

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

(наименование института полностью)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему Использование специальных окрасочных составов для  
покрытия наружных стальных водопроводов

Студент

Д.А. Афанасьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

И.А. Лушкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультант

В.В. Петрова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

к.т.н., доцент, И.А. Лушкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«    »      20     г.

**Допустить к защите**

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент, И.А. Лушкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«    »      20     г.

Тольятти 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1 ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДОВ .....	6
1.1 Основные виды повреждений наружных водопроводов .....	6
1.2 Влияние различных грунтов на коррозию труб.....	11
1.3 Сущность процесса коррозии, существующие способы защиты .....	17
1.4 Выводы по главе 1.....	28
ГЛАВА 2 СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОКРАСОЧНЫХ СОСТАВОВ .....	29
2.1 История развития защиты металла от коррозионного и огневого воздействий.....	29
2.2 Воздействие высоких температур на стальные водопроводы .....	39
2.3 Разработка специального окрасочного состава .....	41
2.4 Способы нанесения специального состава.....	42
2.5 Подготовка поверхности .....	50
2.6 Применяемые механизмы и инструменты .....	55
2.7 Отличительные особенности выбранного материала (краска) .....	60
2.8 Вывод по главе 2 .....	62
ГЛАВА 3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО СОСТАВА ПОКРЫТИЯ ТРУБ .....	63
3.1 Экологические аспекты применения окрасочных составов .....	63
3.2 Разработка рекомендаций по использованию специальных покрытий по результатам эксперимента .....	73
3.3 Проведение испытаний.....	76
3.4 Техничко-экономические обоснования специального состава.....	79
3.5 Вывод по главе 3 .....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	82

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день проблема защиты металла от коррозии, и в частности, стальных водопроводов, является одной из самых важных. Ежедневно мы сталкиваемся с металлическими изделиями в повседневной жизни. Металл активно взаимодействует с окружающей средой и со временем покрывается слоем ржавчины. Этот процесс называется коррозия. Ученые считают, что от коррозии ежегодно приходит в полную негодность около 10% от общего количества производимого металла, что в цифрах равняется годовому объему продукции крупного металлургического комбината.

Существуют способы защиты водопроводов от коррозии:

- пассивный (использование особых методов укладки магистрали, нанесение защитных покрытий);
- активный (электрохимическая защита трубопроводов от коррозии);
- уменьшение агрессивности среды.

Каждый из перечисленных способов защиты стальных водопроводов от коррозии применяется в настоящее время, но у каждого из них есть свои недостатки.

В настоящей работе выполнены исследования защитных покрытий водопровода. Путь к решению данной проблемы найден в улучшении пассивного способа защиты водопровода от коррозии, который имеет научную и практическую значимости.

Магистерская работа выполнена: в Тольяттинском Государственном Университете, на кафедре “Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение” в период с 2017 по 2019 г.

Целью магистерской диссертации является повышение долговечности стальных водопроводов путем нанесения специальных окрасочных составов.

Путем достижения поставленной цели является выполнение следующих задач:

1. Исследование различных повреждений поверхностей наружных водопроводов.

2. Оценка свойств и технологий нанесения специальных окрасочных составов.

3. Разработка и использование специального состава покрытия стальных наружных водопроводов.

Научная новизна магистерской работы состоит в создании нового окрасочного состава для покрытия стальных наружных водопроводов (патент).

Практическая значимость магистерской работы очень высока, и состоит в создании покрытия для защиты водопровода от коррозии и огня, а также защиты любого металлического элемента.

На защиту выносятся:

1. Результаты исследования различных повреждений поверхностей наружных водопроводов.

2. Антикоррозионные покрытия стальных водопроводов и технологии нанесения специальных окрасочных составов.

3. Рекомендации по использованию специального состава покрытия стальных наружных водопроводов.

Работа была апробирована на 3 конференциях, получен 1 патент на изобретение:

Научно-практическая конференция «Студенческие дни науки в ТГУ» (г.о. Тольятти, апрель 2017 г.).

Сетевое научно-практическое издание «Наука среди нас» (г. Магнитогорск, апрель 2018 г.).

X международная научно-практическая конференция «Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народно-хозяйственных комплексов» (г. Пенза, май 2019 г.).

Патент на изобретение №2653171 «Краска антикоррозионная, огнестойкая» (май 2018 г.).

Магистерская диссертация включает в себя: 85 страниц машинописного текста, включая 37 рисунков и 5 таблиц, список используемых источников из 34 наименований, введение, три главы, заключение.

# ГЛАВА 1 ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДОВ

## 1.1 Основные виды повреждений наружных водопроводов

Начнем свой анализ с классификации повреждений поверхностей наружных противопожарных трубопроводов по их происхождению:

- технологическое происхождение (прокат);
- механическое происхождение;
- коррозионное происхождение.

*Технологическое происхождение.* Рассмотрим виды повреждений:

А) Вмятина — обособленное местное углубление разной величины и формы, образованное от вдавливания неудаленной окалины валками, крошки металлической и случайных ударов (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Вмятина

Б) Включение — металлическое или неметаллическое загрязнение разной величины и формы, которое отличается от основного металла своей микроструктурой, химическим составом и механическими свойствами и вызывающее нарушение сплошности поверхности (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Включение

В) Окалина — окислы металла, которые расположены по всей поверхности или на отдельных участках, которые образовались в процессе охлаждения нагретого металла (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Окалина

Г) Трещина — это узкий разрыв металла, который проникает вглубь и имеет любое направление на поверхности изделия. Одной из причин возникновения трещин могут быть разнообразные факторы, такие как дефекты слитков или литых слябов, напряжения при охлаждении, термические напряжения и другое (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Раскатная трещина

Д) Пузырь — различной формы вздутие на поверхности изделий (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Пузырь

Е) Раскатанный пузырь — тонкое прямолинейное нарушение сплошности поверхности, которое образуется из наружного или подкоркового пузыря.

Ж) Плена — отслаивание металла различной толщины и размера, как правило языкообразной формы, которое вытянуто в направлении прокатки и

соединено с основным металлом одной стороной. Нижняя поверхность плены и образованное углубление окислены (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Плена

З) Расслоение — несплошность в слоях внутри проката. Поверхность металла в расслоении окислена (рисунок 1.7).

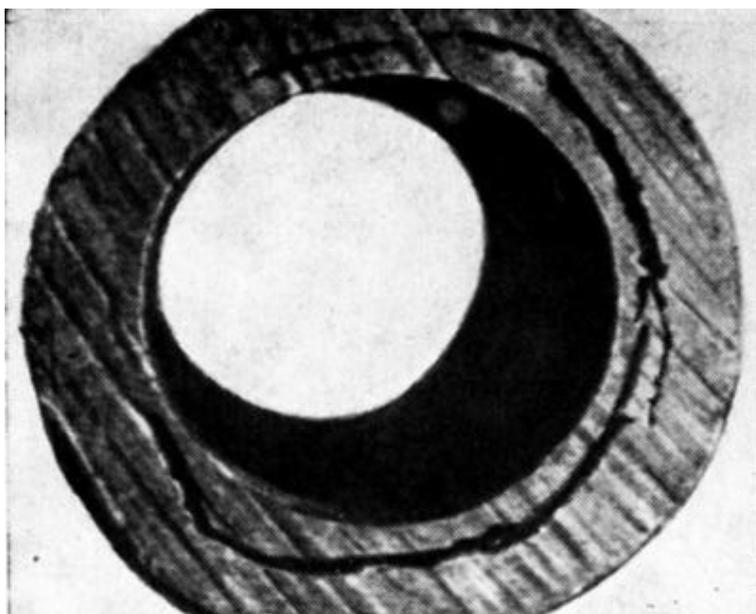


Рисунок 1.7 – Расслоение

И) Закат — расслоение, которое выходит на поверхность листа.

К) Вкат — единичное включение в металл трубы. Размер включения соизмерим с наименьшим размером проката.

Л) Сегрегация — скопление неметаллических включений в определенных слоях проката.

М) Царапины — направленное произвольно механическое повреждение поверхности, которое образуется в результате укладки и транспортировки труб.

Н) Риска — такая канавка, которая образуется в результате оцарапывания поверхности металла наварями и другими выступами на прокатном инструменте.

О) Подрез — порез металла вдоль при одностороннем перекрытии калибра, который располагается по всей длине на отдельных участках поверхности [1, с 63-64].

*Механическое происхождение.* Рассмотрим виды повреждений:

А) Поверхностные царапины труб без наличия зазубрин.

Б) Задиры — поверхностные царапины труб с наличием зазубрин.  
Забоины — ударные повреждения с наличием острых краев.

В) Вмятины — ударные повреждения без наличия острых краев.

Г) Повреждения эрозионные поверхности внутри трубы.

Д) Наружные лыски поверхности трубопровода [1, с 64].

*Коррозионное происхождение.* Рассмотрим виды повреждений:

А) Сплошная коррозия — коррозия, которая охватывает обильную площадь поверхности металлического трубопровода. Такая коррозия происходит с одинаковым скоростным режимом по всему участку поверхности, подвергнутому коррозии, неравномерная — происходит с разной скоростью на участках, которые отличаются от коррелирующего металла.

Б) Местная коррозия — коррозия, которая охватывает отдельные участки металлической поверхности. Такая коррозия проявляется отдельными точечными поражениями — точечная. Коррозия, которая проявляется в виде отдельных пятен — коррозия пятнами.

В) Линейная коррозия — некоторые язвы, которые располагаются на одной линии, на небольшом расстоянии (несколько диаметров раковины) друг от друга.

Г) Межкристаллическая коррозия — коррозия, которая распространяется по границам кристаллов (зерен) металла [2, с 34].

Проведя классификацию основных видов повреждений наружных водопроводов, в следующем подразделе более подробно остановимся на последнем пункте нашего анализа – коррозии.

## 1.2 Влияние различных грунтов на коррозию труб

Металлические конструкции, которые эксплуатируются в подземных условиях и, соприкасаются с почвой или грунтом, подвергаются действию коррозии (рисунок 1.8). Следствием такого контакта является выход из 2-3% подземных сооружений. Действие коррозии металлов в почвенно-грунтовой среде протекает по электрохимическому механизму, а как следствие скорость будет зависеть от ряда факторов: наличия влаги, воздухопроницаемости, кислотности почвы, неоднородности и электропроводимости грунтов. Характеристика, которая, как правило, является прямой характеристикой их коррозионной агрессивности – величина электрической проводимости грунтов. Дадим определение, электропроводность грунтов – это способность грунтов с течением времени проводить электрический ток. Данное свойство характеризуется величиной удельной электропроводности, а также удельным электрическим сопротивлением. Одним из параметров для расчета катодной защиты металлических сооружений, которые эксплуатируются в контакте с почвой и грунтом, является величина удельной электропроводности сооружений, [3, с 105].



Рисунок 1.8 – Коррозионное разрушение трубопровода в почве

Приводимые характеристики электропроводности и электрического сопротивления грунтов являются сложными и достаточно изменчивыми. Их количественная величина во многих степени зависит от большого количества факторов, наиболее важными из которых являются минеральный состав грунтов, их дисперсность, структурно-текстурные особенности, влажность, химический состав и концентрация порового раствора, температура и давление. Исходя из всего этого, величина удельного электрического сопротивления может изменяться в пределах (от  $10^{-3}$  до  $10^6$ ). В сухих грунтах электропроводность во много раз меньше, по сравнению с влажными, это объясняется разницей удельного электрического сопротивления воздуха и воды. Так можно сказать, что трещиноватые и кавернозные сухие скальные грунты имеют очень большое удельное электрическое сопротивление. Электропроводность сухих невязких грунтов также высокая и в основном определяется сопротивлением контактов твердой фазы между отдельными зернами. Повышает электропроводность в грунтах наличие водных растворов. Во многом из-за их присутствия удельное электрическое сопротивление грунтов в естественных условиях во много раз меньше, чем сопротивление основных породообразующих минералов, так как жидкая компонента являет собой природный электролит, который различается по составу и концентрации. Здесь ему характерна ионная электропроводность. В природных водах удельная электропроводность принимает значение от  $10^{-2}$  до  $10^3$  и уменьшается, когда увеличивается концентрация. Наибольшие изменения электропроводности с повышением влажности грунтов наблюдаются в пористых осадочных породах. Если влажность от величины полной влагоемкости увеличивается до 60 - 80% электропроводность возрастет до максимальной отметки. В слабозасоленных грунтах электропроводность может уменьшаться из-за разбавления, которое содержится в порах раствора электролита.

