расположена на расстоянии, равном 20-40% толщины слоя битумно-полимерной мастики от антиадгезивного слоя, при этом битумно-полимерная мастика имеет следующий состав компонентов, мас. %: битум БНД-60/90 7-14, битум БН-70/30 60-85, термоэластопласт 4-12,

нефтеполимерная смола 2-10, полибутадиеновый низкомолекулярный каучук 5-10» [35].

«Битумно-полимерная мастика представляет собой многокомпонентную композицию и имеет следующий состав компонентов, мас. %: битум БНД-60/90 7-14, битум БН-70/30 60-85, термоэластопласт 4-12, нефтеполимерная смола 2-10, полибутадиеновый низкомолекулярный каучук 5-10» [35].

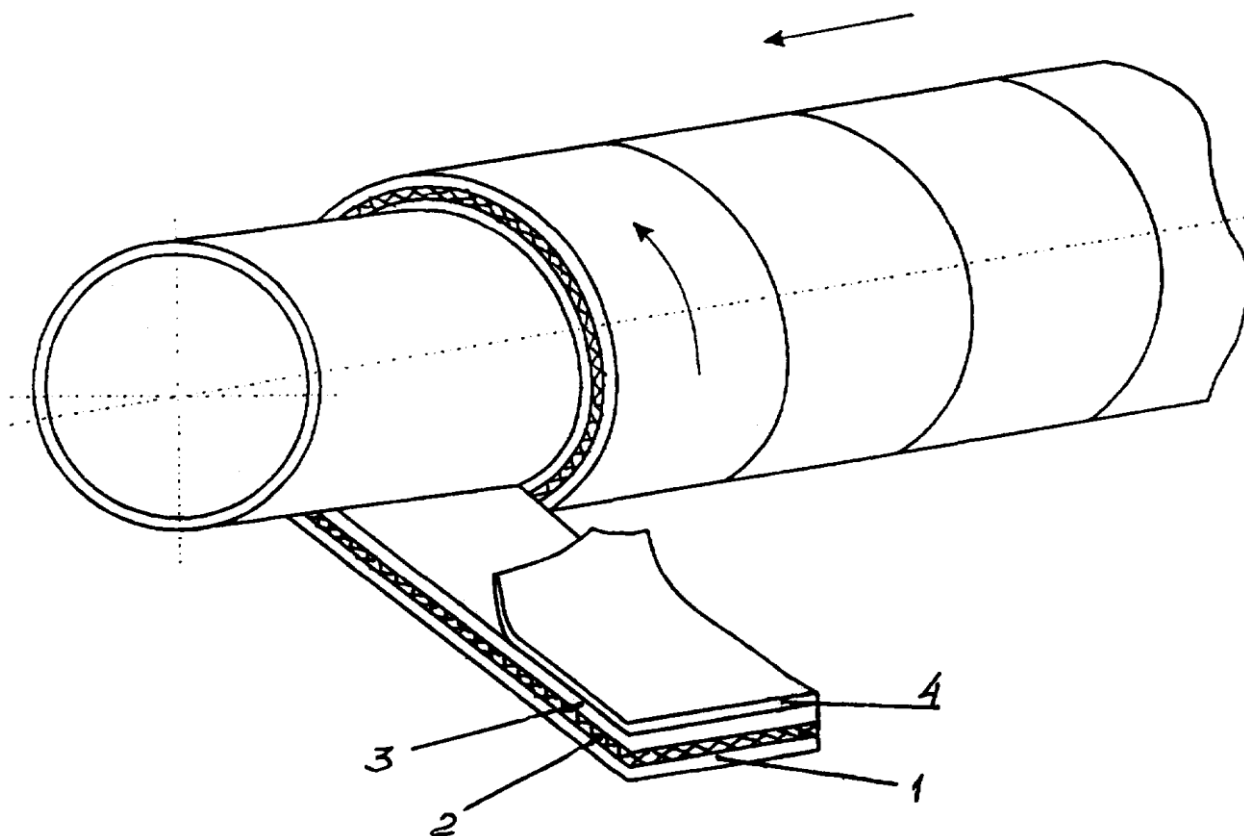
«Армирующая стеклянная сетка выполнена из стеклянных нитей диаметром от 0,2 до 0,25 мм методом перешивочного переплетения с размером ячеек 2,5×2,5 мм, пропитана связующим на основе битума и органических растворителей с введением синтетических модифицирующих добавок, температурный интервал эксплуатации которой составляет от -50°С до +50°С» [35].