Электрическая анизотропия – это электропроводность слоистых грунтов вдоль напластования. Данное свойство характеризуется

коэффициентом анизотропии, то есть отношением сопротивления перпендикулярно и вдоль напластования, его величины от 1,1 до 2,75. Температура грунтов оказывает воздействие на их электропроводность. Когда температура увеличивается на 40-50°C, тогда электросопротивление грунтов будет уменьшаться в два раза. Когда температура уменьшается, может происходить образование льда, тогда электрическое сопротивление резко падает. Если сравнивать воду со льдом, то у льда почти в 3 раза выше удельное электрическое сопротивление [4, с 1-2].

Активность коррозии грунтов существенно зависит от химического состава грунтов, которые составляют водорастворимые соединения. Они играют важную роль в образовании порового электролита, несмотря на то, что их содержание в грунтах обычно невелико, они формируют его удельное электрическое сопротивление, а как следствие влияют на протекание коррозионного процесса [5, с 10-11].

ГОСТом выделено три разновидности участков магистральных трубопроводов, предрасположенных к повреждению особым коррозионным опасностям: участки высокой коррозионной опасности, участки повышенной коррозионной опасности и коррозионно-опасные участки. Среди критериев, указанных в ГОСТ, которые касаются механизмов коррозии и позволяют отнести некоторые участки трубопроводов к особо опасным участкам, можно выделить следующие критерии участков повышенной коррозионной опасности:

- блуждающие токи от источников постоянного тока;
- микробиологическая коррозия;
- коррозионное растрескивание под напряжением.

Ко всему перечисленному ГОСТ также относит к участкам повышенной коррозионной опасности участки прокладки магистральных трубопроводов с возможным резким возрастанием опасности почвенной коррозии:

- участки трубопроводов в засоленных почвах любого района страны (солончаковых, солонцах, солодях, сорах и др.);
- участки трубопроводов на участках промышленных и бытовых стоков, свалок мусора и шлака;
- участки трубопроводов с температурой транспортируемого продукта выше 303 К (30°C).

Подводя итогу вышеуказанному можно сделать вывод о том, что в подземной прокладке магистральных трубопроводов, как правило, реализуют ниже перечисленные виды разрушения коррозией:

- почвенная электрохимическая коррозия;
- коррозия блуждающими токами от источников постоянного тока;
- коррозия блуждающими токами от источников переменного тока (на участках пересечений и реже сближений с ВЛ 110 кВ и выше);
- коррозионное растрескивание под напряжением (свойственно преимущественно магистральным газопроводам);
- микробиологическая коррозия (на участках, где почва вокруг трубопровода заражена микроорганизмами).

#### *Почвенная электрохимическая коррозия.*

Коррозия у трубопроводов, проходящих под землёй, происходит по электрохимическому механизму, основывающимся на возникновении разности потенциалов между разными участками трубопровода, после чего возникает ток коррозии. Результатом протекания тока коррозии является то, что участки металла на анодных зонах растворяются и переходят в грунт, где в итоге взаимодействуют с почвенным электролитом, образуя ржавчину (рисунок 1.9).

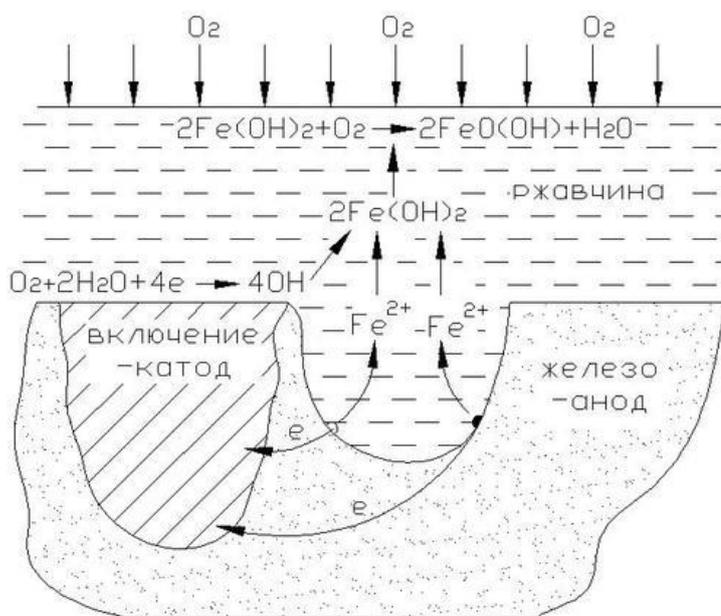


Рисунок 1.9 – Механизм электрохимической коррозии

Из-за того, что в этом случае часто возникают большие плотности тока на анодных участках, то сильно увеличивается скорость коррозии. Большим фактором развития коррозии является также то, что линии под землёй укладываются на такой глубине, где всегда есть некоторая влажность, обеспечивающая протекание коррозионных процессов. На глубине заложения трубопроводов температура почти никогда не снижается ниже 00С, что также способствует коррозии. Способствует развитию коррозии на трубопроводах под землёй наличие на поверхности труб прокатной окалины, которая не всегда удаляется при очищении.

Структурой, гранулометрическим составом, удельным электрическим сопротивлением, влажностью, воздухопроницаемостью, рН определяется коррозионная агрессивность почвы. По удельному электрическому сопротивлению грунта оценивают коррозионную агрессивность грунта по отношению к углеродистым сталям.

*Коррозия блуждающими токами от источников постоянного тока.*

Блуждающие токи - это токи антропогенного происхождения, протекающие в земле и в подземных металлических конструкциях. В наиболее удобном месте (с точки зрения принципа наименьшего

сопротивления) блуждающий ток перейдет обратно в землю с трубопровода и вернется к своему источнику. При этом анодом является участок трубопровода, из которого блуждающий ток выходит в землю, а катодом является часть трубопровода, где блуждающий ток попадает в него. На анодных участках блуждающие токи повышенной плотности вызывают значительные коррозионные повреждения трубопроводов, скорость коррозии на них практически неограниченна и может быть 10-20 мм/год.

*Коррозия блуждающими токами от источников переменного тока.*

Данный вид коррозии встречается в местах сближения и параллельного следования ВЛ напряжением 110 кВ и выше и магистральных трубопроводов.

*Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) или стресс-коррозия.*

В магистральных трубопроводах коррозионное растрескивание под напряжением развивается в результате одновременного воздействия на металл коррозионной среды и растягивающих напряжений. Проведенные исследования сформировали водородно-коррозионную теорию развития КРН в трубопроводах.

После того как трещины раскроются на поверхности трубы в местах повреждения изоляционного покрытия трубопровода происходит ускорение трещинообразования за счет коррозионного влияния электролита грунта, проникающего в трещины.

Условиями механической нагрузки на трубопровод контролируется конечный этап деструкции, напряженно-деформированным состоянием трубной стали и ее прочностными характеристиками.

*Микробиологическая коррозия.*

Биокоррозия представляет собой коррозию металла, возникающую в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Бактерии, водоросли, грибки, простейшие и другие микроорганизмы содержатся в почвах и природных поверхностных водах. Сейчас определено, что коррозию металла практически всегда инициируют именно бактерии из-за высокой скорости их

размножения и активности в химических преобразованиях окружающей среды. Бактерии должны находиться во влажной или водной среде для протекания процесса микробиологической коррозии, также им нужен азот, минеральные соли и ряд других элементов. Необходимо наличие вполне определённых внешних условий, в которых они принимаются активно размножаться вблизи трубопровода, этими условиями является температура, давление, освещение, концентрация водородных ионов и концентрация кислорода.

Таким образом, если человек знает, насколько коррозионная активность почв влияет на долговечность металлических конструкций или сооружений, он сможет защитить от коррозии элемент, а также продлить срок его службы [6, с 351].

### 1.3 Сущность процесса коррозии, существующие способы защиты

Коррозия – естественный процесс, который преобразовывает усовершенствованный металл в химически устойчивую форму, такую как ее окись, гидроокись, или сульфид. Это постепенное разрушение материалов (обычно металлы) химической и электрохимической реакцией с их окружающей средой.

Ржавление, формирование окисей железа, является известным примером электрохимической коррозии. Этот тип повреждения типично производит окись или соль оригинального металла, и приводит к отличительному оранжевому окрасу. Коррозия может также произойти в материалах кроме металлов, таких как керамика или полимеры, хотя в этом контексте, термин "деградация" больше распространен. Коррозия ухудшает полезные свойства материалов и структур, включая силу, появление и проходимость к жидкостям и газам.

Много структурных сплавов разъедается просто от подвергания до влажности в воздухе. Коррозия может быть сконцентрирована в местном масштабе, чтобы сформировать яму или трещину, или это может продолжиться

широкую область более или менее однородного разъедания поверхности. Поскольку коррозия – управляемый распространением процесс, она происходит на внешних поверхностях. В результате методы, чтобы уменьшить деятельность выставленной поверхности, такие как пассивирование и хроматное преобразование, могут увеличить сопротивление коррозии материала. Однако, некоторые механизмы коррозии менее видимы и менее предсказуемы.

Гальваническая коррозия происходит, когда два различных металла имеют физический или электрический контакт друг с другом и погружены в общий электролит, или когда тот же самый металл выставлен электролиту с различными концентрациями. В гальванической паре более активный металл (анод) разъедает в ускоренном темпе, и более благородный металл (катод) разъедает по более медленной норме. Например, цинк часто используется как жертвенный анод для стальных структур. Гальваническая коррозия представляет главный интерес для морской промышленности и также где-нибудь воды (содержащий соли) трубы контактов или металлические структуры.

Факторы, такие как относительный размер анода, типы металла, и эксплуатационные режимы (температура, влажность, соленость, и т.д.) затрагивают гальваническую коррозию. Отношение площади поверхности анода и катода непосредственно затрагивает нормы коррозии материалов. Гальваническая коррозия часто предотвращается при помощи жертвенных анодов.

В любой окружающей среде, один металл будет или более благородным, основанным на том, как его ионы выходят на поверхность. Два металла в электрическом контакте разделяют те же самые электроны, так, чтобы "перетягивание каната" в каждой поверхности походило на соревнование за свободные электроны между этими двумя материалами. Используя электролит, как хозяин к потоку ионов в том же самом направлении, благородный металл возьмет электроны от активного.

Получающийся массовый поток или электрический ток могут быть измерены, чтобы установить иерархию материалов в среде интереса. Эту иерархию называют гальваническим рядом и полезна в предсказании и понимании коррозии.

Часто возможно химически удалить продукты коррозии. Например, фосфорическая кислота в форме военно-морского желе часто применяется к железным инструментам или поверхностям, чтобы удалить ржавчину. Удаление коррозии не должно быть перепутано с электрической чисткой, которая удаляет некоторые слои основного металла, чтобы сделать гладкую поверхность.

Материалы, самые стойкие к коррозии, являются теми, для которых коррозия термодинамически неблагоприятна. Любые продукты коррозии золота или платины имеют тенденцию разлагаться спонтанно в чистый металл, который является, почему эти элементы могут быть найдены в металлической форме на Земле и долго оценивались. Более общие "основные" металлы могут только быть защищены большим количеством временных средств.