Антиадгезивный слой может быть выполнен из любого материала, обеспечивающего свободное разматывание рулона без прилипания к мастичному слою ленты, преимущественно ламинированная бумага, либо полиэтилентерефталевая пленка.

На чертеже представлена структура изоляционного антикоррозионного материала.

«Изоляционный антикоррозионный материал выполнен в виде рулонной многослойной структуры (показан на рисунке 13), где:

- 1 - слой битумно-полимерной мастики
- 2 - армирующая стеклянная сетка
- 3 - слой битумно-полимерной мастики
- 4 - антиадгезивный слой» [35].



1 - слой битумно-полимерной мастики; 2 - армирующая стеклянная сетка; 3 - слой битумно-полимерной мастики; 4 - антиадгезивный слой.

Рисунок 13 – рулонная многослойная структура изоляционного антикоррозионного материала

Авторы данного патента утверждают, что: «Битумно-полимерную изоляционную мастику, представляющую собой многокомпонентную композицию, состав которой указан ранее, очищают от упаковки и загружают в плавильный котел. Разогретая до температуры 140-160°C мастика из котла поступает по обогреваемому гибкому металлическому рукаву в промежуточную ванну узла нанесения, далее насосом - в расходную ванну, при этом температура в промежуточной и расходной ваннах поддерживается автоматически в пределах от 130 до 160°C» [35].

«Предлагаемый изоляционный антикоррозионный материал может быть эффективно использован в трассовых условиях при изоляции наружной поверхности стальных подземных газонефтепроводов, продуктопроводов, водопроводов диаметром до 1420 мм при температуре эксплуатации до +40°C» [35].

По истечению двухлетнего срока была проведена ревизия, на которой минимальный замер толщины составил 5,8 мм, что можно увидеть в таблице 4. Это доказывает то, что наш метод существенно сократил скорость коррозии до положенного значения по РБ "Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов" и позволяет эксплуатировать трубопровод до следующей плановой ЭПБ.

Таблица – 4.Элементы, находящиеся под землей через 2 года после ревизии. Экспертиза 2018 г.

№ зоны замера	Наименование элемента	Ф		Исполнительная толщина, мм		Отбраковочная толщина, мм	Сечение 1				Материальное исполнение
		макс	мин				а	б	в	г	
1	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,2	6,4	6,1	6,5	Сталь 20
2	отвод	159	-	8,0	-	2,0	5,8	6,1	6,0	6,2	Сталь 20
3	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,5	6,7	6,2	6,1	Сталь 20
4	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,4	6,3	6,2	6,6	Сталь 20
5	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,7	6,6	6,5	6,7	Сталь 20
6	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,8	6,5	6,7	6,6	Сталь 20
7	отвод	159	-	8,0	-	2,0	6,1	5,8	6,3	6,2	Сталь 20
8	труба	159	-	8,0	-	2,0	6,2	6,3	6,1	6,5	Сталь 20

Элементы под номером 2 и 7 более подвержены коррозии. На основании полученных результатов следует, что при коррозионном процессе магистрального трубопровода изоляционный антикоррозийный материал будет являться хорошим методом защиты, который продлит срок службы трубы.

И к тому же данный метод примерно уравнивает скорости коррозии в отводе и трубе с элементами, поддающейся коррозионным процессам.

Метод, описанный в данной научной диссертации, рекомендуется использовать в нефтегазовых отраслях и монтажных организациях.

3.1.1 Обработка полученных результатов исследований по внешней коррозии

Для исследования была взята труба категории Б(в) – IV диаметром 159 мм с давлением 0,2 МПа, температурой 40 С°, со средой У/В конденсат, металл Сталь 20. По технической документации номинальная толщина ее стенки должна составлять 8,0 мм. После проведения ЭПБ было выяснено, что минимальная толщина стенки была равна 6,0 мм. Это показывает, что скорость коррозии с момента установки трубы до момента ЭПБ преувеличивает допустимые нормы, что может привести к внеплановой остановки трубы из-за появления коррозионных дефектов на ней. Основываясь на этом, было решено продлить срок эксплуатации трубопровода методом абразивоструйной очистки и герметизации с помощью изоляционного антикоррозийного материала и назначить срок следующей ревизии через 2 года. По истечению этого срока была проведена ревизия, на которой минимальный замер толщины составил 5,8 мм. Это доказывает то, что наш метод существенно сократил скорость коррозии до положенного значения по РБ "Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов" [36] и позволяет эксплуатировать трубопровод до следующей плановой ЭПБ.

На основании полученных результатов следует, что при коррозионном процессе магистрального трубопровода изоляционный антикоррозийный материал будет являться хорошим методом защиты, который продлит срок службы трубы.

Применение такого метода позволит магистральному трубопроводу прослужить дольше, чем снижает затрату времени и денежных средств на установку новых трубопроводов.

Как следует из результатов, исследование показывает, что подземный магистральный трубопровод можно защитить от коррозии с помощью

изоляционного антикоррозийного материала. Срок службы металлической поверхности трубы продлится на долгие годы, ведь трубопроводов расположен под землей, а следовательно, часто проверять его поверхность на коррозию не предоставляется возможным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской диссертации были рассмотрены проблемы развития коррозии, методы ее устранения, способы нахождения коррозии на металлических поверхностях с помощью толщиномера, удаление поверхности коррозионного слоя методом абразивоструйной очистки и метод герметизации с помощью изоляционного антикоррозийного материала.

Была определена цель научного исследования: обнаружение коррозионных процессов на магистральных трубопроводах и повышение антикоррозионной устойчивости методом, описанным в результате исследования. Были проведены исследования по внешней коррозии на примере магистральных трубопроводов и проанализированы результаты.

Проведен теоретический анализ проблемы распространения коррозии на металл.

Рассмотрены методы оценки и расчета коррозионных процессов.

Были проведены теоретические и экспериментальные исследования. На основании результатов исследования был сделан анализ и сформулированы выводы. Даны рекомендации по использованию метода для монтажных организаций и специалистам, работающим в нефтегазовых отраслях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Промышленная безопасность опасных производственных объектов. Ростехнадзор [Электронный ресурс] / ГК «РУСПРОМЭКСПЕРТ». – URL: <https://www.ruspromexpert.ru/uslugi/pb/> (дата обращения 15.02.2019)
2. Филонова, В.А. Коррозия металлов и современные меры борьбы с ней в Вооружённых Силах Российской Федерации [Электронный ресурс] / Филонова В.А, Фроловичева Е.А., Шеина В.В., Френкель Е.Н. / VII Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум – 2015. – 2015. – URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015015320> (дата обращения: 18.02.2019)
3. Коррозионные исследования [Электронный ресурс]/ Всё о коррозии. Информационный портал. – URL: <https://www.okorrozii.com/korrozionnie-issedovaniya.html> (дата обращения 01.02.2019)
4. Коррозия металлов. Классификация коррозионных процессов [Электронный ресурс]/ StudFiles. – URL: <https://studfiles.net/preview/6652177/page:23/> (дата обращения 31.01.2019)
5. Металлы [Электронный ресурс] – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Металлы> (дата обращения 13.02.2019)
6. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/928be6671acc6ba6e6da54aec949a23259a65002/ (дата обращения: 18.02.2019)
7. Федосова, Н.Л. Антикоррозионная защита металлов./ Л.Н. Федосова. – Иваново, 2009. – 187 с.
8. Химическая и электрохимическая коррозия [Электронный ресурс] : Строй-справка.ру. Отопление, водоснабжение, канализация – URL: <http://stroy-spravka.ru/article/khimicheskaya-i-elektrokhimicheskaya-korroziya> (дата обращения: 12.02.2019)