У небольшого количества металлов есть естественно медленная реакция, даже при том, что их коррозия термодинамически благоприятна. Они включают такие металлы как цинк, магний, и кадмий. В то время как коррозия этих металлов является непрерывной и продолжающейся, она случается по приемлемо медленной норме. Чрезвычайный пример - графит, который выпускает большое количество энергии на окисление, но имеет такой медленный кинетику, что это эффективно неуязвимо к электрохимической коррозии при нормальных условиях.

Пассивирование прежде всего определено металлургическими и экологическими факторами. Эффект рН фактора получен в итоге, используя диаграммы Pourbaix. Некоторые условия, которые запрещают пассивирование, включают высокий рН фактор для алюминия и цинка, низкий рН фактор или присутствие ионов хлорида для нержавеющей стали,

высокой температуры для титана (когда окись распадается в металл, а не электролит), и ионы фторида для кремния. С другой стороны, необычные условия могут привести к пассивированию материалов, которые обычно незащищены, поскольку щелочная окружающая среда бетона делает для стального перебора. Подвержение жидкому металлу, такому как ртутный или горячий припой может часто обходить механизмы пассивирования.

Пассивирование чрезвычайно полезно в смягчении повреждения коррозии, однако даже высококачественный сплав разъедается. Надлежащий выбор правильного сорта материала для определенной окружающей среды важен для длительной работы этой группы материалов. Если расстройство происходит в пассивном слое из-за химических или механических факторов, получающиеся главные способы коррозии могут включать делающую ямки коррозию, коррозию щели, и подчеркнуть взламывание коррозии.

Коррозия щели – ограниченная форма коррозии, происходящей в ограниченном пространстве (щели), которыми доступ рабочей жидкости от окружающей среды ограничен. Формирование отличительной ячейки проветривания приводит к коррозии в щелях. Примеры щелей – промежутки и области контакта между частями, под прокладками или печатями, в трещинах и швах, места, заполненные депозитами и под грудями отстоя.

Коррозия щели под влиянием типа щели (металлический металл, металлический неметалл), геометрия щели (размер, поверхностный конец), и металлургические и экологические факторы. Восприимчивость к коррозии щели может быть оценена со стандартными процедурами Американского общества по испытанию материалов. Критическая температура коррозии щели обычно используется, чтобы оценить сопротивление материала коррозии щели.

Микробная коррозия является коррозией, вызванной или продвинутой микроорганизмами. Это может относиться и к металлическим и неметаллическим материалам, в присутствии или отсутствии кислорода. Уменьшающие сульфат бактерии являются активными в отсутствие

(анаэробного) кислорода; они производят водородный сульфид, вызывая взламывание напряжения сульфида. В присутствии (аэробного) кислорода некоторые бактерии могут непосредственно окислить железо к окисям железа и гидроокисям, другие бактерии окисляют серу и производят серную кислоту, вызывающую биогенную коррозию сульфида. Ячейки концентрации могут сформироваться в депозитах продуктов коррозии, приводя к ограниченной коррозии.

Ускоренная коррозия низкой воды (ALWC) является особенно агрессивной формой микрометра, который затрагивает стальные груды в морской воде около низкой водной марки потока. Это характеризуется оранжевым отстоем, который пахнет водородным сульфидом, когда относился с кислотой. Нормы коррозии могут быть очень высокими и намереваться, что пособия коррозии могут скоро быть превышены, приводя к преждевременному отказу стальной груды. Груды, которые были покрыты и устанавливали катодную защиту во время постройки, не восприимчивы к ALWC. Для незащищенных груд жертвенные аноды могут быть установлены в местном масштабе к зонам поражения, чтобы запретить коррозию, или полная жертвенная система анода может быть установлена. Зоны поражения можно также рассматривать, используя катодную защиту, используя или жертвенные аноды или применяя поток к инертному аноду, чтобы произвести известковый депозит, который поможет оградить металл от дальнейшего нападения.

Высокотемпературная коррозия – химическое ухудшение материала (типично металл) в результате нагревания. Эта негальваническая форма коррозии может произойти, когда металл подвергнут горячей атмосфере, содержащей кислород, серу, или другие составы, способные к окислению (или помощь окислению) затронутый материал. Например, материалы, используемые в космосе, производстве электроэнергии и даже в автомобильных двигателях, должны сопротивляться поддержанным периодам в высокой температуре, в которой они могут быть выставлены

атмосфере, содержащей потенциально очень коррозионные продукты сгорания.

Продукты высокотемпературной коррозии могут потенциально быть превращены к выгоде инженера. Формирование окисей на нержавеющей стали, например, может обеспечить защитный слой, предотвращающий далее атмосферное нападение, учитывая материал, который будет использоваться в течение длительных периодов и в комнатных и в высоких температурах во враждебных условиях. Такие высокотемпературные продукты коррозии, в форме уплотненной окисной глазури слоя, предотвращают или уменьшают изнашивание во время высокотемпературного скользящего контакта металлических поверхностей.

Металлическая чистка – катастрофическая форма коррозии, которая происходит, когда восприимчивые материалы выставлены окружающей среде с высокими углеродистыми действиями. Коррозия проявляется как распад массового металла к металлическому порошку.

Когда поверхностные обработки используются, чтобы задержать коррозию, большая забота должна быть взята, чтобы гарантировать полное освещение, без промежутков, трещин, или дефектов крошечного отверстия. Маленькие дефекты могут действовать как "Ахиллесова пята", позволяя коррозии проникнуть через интерьер и вызывая значительный ущерб даже, в то время как внешний защитный слой остается очевидно неповрежденным.

Алюминиевые сплавы часто подвергаются поверхностной обработке. Электрохимические условия в ванне тщательно приспособлены так, чтобы однородные поры, несколько миллимикрон шириной, появились в окисном фильме металла. Эти поры позволяют окиси становиться намного более толстой, чем пассивирование условий позволило бы. В конце обработки порам позволяют запечатать, формируя более твердый чем обычно поверхностный слой. Если это покрытие поцарапано, нормальные процессы пассивирования вступают во владение, чтобы защитить поврежденную область.

Анодирование очень эластично к наклону и коррозии, таким образом, это обычно используется для построения фасадов и других областей, где поверхность войдет в регулярный контакт с элементами. Будучи эластичным, это должно часто чиститься. Анодирование – процесс преобразования анода в катод, принося более активный анод в контакте с этим.

Катодная защита (СР) является техникой, чтобы управлять коррозией металлической поверхности, делая, которые появляются катод электрохимической ячейки. Катодные системы защиты обычно используются, чтобы защитить сталь, и трубопроводы и резервуары; стальные груды пирса, суда, и платформы морской нефти.

В 2002, американское федеральное Правительство Шоссе выпустило исследование, названное "Затраты Коррозии и Профилактические Стратегии в Соединенных Штатах" на прямых затратах, связанных с металлической коррозией в американской промышленности. В 1998, полная ежегодная прямая стоимость коррозии в США была приблизительно. \$276 миллиардов (приблизительно 3.2 % американского валового внутреннего продукта). Разделение на пять определенных отраслей промышленности, экономические потери составляют \$22,6 миллиарда в инфраструктуре; \$17,6 миллиардов в производстве и производстве; \$29,7 миллиардов в транспортировке; \$20,1 миллиарда в правительстве; и \$47,9 миллиардов в коммунальных услугах.

До 20-30 лет назад, гальванизированная стальная труба использовалась экстенсивно в пригодных для питья водных системах для обычных и многосемейных жителей так же как коммерческой и общественной постройки. Сегодня, эти системы давно используют защитный цинк и разъедают внутренне получающийся в плохом качестве воды металл [10].

Воздействие на экономику домовладельцев, обитателей квартир, и общественной инфраструктуре оценено в 22 миллиардах долларов, системы страхования для волны требований, должны исключить поломки трубопровода [33].

Обобщая все выше перечисленное, есть нижеследующие способы защиты трубопроводов от коррозии:

- пассивный (использование особых методов укладки магистрали, нанесение защитных покрытий);
- активный (электрохимическая защита трубопроводов от коррозии);
- уменьшение агрессивности среды [7, с 1-2] .

Каждый из методов используется исходя из вида трубопровода, его способа установки и взаимодействия с средой. Для комплексной защиты используется несколько способов, что гарантирует длительный срок эксплуатации оборудования при значительных нагрузках в непосредственном контакте с агрессивными средами.

#### *Методы пассивной защиты.*

Пассивная защита трубопроводов от коррозии является популярным методом, применяющимся для магистралей под землёй. Существует три разновидности такой защиты:

1) Особый способ укладки заключается в защите подземных трубопроводов от воздействия коррозии и его производят на стадии монтажа системы. Между почвой и металлической поверхностью трубы оставляется воздушный зазор, который препятствует воздействию грунтовых вод, солей и щелочей, которые находятся в земле. Для большей эффективности используют дополнительные методы защиты.

2) Нанесение антикоррозийных покрытий заключается в том, что внешнюю поверхность труб окрашивают составами (каждый цвет отображает необходимую информацию) рисунок 1.10, которые не разрушаются от воздействия почвенных солей и щелочей. Например, грунтовка труб и их покраска алкидными эмалями или нанесение мастики на металлическую поверхность.

Опознавательный цвет	Основной индекс	Группа вещества	Примеры маркировки на табличке	
			название	индекс
зеленый	группа 1	сточные воды		
красный	группа 2	водяной пар		
серый	группа 3	воздух		
желтый или желто-красный	группа 4	горючие газы, включая сжиженные (горючие газы, H <sub>2</sub> , CO, углеводороды)		
желто-черный или черный	группа 5	негорючие газы (N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , газовые смеси, отработавшие газы)		
оранжевый	группа 6	кислоты, включая кислые растворы и слезы		
фиолетовый	группа 7	щелочи, включая щелочные растворы и слезы		
коричневый или красно-коричневый	группа 8	горючие жидкости, включая пасты и сточные воды		
коричневый или черный	группа 9	негорючие жидкости, включая пасты, металлы и слезы		
синий	группа 0	кислород		

Рисунок 1.10 – Схема окраски и маркировки промышленных трубопроводов

3) При обработке специальными химическими составами трубопровод покрывают тонким слоем фосфатов, которые образуют защитную пленку на поверхности изделий.

#### *Методы активной защиты.*

Активная защита трубопроводов от коррозии – это комплекс методов, в основе которых используется электрический ток и электрохимические реакции ионообменного типа:

электродренажная защита трубопроводов от коррозии. Это комплекс мероприятий, который позволяет бороться с блуждающими токами –

установка дренажной защиты, изоляция фланцев и установка электроэкранов;

1) Принцип действия при анодной защите (рисунок 1.11) от коррозии трубопроводов основан на использовании магниевых анодов, которые под действием электрических токов выделяют ионы магния, замедляя процессы разрушения металла.

**ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ**  
**АНОДНОЕ ПОКРЫТИЕ**  
**ОЦИНКОВЫВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОГО ИЗДЕЛИЯ**

Анод более активный. На анод вешают цинковую пластину, на катод – железное изделие. Идут реакции.

менее активный К- (Fe)                      1 |  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

более активный А+ (пластина Zn)        2 |  $Zn^0 - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$

$O_2 + 2H_2O + 2Zn^0 \rightarrow 4OH^- + 2Zn^{2+}$   
 $O_2 + 2H_2O + 2Zn^0 \rightarrow 2Zn(OH)_2 \downarrow$   
 разрушается Zn                      белая ржавчина

Вторичный продукт  
 $Zn^{2+} + 2OH^- = 2Zn(OH)_2 \downarrow$   
 белая ржавчина

Она заполняет повреждения и не дает доступа и к железному изделию.



Рисунок 1.11 – Схема анодной защиты

2) Катодная защита (рисунок 1.12) трубопроводов от коррозии основана на явлении катодной поляризации металлов под действием постоянного тока. Объект воздействия превращается в катод с низким потенциалом, что исключает вероятность возникновения коррозии.

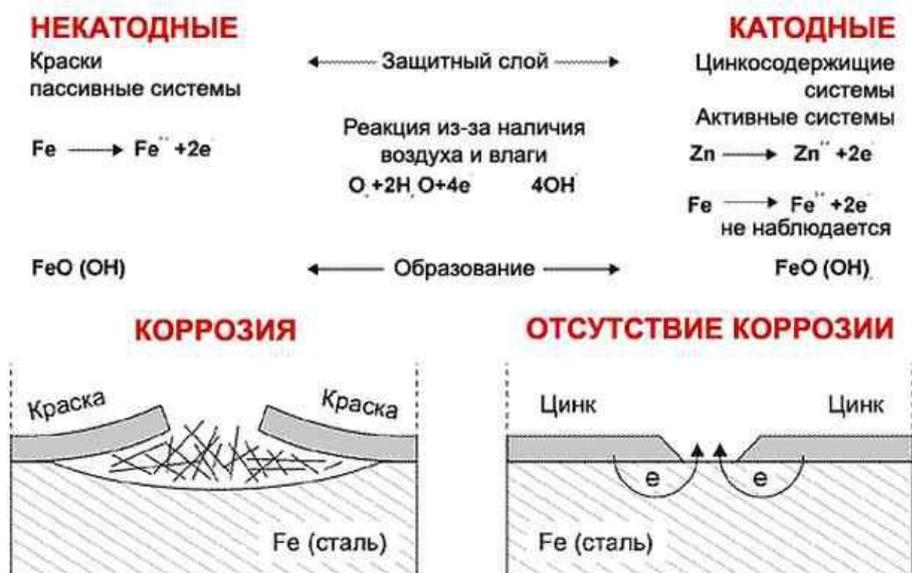


Рисунок 1.12 – Схема катодной защиты

*Уменьшение агрессивности среды.*

В нефтегазопроводах во время добычи углеводородов на внутреннюю поверхность магистрали оказывается сильное разрушающее воздействие воды и агрессивных химических примесей. Для уменьшения активности среды используется ингибиторная защита (рисунок 1.13) от коррозии трубопроводов. Эффект достигается введением в агрессивную среду веществ-ингибиторов, которые вступая в реакцию с молекулами примесей, блокируют их разрушающее воздействие на внутреннюю поверхность трубопроводов. Этот способ отличается высокой эффективностью, простотой использования и низкими затратами [8].



Рисунок 1.13 – Схема ингибиторной защиты

#### 1.4 Выводы по главе 1

1. В результате анализа основных видов повреждений наружных водопроводов (технологическое происхождение, механическое происхождение, коррозионное происхождение), выявлены факторы, влияющие на коррозию стальных водопроводов.

2. Систематизированы существующие способы защиты металла от коррозии (пассивный, активный, уменьшение агрессивности среды).

## ГЛАВА 2 СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОКРАСОЧНЫХ СОСТАВОВ

### 2.1 История развития защиты металла от коррозионного и огневого воздействий

Металл от коррозии защищали с самого начала его применения. Люди пытались защитить металлы от атмосферного воздействия с помощью масел и жира, а также нанесением других легкоплавких металлов (лужений). Ещё древнегреческий историк Геродот упоминал о применении олова для того, чтобы защитить железо от коррозии. Основная задача химиков была заключена в выяснении сущности явлений коррозии, разработки мер, препятствующих или замедляющих ее протекание. Процесс коррозии металла происходит по законам природы, поэтому ее невозможно остановить полностью, а можно лишь замедлить. Легирование металлов, т.е. получение сплавов – способ уменьшения коррозии металлов, который строго нельзя отнести к защите. Примером является большое число нержавеющей сталей, полученных путем присадок к железу никеля, хрома, кобальта и др. Данные стали, не покрываются ржавчиной, но их поверхностная коррозия хотя и с малой скоростью, но имеет место. Оказалось, что при добавлении легирующих добавок коррозионная стойкость меняется скачкообразно. Установлено правило, по которому резкое повышение устойчивости к коррозии железа наблюдается при введении легирующей добавки в количестве  $1/8$  атомной доли, т.е. один атом легирующей добавки приходится на восемь атомов железа. Считается, что при таком соотношении атомов происходит их упорядоченное расположение в кристаллической решетке твердого раствора, что и затрудняет коррозию.

Для повышения стойкости к коррозии применяются различные методы и способы, в том числе покрытие металла антикоррозионными лакокрасочными материалами – грунт-эмали 3 в 1 по ржавчине, эмали по металлу, грунтовки по металлу, специальные краски и лаки.

Любая металлическая конструкция со временем может покрыться ржавчиной, но такое неприятное явление довольно просто устранить, в этом вам поможет краска по ржавчине. Подобная краска представляет собой тщательно растертый лак, содержащий в себе красящие пигменты, помимо них в эмали могут находиться различные наполнители. При нанесении на металлическую поверхность они отлично заполняют мельчайшие трещинки, образованные ржавчиной и не видные глазу. После того, как грунт по ржавчине высохнет, он образует прочный слой, имеющий свой блеск и фактуру.

Специальные эмали по ржавчине обладают огромным количеством достоинств. Данный продукт одновременно сочетает в себе свойства эмали, грунтовки и преобразователя ржавчины. Благодаря этому процесс подготовки поверхности перед покраской является минимальным, что существенно помогает сэкономить время.

Краска по ржавчине отлично отталкивает от своей поверхности воду, она обладает устойчивостью к различным атмосферным явлениям. Еще один плюс – данная краска очень быстро высыхает и имеет довольно продолжительный срок годности. Она легко выравнивает все изъяны, имеющиеся на металлической поверхности конструкции.

Все современные эмали по ржавчине изготавливаются на разных основах, поэтому они делятся по составу на несколько категорий:

- алкидные покрытия;
- хлорвиниловые покрытия;
- алкидно-уретановые покрытия.

Также на современном рынке можно без труда отыскать грунт по ржавчине, предназначенный для покраски застарелых металлических и чугунных поверхностей, крупногабаритных конструкций. Также все эмали по ржавчине разделяются по своему назначению: для применения на улице или в помещениях.

Особую электрохимическую антикоррозийную защиту обеспечивают цинкнаполненные жидкие составы с высоким содержанием цинка для холодного цинкования: Цинакол, Цинолс, Экоцин. Зачастую требуется не только обеспечить антикоррозионную защиту металлических конструкций, но и создать термостойкость лакокрасочного покрытия. В таком случае используют специальные термостойкие эмали и лаки (например, Церта) до +900°С, а также кремнийорганические эмали и лаки с повышенной температурной стойкостью).

Химстойкие лакокрасочные покрытия. Помимо этого, на специальных объектах строительства или производственных цехах требуется, нанести химстойкое лакокрасочное покрытие, которое защитит поверхность как от коррозии так и от агрессивного химического воздействия – ОС-74-01, ЦВЭС, ХС-717, ЭП-0199.

Защита корпусов судов от воздействия морской и пресной воды, а также обрастания.

Специальные судовые и противообрастающие покрытия защитят корпус судов от коррозии, воздействия морской и пресной воды и обрастания – ХС-436.

Защитно-декоративные эмали и грунт-эмали для кованых изделий сделают произведение кузнечного дела не только долговечным, но и красивым. А широкая цветовая палитра и разнообразие фактур позволят воплотить любую идею.

Состав грунт-эмали по ржавчине 3 в 1.

Состоит из смол синтетического происхождения, органического растворителя, преобразователя ржавчины, пигментов с антикоррозионными свойствам, специальных добавок, частично определяющих технические характеристики лакокрасочного материала.

Лакокрасочный материал используется для формирования защитно-декоративного слоя на металлических поверхностях, в том числе, на которых присутствуют видимые очаги коррозионного поражения (участки со

сплошной коррозией либо точечной). Грунт-эмаль по ржавчине – очень удобна в применении, т.к. выполняет функции сразу нескольких отдельных лакокрасочных продуктов (отсюда и название – 3 в 1).

Грунт-эмаль по ржавчине 3 в 1 сочетает в себе функции трех отдельных материалов:

- преобразователя продуктов коррозии;
- грунта с антикоррозионными свойствами;
- финишного отделочного слоя – декоративной эмали.

Благодаря синергизму функций грунт-эмаль значительно упрощает процесс окраски. Вместо трех слоев разных по виду и назначению материалов (преобразователь ржавчины, грунтовка, эмаль) наносится всего один, который сочетает в себе все свойства, как защитные, так и декоративные.

При окрашивании ржавого металла – слой ржавчины должен плотно держаться на поверхности, а его толщина не должна превышать значения 100 мкм (или 0,1 мм).

Состав часто используется для окраски крупногабаритных изделий, оборудования и конструкций сложной конфигурации. Также целесообразно его использовать при необходимости оперативного проведения покрасочных работ.

Грунт-эмаль по ржавчине 3 в 1 применяют для окраски металлических новых и окрашенных ранее ворот, оград, решеток, гаражей, различного оборудования и конструкций, эксплуатирующихся как внутри, так и снаружи помещений (в атмосферных условиях).

Лакокрасочный материал занял особую нишу в автомобильной сфере. Состав используется для покраски автомобиля, с целью защиты некоторых его частей от разрушения. В основном, окрашиваются внутренние поверхности, которые наиболее быстро корродируют в результате агрессивного влияния не только атмосферных явлений, но и механического

воздействия песка и камней, грязи, соли с дорог. Грунтом-эмалью 3 в 1 окрашивают внутреннюю часть крыльев, днище автомобиля.

Допустимо использование для формирования защитно-декоративного слоя на изделиях из чугуна, нержавеющей стали, некоторых цветных металлах, таких, как медь, цинк, алюминий.

Среди свойств данного материала можно выделить следующие:

- тройной эффект от использования (преобразование продуктов коррозии, повышение адгезии за счет грунтовочного действия, формирование защитно-декоративного лакокрасочного покрытия);

- возможность наносить грунт-эмаль прямо по слою ржавчины;

- устойчивость к атмосферной коррозии (атмосферостойкость), водостойкость;

- устойчивость к агрессивному влиянию минеральных масел, соленой воды, слабых растворов некоторых щелочей и кислот;

- быстрое отверждение;

- достаточно небольшой расход эмали при хорошей укрывистости;

- защитный слой выдерживает резкие колебания температуры, в пределах от  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ , при этом не теряется эластичность покрытия;

- окраску можно проводить при температуре до  $-10^{\circ}\text{C}$ ;

- удобство в нанесении, хорошие малярные характеристики и др.

Грунт-эмаль по ржавчине 3 в 1 очень удобна в применении. Окрашивание проводят несколькими способами нанесения лакокрасочных материалов: окунание, распыление, валиком, кистью.

Оптимальная толщина однослойного защитного покрытия (для определения толщины используется толщиномер) – 20 – 25 мкм, при двухслойной окраске – 40 – 50 мкм. Количество защитных слоев – от 1 до 3, зависимо от назначения и требуемого эффекта.

Расход грунт-эмали на однослойное покрытие – от 80 до 125 мл/м<sup>2</sup>. При повышенной вязкости состава или перед заливкой в краскопульт грунт-

эмаль по ржавчине 3 в 1 разводят до требуемого значения вязкости при помощи сольвента, ксилола (или их смеси). Количество применяемого разбавителя не должно превышать 10% от всей массы лакокрасочного материала.