9. Коррозия. Виды коррозии, методы испытаний и способы предотвращения коррозионных повреждений [Электронный ресурс] - URL: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/08_elektrodnye_protssesy_khimicheskaya_kinetika_i_diffuziya_kolloidnaya_khimiya/5003 (дата обращения 15.01.2019)

10. ГОСТ Р 9.907-2007. Библиографическая запись. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаления продуктов коррозии после коррозионных испытаний. (Введен Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 сентября 2007 г. N 247-ст) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200054052> (дата обращения 14.12.2018)

11. ГОСТ 9.101-2002. Библиографическая запись. Единая система защиты от коррозии и старения. Основные положения. (Введен Постановлением Государственного комитета по стандартизации и метрологии от 22 января 2003 г. N 30-ст) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200031262> (дата обращения 14.12.2018)

12. Изоляционная антикоррозионная лента: пат. 2199051 Рос. Федерация: МПК F16L58/04/ Черкасов Н.М., Гладких И.Ф., Субаев И.У., Горбачева Р.И.; заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский центр "Поиск". - № 2002105831/06 ; заявл. 04.03.02; опубл. 20.02.03, Бюл. № 57 [Электронный ресурс] - URL: <http://ru-patent.info/21/95-99/2199051.html> (дата обращения 19.01.2019)

13. Гидроизоляционный материал: пат. 2522631 Рос. Федерация. МПК C09D195/00, C08L95/00/ Гершман Г. И.. Тамурова Я.Г.; заявитель и патентообладатель Гершман Игорь Георгиевич. - № 2012147105/05; заявл.06.11.12; опубл. 20.07.14. Бюл. № 20. [Электронный ресурс] - URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2522631> (дата обращения 19.01.2019)

14. Чепкасова, О.А. Коррозия металлов [Электронный ресурс] / О.А. Чепкасова, А.А. Селезнева, А.И. Садилов // Молодой ученый. — 2015. —

№23. — С. 260-261. — URL: <https://moluch.ru/archive/103/23845/> (дата обращения: 13.12.2018).

15. Портнова, А.О. Экологические аспекты трубопроводного транспорта [Электронный ресурс]/ А.О. Портнова // Молодой ученый. — 2019. — №3. — С. 124-126. — URL: <https://moluch.ru/archive/241/55733/> (дата обращения: 29.01.2019).

16. И-Маш. Ресурс Машиностроения. [Электронный ресурс]/ 25 сентября 2015 г. URL: http://www.i-mash.ru/news/nov_otrasl/72156-uchenyjj-tpu-razrabotal-vysokochuvstvitelnyjj.html (дата обращения 13.12.2018)

17. Защита металлопроката от коррозии [Электронный ресурс] Первая строительная база – URL: <http://psbaza.ru/zaschita-metalloprokata-ot-korrozii> (дата обращения 21.01.2019)

18. Медведева, М.Л. Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа./ М.Л. Медведева. - М: Химия, 2005. – С. 449.

19. Романов, О.Н. Вязкость разрушения конструкционных сталей / О.Н. Романов. - М.: Металлургия, 1989. - 176 с.

20. Заикин, Б.Б. Коррозия металлов, эксплуатирующихся во влажном воздухе, загрязненном сернистым газом или хлором. Сборник МДНТП “Натурные и ускоренные испытания” / Б.Б. Заикин. – М.: Москва, 1972. - С. 160—168.

21. Комогоров, А. Исследование коррозионной устойчивости различных металлов и защитных покрытий, применяемых в радиоэлектронике. [Электронный ресурс]/ А. Комагоров. - Омск, 2012. URL: <https://pandia.ru/text/78/351/78.php> (дата обращения 02.02.2019).

22. Иванов, Е.С. Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах / Е.С. Иванов. – Л.: Металлургия, 1986. – 175 с.

23. Кеше, Г. Коррозия металлов. Физико-химические принципы и актуальные проблемы / Г. Кеше. - М.: Металлургия, 1984. — 400 с.

24. Flick, E. W. Corrosion Inhibitors, 2nd Edition: An Industrial Guide/ Ernest W. Flick// 2nd ed - 1993 - 355 p.

25. Шраера, Л.Л. Коррозия. Коррозия. Справочник / Л.Л. Шраера. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.
26. Жук, Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов: учеб. пособие / Н.П. Жук.— Москва: Альянс, 2006. — 472 с.
27. Schweitzer, P. A. Corrosion Engineering Handbook-Fundamentals of Metallic Corrosion 2nd Ed-P./ Philip A. Schweitzer// CRC Press – 2007. – 750 p.
28. Forsgren, A. Corrosion Control Through Organic Coatings, Second Edition/ Amy Forsgren, Ole Øystein Knudsen// CRC Press – 2017. – 276 p.
29. Защита трубопроводов от внутренней коррозии [Электронный ресурс]/ Студопедия – URL: <https://studopedia.org/7-3374.html> (дата обращения 15.03.2019)
30. Yang, L. Techniques for Corrosion Monitoring/ L. Yang// CRC Press – 2008. - 711 p.
31. Waseda, Y. Characterization of corrosion products on steel surfaces/ Yoshio Waseda, Shigeru Suzuki// Springer – 2006. – 308 p.
32. Молявко, М.А. Коррозия металлов. Учебное пособие. / М.А. Молявко. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2008. – 100 с.
33. Коррозионное растрескивание металлов и сплавов [Электронный ресурс] - URL: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/08_elektrodnye_protsesty_khimicheskaya_kinetika_i_diffuziya_kolloidnaya_khimiya/5005 (дата обращения 15.01.2019)
34. Козлов, Д. Ю. Практика безопасности при струйной очистке [Электронный ресурс]/ Д.Ю. Козлов. – Оригами, 2011. – 160 с. – URL: <https://pda.litres.ru/d-u-kozlov/praktika-bezopasnosti-pri-struynoy-ochistke/chitat-onlayn/page-2/> (дата обращения 15.01.2019)
35. Изоляционный антикоррозийный материал: пат. 2325584 Рос. Федерация. МПК F16L58/12/ Денисов В.Г., Глухов Ю.В., Алексагин А.В., Сазонов А.П., Колгурин А.Н., Савин В.В., Прыткин В.П., Арабей А.Б., Петров Д.В.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное

общество "Газпром", Закрытое акционерное общество "Делан". - № 2007106556/06; - заявл. 21.02.07; опубл. 27.05.08, Бюл. № 15. – 6 с. [Электронный ресурс] - URL: <http://www.findpatent.ru/patent/232/2325584.html> (дата обращения 17.01.2019)

36. Руководство по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов». Серия 03. Выпуск 67. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. — 194 с. [Электронный ресурс] — URL: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/acts/Серия%2003%20Выпуск%2067.pdf>

37. Абдиев, Д.А. «Исследование физико-химической сущности коррозионных процессов для обоснования методов защиты металлов от коррозии» [Электронный ресурс]/ Д.А. Абдиев// «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки», №3(30), - 2019. С. 1-7. - URL: https://alley-science.ru/tehnika_i_obshestvo_v_xxi_veke_3_30_2019/ (дата обращения 23.03.2019).