Продолжительность высыхания однослойного защитного покрытия при температуре 20°C «на отлип» - 30 – 35 минут, а до степени твердости 3 (контроль проводят при помощи прибора неразрушающего контроля – твердомера) – около 4 часов при тех же атмосферных условиях.

Внешний вид покрытия – однородная сплошная пленка, степень глянца – не менее 75%.

Срок службы защитного покрытия составляет:

- при эксплуатации внутри помещений – не меньше 10 лет;
- при эксплуатации в атмосферных условиях, умеренном климате – до 7 лет.

Устойчивость покрытия, сформированного при помощи грунт-эмали по ржавчине 3 в 1 к статическому воздействию 3% солевого раствора, масел и воды – 7 суток [34].

Срок службы лакокрасочных покрытий, как показывает опыт, в этих условиях невелик. Намного практичнее применять толстослойные покрытия из каменноугольной смолы, т.е. битумной мастики (рисунок 2.1).

Битумная мастика — современный материал, с помощью которого выполняют гидроизоляцию труб и металлоконструкций. В зависимости от особенностей изготовления может иметь пастообразную либо жидкую форму, выпускается в виде клеевой массы.

Большинство видов мастик универсальны в применении и сходны по своему составу. Основа формулы — нефтяной битум. Для придания особых свойств к массе добавляют минеральный наполнитель, полимеры и пластификаторы.

Виды мастики, используемые для нанесения на трубы.

Для гидроизоляции труб подходят несколько видов составов, но чаще всего используют следующие мастики.

1) Битумно-полимерная. Представляет собой композицию из множества компонентов, для изготовления которой широко используют нефтяные битумы и термоэластопласт. Материал такого типа нашел применение в капитальном ремонте газо- и нефтепроводов. Метод использования — нанесение защитного мастичного слоя. Температура транспортируемых сред внутри труб не должна превышать 35 градусов Цельсия, чтобы мастика не теряла своих свойств.

2) Битумно-резиновая. Имеет в составе синтетический каучук, мелкофракционную крошку резины, смоляные кислоты, а также различные целевые добавки для улучшения эксплуатационных характеристик. Материал обладает высокой эластичностью, выдерживает перепады температур в диапазоне от -30 до 130 градусов Цельсия. Мастика такого типа надежно защищает трубы от негативного воздействия факторов внешней среды, атмосферной и почвенной коррозии металла.

Битумная мастика для труб наносится вручную или механически с помощью специальных устройств.

Битумная мастика для современных трубопроводов обладает множеством полезных свойств. Главные из них — это:

- эластичность и достаточно высокая способность к растягиванию;
- способность восстанавливаться;
- хорошая термоустойчивость;
- долгий срок службы;
- отсутствие швов на покрытии;
- простота нанесения.

Эти особенности мастики обеспечивают высокое качество гидроизоляции труб, поэтому материал остается востребованным всегда.

Есть особые случаи при которых пигменты красок выполняют ещё и роль ингибиторов коррозии, ими считают хроматы стронция, свинца и цинка ( $\text{SrCrO}_4$ ,  $\text{PbCrO}_4$ ,  $\text{ZnCrO}_4$ ).



Рисунок 2.1 – Битумная мастика

В большинстве случаев под лакокрасочный слой наносят слой грунтовки (рисунок 2.2). Пигменты в её составе должны обладать ингибиторными свойствами. Проходя через слой грунтовки, вода растворяет некоторое количество пигмента и становится менее коррозионно-активной. Среди пигментов, рекомендуемых для грунтов, наиболее эффективным признан свинцовый сурик  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ .



Рисунок 2.2– Грунтовка

В некоторых случаях пользуются фосфатированием поверхности металла. Для этого на чистую поверхность кистью или напылителем наносят растворы ортофосфатов железа (III), марганца (II) или цинка (II), содержащих и саму ортофосфорную кислоту  $H_3PO_4$ .

Считается, что нанесение олова на поверхность металлов (лужение) было освоено уже в бронзовом веке. Этому способствовала низкая температура плавления олова. В прошлом особенно часто проводили лужение медной и латунной посуды: тазов, котлов, кувшинов, самоваров и др. (рисунок 2.3).

Луженое железо и по сей день в больших масштабах идет на изготовление тары, где хранят пищевые продукты (консервные банки). Но всё же в последнее время в этих целях все шире используется алюминиевая фольга. Посуда из цинка и оцинкованного железа не рекомендуется для хранения пищевых продуктов. Несмотря на то, что металлический цинк покрыт плотной оксидной пленкой, он все же подвергается растворению.

Хотя соединения цинка относительно мало ядовиты, в больших количествах они могут оказать вредное действие.



Рисунок 2.3 – Лужение оловом

Почти вся техника современности включает детали и конструкции из различных металлов и сплавов. Если они находятся в контакте и попадают в раствор электролитов (морская вода, растворы любых солей, кислот и щелочей), то может образоваться гальванический элемент

Ингибиторы - это вещества, способные в малых количествах замедлять протекание химических процессов или останавливать их (рисунок 2.4). Ингибиторы взаимодействуют с промежуточными продуктами реакции или с активными центрами, на которых протекают химические превращения. Они весьма специфичны для каждой группы химических реакций.



Рисунок 2.4 – Металл с ингибитором и без него

Как мы видим из данного раздела борьба с коррозией имеет важнейшее значение в человеческой жизни людей. Эта работа необходима для улучшения народохозяйственной жизни.

## 2.2 Воздействие высоких температур на стальные водопроводы

Ползучесть, окалинообразование и графитизация развивается в сталях при длительной работе трубопроводов с температурой среды выше  $450^{\circ}\text{C}$ .

Эти факторы снижают прочностные характеристики сталей.

На внутренних стенках труб окисляется металл при работе с температурой пара выше  $450^{\circ}\text{C}$  и из-за утончения стенок труб образуется окалина. По прошествии времени толщина стенок труб уменьшается, вследствие чего в стенках труб увеличиваются напряжения и ускоряется процесс ползучести.

Способность стали сопротивляться образованию окалины при воздействии на нее пара с высокой температурой называется окалиностойкостью или жаропрочностью (смотри рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Жаропрочные стали

### *Графитизация.*

Графитизация – действие высоких температур в стали с выделением свободного углерода по границам зерен.

Длительная прочность стали – это способность, при которой сталь воспринимает нагрузку без разрушения в течение определенного периода. Важнейшей характеристикой прочности трубопроводных сталей стоит принять предел длительной прочности. Для того чтобы сравнивать величины длительной прочности стали необходимо знать предел длительной прочности. Это такое напряжение, при котором металл разрушается через 100000 ч работы при установленной температуре.

Предел текучести определяют по ГОСТ 9651-73. На электростанции должна быть схема паропроводов с нанесенными на ней точками измерения остаточных деформаций, местами

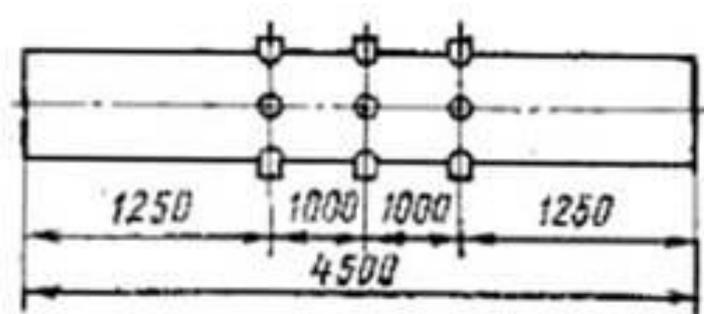


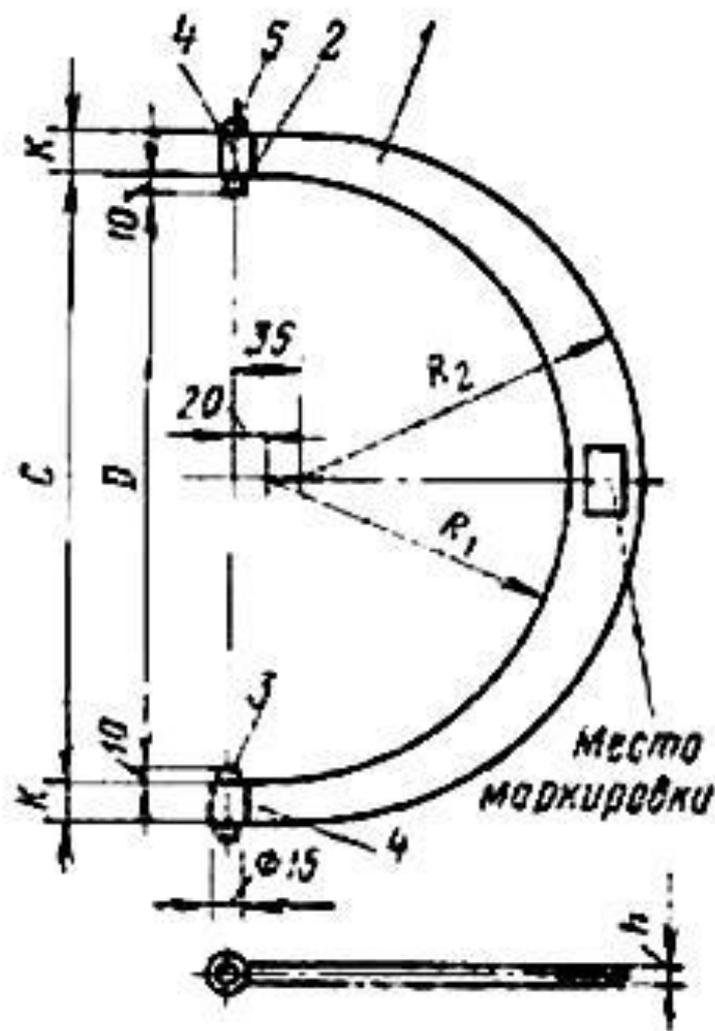
Рисунок 2.6 – Расположение реперов на контрольном участке.

Расположения контрольных участков сварных соединений и опор.

Контрольные участки и точки пронумерованы в определенной последовательности. Проект предусматривает места расположения точек и площадку для удобного доступа к ним.

Для установки бобышек на трубопроводах под один размер и последующего измерения по ним остаточной деформации труб применяют специальные скобы (рисунок 2.7). Для каждого диаметра труб имеется своя скоба. Замеры производят по бобышкам, установленным по взаимно перпендикулярным осях (x—x и y—y).

Контролируют и наблюдают все стали, работающие при температуре 450°С и выше.



1 — корпус; 2 — сменная губка; 3 — губка, запрессованная во втулку с посадкой А1/Пр1;  
4 — втулка; 5 — гайка, закрепляющая сменную втулку

Рисунок 2.7 – Эскиз скобы (шаблона) для измерения остаточной деформации

### 2.3 Разработка специального окрасочного состава

Исходя из, раздела 2.1 и раздела 2.2 будем подбирать такой состав, чтобы он отвечал двум основным требованиям: защищал от коррозии, был жаростойким.

Для этого проведем патентный поиск известных красок с похожими заявленными свойствами.

Известен (RU № 2551363, опубликован 27.02.2015 г.) защитное антикоррозионное покрытие с пониженной пожарной опасностью, которое содержит мас. %: латекс марки СКД-1С – 4,0 -27,9 , акриловая дисперсия

«Акрэмос 101» - 32,0-55,2, акриловая дисперсия «Акрэмос 402» 0,77-0,8, стеклянные полые микросферы 3М - 14,54-35,86, флуралит (нанополитетрафторэтилен) - 1,0-6,2, декабромдифенилоксид - 4,8-7,0, гидроксид алюминия - 5,1, диоксид титана - 0,7-1,2, фосфат полигексаметиленгуанидина - 0,22-0,24, пеногаситель ВУК-037 - 0,32-0,35.

Данное изобретение обладает меньшей термостойкостью 400°C, что соответственно быстрее приведет к разрушению конструкции.

Также известен (RU № 2521999, опубликован 10.07.2014 г.) состав огнезащитный с содержанием мас. %: портландцемент 20,0-60,0, вспученный вермикулит 10,0-40,0, хризотилловый асбест 5,0-25,0, шамот 5,0-25,0, вспученный перлит 10,0-30,0, полифункциональный модификатор бетона 0,1-1,0, мелкодисперсный водорастворимый клей 2,0-8,0, водоудерживающая добавка 0,1-3,0.

Рассмотренный материал имеет существенный недостаток - не обладает антикоррозионными свойствами, в связи с отсутствием антикоррозионных компонентов.

Наиболее близким к заявленному изобретению является прототип (RU 2495068, опубликован 10.10.2013) антикоррозионная огнестойкая краска, включающая в качестве связующего кремнийорганическую смолу в количестве 20-30% от массы композиции, в качестве растворителя используется ксилол или сольвент, тальк и каолин с микроволластонитом - в качестве наполнителя, при этом дополнительно содержит ингибитор коррозии в виде фосфата цинка с добавкой бескислотного преобразователя ржавчины на основе танинов, а также целевые добавки: эмульсию минеральных масел на основе парафина и гидрофобных компонентов, раствор щелочной жидкости с силанолом и раствор диуретана.

#### 2.4 Способы нанесения специального состава

Окраска трубопроводов промышленных предприятий производится в соответствии с ГОСТ 14202-69. Ее основная задача: в случае аварии,

оповестить работников МЧС, пожарных и другие службы о том, с какими веществами придется контактировать, насколько они опасны и как эффективней ликвидировать аварию.

Инженерные, промышленные, городские инженерные сети транспортируют вещества, которые могут быть нести опасность для людей и окружающей среды. Поэтому в целях безопасности трубопроводы в обязательном порядке окрашиваются в разные цвета, которые соответствуют типу рабочей среды, находящейся в трубопроводе.

ГОСТ 14202-69 регламентирует следующие правила цветовой маркировки инженерных сетей, в зависимости от вида транспортируемой рабочей среды:

- для воздуха: синий;
- для воды: зеленый;
- для пара: красный;
- для газовых труб (горючих и негорючих газов): желтый;
- для щелочей; фиолетовый;
- для кислот: оранжевый;
- для горючих и негорючих жидкостей: коричневый;
- для прочих веществ: серый.

В отдельных случаях допустимо покрасить трубу не полностью, а только на отдельных участках. Такой способ окрашивания применяют при таких обстоятельствах:

- если трубы будут обшиваться теплоизоляцией;
- на трубопроводах из цветного металла;
- в цехах с большой протяженностью коммуникаций и их большим количеством.

Для данной краски принято выделять следующие способы окрашивания:

1) *С использованием специальной малярной кисти* – такой способ подходит для покраски небольших металлических изделий с ровной поверхностью. Кисть, которой вы собираетесь производить покраску, до начала работы нужно на какое-то время (приблизительно на 1 час) погрузить в воду. Но сделать это надо так, чтобы в воде находилась только щетина, а клей не намок. Эту процедуру делают с двойной целью: во-первых, для того, чтобы щетина стала несколько мягче, так как при работе с сухой щетиной на поверхности остаются следы от кисти, во-вторых, чтобы уплотнить кисть и предотвратить выпадение волос из нее во время работы. Дело в том, что намокая, волос в кисти становится больше в объеме и, уплотняясь, крепче держится. Прделав с кистью эти манипуляции, ее нужно высушить. После этого до покраски желательно этой кистью, смоченной в краске, немного поработать на шероховатой (кирпичной или бетонной) поверхности. Это необходимо для того, чтобы с кисти стерлись отдельные волоски, которые оставляют на окрашиваемой поверхности заметные полосы.

Во время работы кистью, ее нужно время от времени поворачивать вокруг ее оси, чтобы волос изнашивался равномерно. Краску перед применением тщательно перемешивают. Если для работы вам потребуется краски больше, чем одна банка, то рекомендуется всю необходимую вам для покраски краску слить в одну емкость и тщательно перемешать. Это нужно сделать потому, что даже краска одного производителя в разных банках может оказаться разных оттенков.

Чтобы избежать повторного переокрашивания и сохранить время и нервы, не поленитесь и смешайте всю краску. В принципе, во избежание образования осадка, рекомендуется перемешивать краску всякий раз, когда вы опускаете кисть в емкость.

Качество окрашивания поверхности зависит от толщины окрашивание кистью накладываемого слоя краски и от усилия, прикладываемого к кисти во время окрашивания. Если при работе с кистью вы будете на нее нажимать

слабо, то краска ляжет грубым толстым слоем и в виде узеньких полосок. В этом случае очень вероятны многочисленные пропуски.

И наоборот, если сильно нажимать на кисть, то краска ляжет тонким, легко растушевываемым слоем, но при этом, краска будет стекать с кисти, и будут образовываться потеки.

Поэтому нужно применять «средний» вариант – вначале нажимать на кисть не сильно, но по мере расходования краски нажим увеличивать при этом краску необходимо хорошо растушевывать.

Чтобы защитить руки от краски, стекающей с кисти, можно на ручку кисти укрепить половинку детского мячика или валик из поролона.

При работе излишки краски отжимают слегка о край емкости, тем самым не допуская стекания краски на пол.

После окраски поверхность должна получиться совершенно гладкой. Для того чтобы добиться такого результата, при покраске в два слоя штрихи нужно наносить перпендикулярно друг другу.

Если вы решили сделать небольшой перерыв в работе, то кисть нужно поместить в ведро с водой, разбавитель или краску с таким расчетом, чтобы волос не касался дна емкости. В противном случае кисть будет деформироваться.

При наборе краски на кисть ее опускают в краску приблизительно на одну треть длины волоса. Затем, когда кисть вынимают, ею легонько ударяют муфтой о край емкости, тем самым стряхивают с кисти избыток краски.

Не нужно выжимать кисть о край емкости, так как в этом случае можно удалить с кисти очень много краски. Также не стоит погружать ее в краску глубоко, так как лишняя краска будет стекать по рукоятке кисти.

Наносить краску на поверхность начинают, наклоня кисть близко к окрашиваемой поверхности. По мере расходования краски угол наклона кисти увеличивают. В этом случае краска ложится тонким ровным слоем.

По окончании работы кисти необходимо промывать от краски очень тщательно. Если вы для окраски использовали масляную краску или эмаль, то кисть вначале промывают в скипидаре, уайт-спирите или керосине, после чего моют кисть мыльной пеной и промывают до чистой воды. Если нужно промыть кисти от клеевой краски, то для этого вполне достаточно горячей воды.

Хранить кисти лучше всего, слегка обернув щетину марлей. Это делается для того, чтобы отдельные волоски не расходились. Особое внимание мастера-маляры уделяют уходу за флецевыми кистями и торцовыми кистями. Эти кисти следует мыть даже во время небольших перерывов.

2) *Окунание* – применяется для небольших деталей из металла произвольной формы. Метод окраски окунанием широко используется в различных отраслях промышленности. Он прост и производителен. Но вследствие того, что получаемые покрытия обладают невысокими декоративными свойствами и неравномерны по толщине, метод используется главным образом для нанесения медленно высыхающих грунтовок (фенольных, глифталиевых и др.) и для окраски изделий, к покрытию которых не предъявляют высоких декоративных требований.

Качество и толщина покрытий зависят от вязкости наносимого материала, температуры, содержания сухого остатка в краске или грунтовке, доведенных до рабочей вязкости, и других факторов.

Для получения сравнительно равномерных по толщине покрытий рабочая вязкость глифталиевых материалов рекомендуется порядка 20 ... 25 с, а фенольных грунтовок 16 – 18 по вискозиметру ВЗ – 4 при 20 °С. Скорость извлечения деталей из ванны должна быть небольшой, с увеличением скорости неравномерность покрытий по толщине возрастает. Погружение и извлечение деталей из ванны нужно производить плавно. Погружаемые детали или изделия должны быть полностью покрыты лакокрасочным материалом, не допускается скапливание материалов в

углублениях (карманах) изделия при извлечении его из ванны, не допускается также образование на окрашенной поверхности заметных подтеков.

Детали следует завешивать на приспособления с минимальным расстоянием между ними. Это способствует более полному стеканию излишков нанесенного материала. Продолжительность стекания при температуре 18 – 25°C рекомендуется не менее 10 – 12 мин. Замедленное стекание помогает получению более равномерных по толщине покрытий и предотвращает образование больших наплывов и подтеков. Детали после окунания на время стекания краски и сушки должны оставаться в таком же положении, как и при окунании.

По мере пользования ванной происходит увеличение вязкости лакокрасочных материалов главным образом вследствие улетучивания растворителей, поэтому необходимо периодически ее корректировать, добавляя соответствующие растворители.

3) *С использованием валика* – данная технология максимально эффективна при покраске крупногабаритных металлических предметов с ровной поверхностью. Обычно кисти используют для окраски небольших участков или участков возле границ двух цветов. Большие площади удобнее, быстрее и качественнее окрашивать валиком. Окраску также производят в два слоя, перекрещивая направление движения валика. При такой окраске красочный слой будет более ровный и не будут видны следы от валика.

Для работы с валиком очень удобно использовать специальный поддон (ванночка невысокими бортами), в который приблизительно до половины наливают краску. Для пропитывания валика краской его прокатывают в емкости.

Однако валик нужно пропитывать краской достаточно умеренно, чтобы при покраске не создавался неровный слой краски.

Обычно вначале распределяют большой слой краски, для чего непрерывной линией на потолке пишут зигзаг, напоминающий букву W, и

затем заполняют все промежутки. Таким образом, добиваются равномерного слоя краски.

Валик ведут по поверхности без отрыва и совершают им перекрестные движения. По мере того, как краска расходуется, нужно увеличивать нажим на валик. Как уже обращалось внимание, краску нужно тщательно растушевывать. Поэтому валик прокатывают по одному месту не однократно, причем так, чтобы валик перекрывал полосы примерно на 2–3 см.

Как уже отмечалось, необходимо наносить краску не менее чем в два слоя. В некоторых случаях (при использовании отечественной краски) при покраске может понадобиться дополнительный третий слой. Каждый последующий слой краски можно наносить на предыдущий слой только после высыхания оного.

Обязательным условием получения качественной прочной и красивой окрашенной поверхности является строгое соблюдение определенных промежутков времени при высыхании краски. Теряя влагу, краска высыхает, проходя несколько этапов: свежее нанесенная, когда вы только нанесли краску на поверхность, состояние «до отлипа», когда покрасочный слой еще пластичен, но пыль к нему уже не прилипает, полное высыхание, то есть краска уже окончательно твердеет или полимеризуется.

Все эти этапы производитель учитывает и соответственно указывает время, через которое можно наносить последующий слой краски на поверхность.

При окрашивании валиком очень удобно использовать сетку, натянутую на рамку 200×300 мм, которую устанавливают над ванночкой или ведром. Она нужна для того, чтобы можно было предварительно отжать валик от избытка краски и, как следствие, избежать потеков краски.

4) *С использованием краскопульта* – данная технология максимально эффективна при покраске крупногабаритных металлических предметов с ровной поверхностью.

Перечисляя основные особенности того, как пользоваться краскопультом с компрессором, можно выделить 4 основополагающих пункта:

Расстояние от сопла до поверхности варьируется от 15 до 25 см. Оптимальная цифра может меняться, в зависимости от системы распыления краскопульты: HP (20-25 см), HVLP (10-15 см) и LVLP (15-20 см). Опытные маляры, в качестве измерителя, используют кисть своей руки (рисунок 2.8), чей размер составляет 20 см (в среднем).

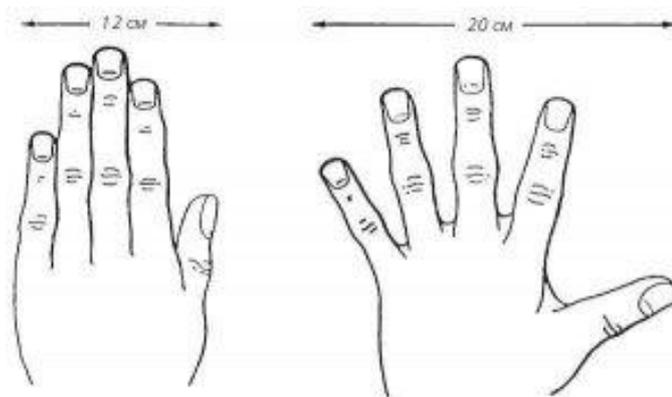


Рисунок 2.8 – Кисть руки

Технология покраски краскопультом базируется на правильном положении инструмента во время распыления (рисунок 2.9). По отношению к поверхности, устройство должно располагаться прямо. Если во время работы, краскопульт будет наклоняться, распределение краски в пятне будет неравномерным.

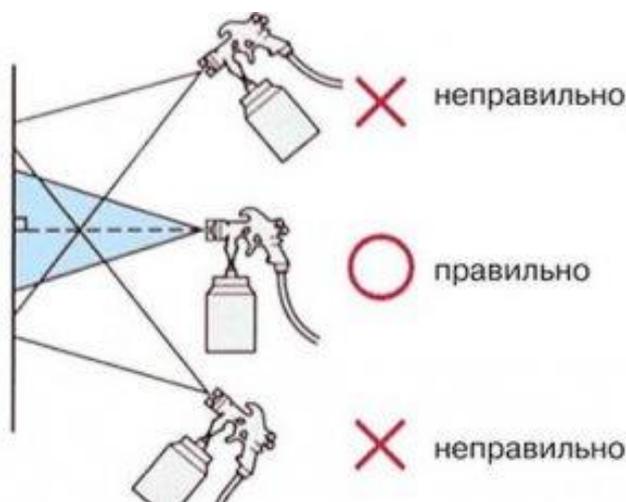


Рисунок 2.9 – Положение инструмента во время распыления

Нажимать на курок инструмента, открывая подачу краски, необходимо за 10-15 см до начала обрабатываемой поверхности. В противном случае, края изделия будут покрашены плохо или наоборот с избытком (в зависимости от скорости ведения). Прекращать распыление следует, также, уведя инструмент за 10-15 см от противоположного края детали.

Покраску следует производить внахлест, заводя новую линию примерно на половину или треть предыдущей. Делать это лучше сверху-вниз, слева-направо (рисунок 2.10).

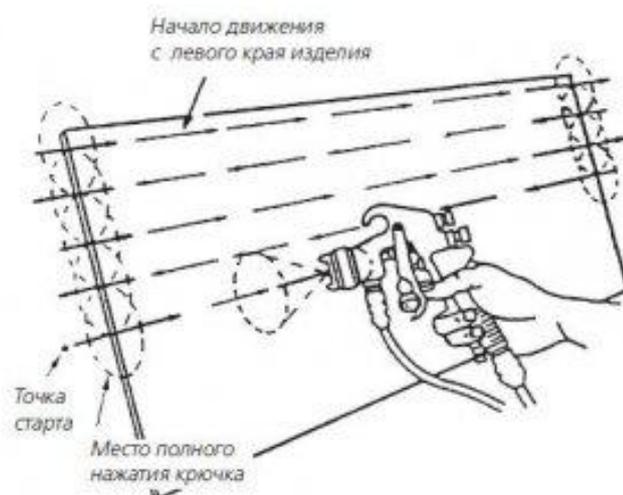


Рисунок 2.10 – Распыление краскопультom

Скорость движения краскопультa при работе, зависит от густоты краски и Ваших требований к толщине слоя. Средняя скорость распыления составляет 1 м за 2 секунды. Избыточное промедление может вызвать образование подтеков, а колебания скорости движения скажутся на равномерности лакокрасочного покрытия. Уверенность движений появляется только опытным путем, но получить прилично ровный слой любительского уровня, получится даже у рядового пользователя, без опыта работы с инструментом.

## 2.5 Подготовка поверхности

Подготовка поверхности под окраску — включает в себя ряд операций, как правило, это многостадийный процесс.

По сути, подготовка поверхности под покраску решает две задачи.

Первая и необходимая — это очистить поверхность, так чтобы на нее ровным слоем лег лакокрасочный материал. С поверхности нужно удалить консервационные масла, СОЖ, продукты коррозии, остатки старого лакокрасочного материала, грязь, металлическую пыль и т.п.

Эта задача решается с использованием таких стадий подготовки металлической поверхности под окраску, как обезжиривание и травление. Очистку можно проводить с использованием механических методов подготовки поверхности под покраску.

Вторая задача состоит в существенном улучшении физико-механических и защитных свойств.

Лакокрасочные покрытия в определенной степени влагопроницаемы, т.е. действуют практически как полупроницаемые мембраны. При эксплуатации, особенно в жестких климатических условиях (тропический, морской климат, перепады температуры), за счет осмотического давления влага попадает на поверхность изделия через поры лакокрасочного покрытия и инициирует коррозионные процессы на подложке, прежде всего металлической. Продукты коррозии разрушают адгезионную связь лакокрасочного покрытия и подложки, в результате чего покрытие начинает отслаиваться.

При использовании специальных химических средств подготовки поверхности под покраску на подложке формируются конверсионные покрытия, которые значительно улучшают физико-механические и защитные свойства последующего слоя лакокрасочного покрытия, увеличивая срок службы окрашенных металлических поверхностей.

Полный технологический процесс подготовки поверхности под покраску состоит из стадий очистки и формирования защитных конверсионных покрытий.

Конверсионные покрытия — это неорганические соединения, образующиеся на поверхности металлов под воздействием химических средств подготовки поверхности. В зависимости от химического состава, с

помощью которого выполняется подготовка поверхности металла под покраску, формируются фосфатные, хроматные и оксидные соединения.

Конверсионные покрытия имеют разветвленную поверхность благодаря микро-кристаллической структуре и поэтому образуются прочные адгезионные связи с лакокрасочным покрытием.

Конверсионные покрытия находятся в стабильном состоянии и ингибируют подпленочную коррозию, а в случае повреждения лакокрасочного покрытия (царапина, скол) препятствуют распространению коррозии от места повреждения.

Влияние типа окрашиваемой поверхности на ее подготовку под покраску.

Подготовка металлической поверхности под покраску зависит как от типа этой поверхности, так и от ее исходного состояния.

Первой и обязательной операцией подготовки поверхности является очистка.

Если на изделии присутствуют только загрязнения (смазка, пыль и т.д), то достаточно обезжиривания. Обезжиривание может проводиться с использованием растворителей и щелочных водных моющих средств.

Можно так же использовать различные методы механической обработки, но если на поверхности присутствуют продукты коррозии, окалина или остатки старой краски, то окрашивать такой металл нельзя. Эти загрязнения удаляют с помощью как химического метода (травление), так и различных механических методов подготовки металла под покраску.

При использовании операции травления, ее проводят после обезжиривания или совмещают с ней.

Тип металла также влияет на подготовку поверхности под покраску. Если говорить о полной подготовке поверхности с получением конверсионных покрытий, то тип конверсионного покрытия зависит от типа металла.

Черные металлы (сталь, чугун) фосфатируют. Алюминий, магний и их сплавы хроматируют. Эффективной обработкой для цинка и кадмия, а также оцинкованной стали и цинковых сплавов может быть как фосфатирование, так и хроматирование.

При совместной обработке цветных металлов со сталью предпочтение отдают фосфатированию. Пассивирование, как заключительная обработка, применяется для всех металлов.

Существующие методы механической подготовки поверхности под покраску.

Механическая обработка поверхности под покраску может проводиться ручным и механизированным инструментом и различными абразивными материалами с использованием механических установок.

Механическая обработка поверхности позволяет удалить окалину, ржавчину, окислы, старое лакокрасочное покрытие, грубые загрязнения, продукты обугливания, остатки песка и шлака, а также получить необходимую шероховатость поверхности, способствующую увеличению адгезии лакокрасочного покрытия.

Перед механической очисткой замасленные изделия предварительно обезжиривают уайт-спиритом, растворителем Р-4 или щелочным водным раствором. Толстые органические слои загрязнений при толщине металла не менее 6 мм перед механической обработкой иногда удаляют газопламенной очисткой кислородно-ацетиленовой горелкой.

Механическая подготовка (рисунок 2.11) поверхности под покраску решает задачу улучшения адгезии лакокрасочного покрытия за счет создание оптимальной шероховатости поверхности, но не придает поверхности антикоррозионных свойств. Одновременно эти задачи можно решить только с помощью подготовки поверхности под покраску химическими способами.



Рисунок 2.11 – Механическая подготовка металлической поверхности

Особенность подготовки поверхности под окраску металлов, относящихся к группе цветных

Из цветных металлов чаще всего окрашивают оцинкованную сталь и алюминий, а также их сплавы.

Если условия эксплуатации изделий позволяют ограничить подготовку поверхности под покраску процессом обезжиривания, то необходимо учитывать особую нестойкость этих металлов к воздействию щелочных моющих средств.

При обработке в сильно щелочных водных составах они травятся и темнеют, поэтому для их обезжиривания рекомендуется использовать специальные моющие композиции.

Если необходимо провести полный технологический процесс подготовки поверхности алюминия с нанесением конверсионного (хроматного или бесхроматного) покрытия, то с поверхности алюминия под покраску необходимо травлением в сильнощелочных или в кислых растворах удалить оксидную пленку.

При небольшой зажиренности изделий процесс травления можно совмещать с обезжириванием.

У отечественных производителей изделий из окрашенного алюминия и оцинкованной стали бытует ошибочное мнение, что эти металлы не требуют

полной подготовки поверхности под покраску с нанесением конверсионных покрытий.

Практика эксплуатации изделий из этих металлов во влажных условиях показала, что в отсутствие конверсионной обработки (хроматирования, пассивации, фосфатирования) под слоем лакокрасочного покрытия образуется легкая белая коррозия, вызывающая потерю адгезии вплоть до отслаивания покрытия.

На сегодняшний день наиболее эффективным методом подготовки поверхности металла под окраску является хроматирование.

На практике используются процессы желтого хроматирования (Алькон-1, Экомет А-001) и зеленого хроматирования (Алькон-4). Однако применение хроматирования ограничено из-за высокой токсичности соединений хрома. Разработан и внедрен процесс беспромывочной экологически безопасной хроматной обработки в составе Формихром для обработки рулонного металла.

Ведущие европейские фирмы начинают внедрять бесхроматную обработку цветных металлов. Для этих целей используются химические средства на основе комплексных фторидных соединений циркония, титана или обработка с получением покрытий из сложных окислов никеля, кобальта, оксисиланов. Для обработки цинка и оцинкованной стали вместо хроматирования с успехом может применяться фосфатирование, особенно если одновременно обрабатывается сталь.

## 2.6 Применяемые механизмы и инструменты

На данный момент времени наиболее актуальной проблемой является защита материалов от воздействия внешних факторов, так как она позволяет повысить долговечность. При этом выбор в большинстве случаев падает на механизированное действие. Так происходит и при подготовке поверхности под покраску, но не стоит пренебрегать и ручным трудом. Рассмотрим данный вопрос более подробно.

Ручные инструменты (проволочные щетки, шпатели, скребки) применяют при небольшом объеме работ. Для больших объемов используют механизированный инструмент (щетки, шарошки, абразивные круги, бесконечную абразивную ленту, игольчатые пистолеты) [1]. Рисунки 2.12 – 2.19.



Рисунок 2.12 – Проволочная щётка



Рисунок 2.13 – Шпатель



Рисунок 2.14 – Скребок



Рисунок 2.15 – Щётка механическая



Рисунок 2.16 – Шарошки



Рисунок 2.17 – Абразивные круги



Рисунок 2.18 – Бесконечная абразивная лента



Рисунок 2.19 – Игольчатый пистолет

При галтовке или виброабразивной обработке применяют абразивные насыпные материалы.

Галтовка — обработка мелких деталей во вращающихся барабанах (рисунок 2.20). Она может быть сухой только с применением абразива или мокрой с использованием специальных жидких средств и абразива. В результате галтовки происходит очистка изделий, с поверхности снимаются окалина, заусенцы, неровности, уменьшается шероховатость изделий.



Рисунок 2.20 – Галтовочный барабан

Виброабразивная обработка (рисунок 2.21) представляет собой механический или химико-механический процесс удаления мельчайших частиц металла и его оксидов с обрабатываемой поверхности, а также сглаживания микронеровностей в результате нанесения абразивом большого количества микроударов.



Рисунок 2.21 – Виброабразивная обработка

Среди различных методов механической подготовки поверхности под покраску широкое распространение получила струйная очистка с применением абразивных материалов. К ним относятся сухая абразивная очистка, водная абразивная очистка, водная струйная очистка. Эти виды обработки проводят с применением специального оборудования. В качестве

абразивов чаще всего используют металлические песок или дробь, стеклянные шарики, шлаки (рисунок 2.22).

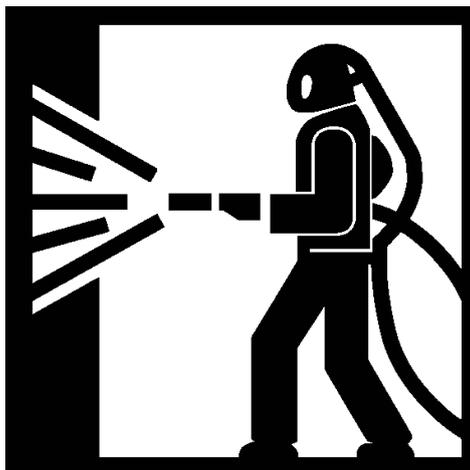


Рисунок 2.22 – Пескоструйная обработка

Струйную абразивную обработку изделий проводят при толщине металла не менее 3 мм, обработка тонкостенных изделий допускается лишь в том случае, если при этом не нарушается их геометрическая форма. После сухой абразивной обработки изделия следует обеспылить и при необходимости обезжирить.

К несомненным достоинствам механических методов подготовки поверхности под покраску следует отнести возможность обработки изделий любых размеров, особенно крупногабаритных, как из черных, так и из цветных металлов, непосредственно на рабочих местах.

Недостатки механической обработки — значительная стоимость, высокая трудоемкость, невозможность обработки тонкостенных изделий сложной конфигурации.

К сожалению, из-за отсутствия финансовых возможностей часто отказываются от оптимальной технологии в ущерб качеству окраски.

Материалы для подготовки поверхности выбирают, когда известны технологии и оборудование для подготовки поверхности под покраску.

Сейчас на рынке представлен широкий ассортимент отечественных и зарубежных составов, при выборе которых нужно обязательно быть

уверенным, что эти материалы обеспечат необходимое качество подготовки поверхности под покраску, а их цена соответствует качеству [12].

Нужно отметить, что обработанный механическими методами металл очень активен и во избежание появления вторичной коррозии должен быть немедленно окрашен или грунтован. По этой же причине рекомендуется проводить механическую обработку при относительной влажности ниже 85%, при этом температура металла должна быть выше точки росы не менее чем на 3°C [14].

## 2.7 Отличительные особенности выбранного материала (краска)

Предлагаемая краска антикоррозионная, огнестойкая относится к изобретению в лакокрасочной промышленности. Она обладает антикоррозионными и огнестойкими свойствами и может применяться для защиты поверхности металла и бетона от коррозии, а также при воздействии высоких температур.

Главной целью предлагаемой краски антикоррозионной, огнестойкой является создание покрытия, которое будет наиболее эффективно защищать конструкцию от коррозии и от воздействия огня.

Результатом будет являться повышение огнестойкости и увеличение срока антикоррозионных свойств.

Данная краска антикоррозионная, огнестойкая имеет высокую степень огнестойкости (до 700°C). В качестве связующего используется кремнийорганическая смола 139-297, которая по сравнению с другими смолами имеет высокую температуру стеклования. Её можно использовать в условиях тропического климата и холодного Севера. Она также высокоустойчива к агрессивным средам.

Сольвент, применяющийся в качестве растворителя, доводит краску до необходимой консистенции.

Увеличение огнестойкости заявляемого покрытия по сравнению с прототипом будет происходить за счет добавления молотого известняка

фракции от 0 до 0,2 мм, который является наполнителем и усиливает огнестойкие свойства покрытия.

Фосфат цинка с добавкой бескислотного преобразователя ржавчины на основе танинов – армасила является ингибитором коррозии и вследствие химической реакции с ржавчиной образует оксидную пленку, которая не позволяет влаге поступать к конструкции и тем самым приостанавливает процесс коррозии.

Эмульсия минеральных масел на основе парафина и гидрофобных компонентов – Silitex Cherox 650 C применяется в качестве пеногасителя.

Раствор щелочной жидкости с силанолом – Пента-60 используется в качестве стабилизатора вязкости.

В качестве отвердителя применяется Отвердитель 14.

Данную краску антикоррозионную, огнестойкую получают путем диспергирования всех компонентов в дисольвере.

Проводя экономическое сравнение с прототипом, нельзя не отметить, что молотый известняк в 2 раза дешевле, чем используемый в качестве наполнителя в прототипе тальк.

Примером применения предлагаемой краски антикоррозионной, огнестойкой является нанесение её на бетонную или металлическую поверхности различными способами нанесения, выдерживание при температуре 20°C для того, чтобы краска высохла и набрала свои технологические свойства, а также проверка заявленных свойств путем проведения экспериментов на антикоррозионную стойкость и огнестойкость по соответствующим ГОСТ.

Предлагаемая краска обеспечивает технический эффект и может быть осуществлена с помощью известных в технике средств. Следовательно, она обладает промышленной применимостью.

## 2.8 Вывод по главе 2

1. Проведен анализ исторических аспектов защиты металла от коррозионного и огневого воздействий.
2. Разработан специальный окрасочный состав.
3. Систематизированы способы нанесения специальных окрасочных составов, применяемые механизмы и инструменты,
4. Подобрана краска для исследования на коррозионную устойчивость и огнестойкость.

## ГЛАВА 3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО СОСТАВА ПОКРЫТИЯ ТРУБ

### 3.1 Экологические аспекты применения окрасочных составов

Рассматривая не только предлагаемую краску, но и любую другую, мы должны обратить внимание, какое воздействие происходит на экологию. Только после сравнения всех видов красок и их свойств, мы сможем ответить на вопрос об экологическом воздействии на природу и человека.

Краска является одновременно декоративным и защитным покрытием. Обычно декоративная краска подходит для интерьеров, а защитные характеристики краски совмещены в защите уязвимых материалов как металл.

Краска оказывает влияние на окружающую среду в процессе производства и на здоровье человека на этапе его использования. Неиспользованная жидкая краска рассматривается как "опасная" и требует соответствующего удаления:

*Комплектующих материалов.*

Большинство красок изготавливается из трех основных ингредиентов:

- 1) пигмент – обеспечивает цвет и непрозрачность;
- 2) связующее – действует как клей, удерживая пигмент на поверхности;
- 3) растворитель – поддерживает пигмент и связующее в жидкостной форме.

Другие ингредиенты включают те, которые предотвращают бактериальный рост, экономят распространение краски (заполнителей), сгущают краску, позволяют краске легко быть прикладной, задерживают засыхание и предотвращают пениться.

Краску наносят на поверхность с последующим испарением растворителя, при этом оставляя пленку, состоящую из пигмента и связующего.

*1)Красящий пигмент.*

Пигменты используются для того, чтобы выполнять различные функции в краске, включая помощь дать необходимые свойства (удлиняя пигмент) и увеличить непромокаемость (пигмент барьера), но передовое одно, обеспечивать постоянный цвет (пигмент расцветки).

#### *Белый пигмент.*

Диоксид титана или  $TiO_2$  используется практически повсеместно в лакокрасочной промышленности, в том числе, как в обычных красках, так и в "эко" красках. Диоксид титана заменил ранее известные белые пигменты, такие как оксид свинца ("свинцовый Белый"). Свое почти всеобщее воззвание выведено от своей высокой светонепроницаемости (способности покрыть или спрятать). К менее используемым пигментам относятся мел и известь, которые имеют очень низкую непрозрачность и поэтому могут потребовать нанесения большого количества покрытий для достижения приемлемой непрозрачности.

Диоксид титана производится одним из двух способов, каждый из которых оказывает существенное влияние на окружающую среду.

#### *Цветной пигмент.*

Пигменты могут быть органическими или неорганическими.

"Органический". Ранние органические пигменты были основаны на красителях, полученных из природных растений. Большинство современных органических пигментов синтезируются из каменноугольной смолы и нефтяных дистиллятов, но растительные пигменты продолжают фигурировать среди марок красок "ЭКО". Синтетические органические пигменты обычно довольно хороши и имеют хорошую прочность цвета. Однако, непрозрачность имеет тенденцию быть низкой, и многие органические вещества не полностью стойки к воздействию растворителей.

"Неорганический". В самых ранних красках использовали пигменты, которые были получены путем выкапывания определенных минералов из земли и измельчения их до мелкого порошка. Все эти "естественные" пигменты – неорганические соединения. Типичные примеры включают охру

и сиену. Другими неорганическими и более плодовитыми пигментами на рынке обычно являются оксиды металлов, полученные из железа и глины, или синтетические вещества, полученные из нефтехимических продуктов.

## *2) Связующее.*

В смеси краски, связующее обеспечивает прилипание, связывает пигмент, и даёт свойства сопротивления краски, которые делают окончательное покрытие прочным. Существует два конкретных типа связующего: на масляной основе и на латексной основе.

### *Связующее на масляной основе.*

Масляная краска требует связующего, которое имеет аналогичные свойства с краской, в этом случае связующее окисляется или высыхает при воздействии воздуха, затвердевая вместе с остальной краской.

Связующие вещества в масляных красках являются натуральными или синтетическими. "Натуральные" растительные масла включают льняное масло, тунговое масло и соевое масло. Сегодня мало, кто использует только масло. Скорее, они основаны на модифицированных маслах, называемых алкидами, изготовленные из растительных масел и синтетических смол. Алкиды являются химическими соединениями, которые сушат сильнее и быстрее, чем масла. Почти все "масляные" краски (например, "глянец") теперь имеют алкиды в качестве связующих. Внешние деревянные грунтовки на масляной основе часто изготавливаются с сочетанием масел и алкидов.

### *Связующее на основе латекса.*

Краски на основе латекса фактически не обладают латексом – скорее, полимерным связующим, создающим пленку в краске, которая напоминает натуральный латексный каучук. Почти все краски на водной основе имеют связующее на основе латекса. При нанесении покрытия вода испаряется из краски, оставляя после себя пленку пигмента и связующего на основе латекса, которые связываются в одно сплошное покрытие.

Также в качестве связующего в краске используют полимеры. Два наиболее распространенных типа - "акрил", наиболее подходящий для

наружного использования, и "виниловый акрил", который, хотя также может использоваться снаружи, в основном применяется внутри. Другие латексные связующие включают стирол-акрил и терполимер.

В большинство современных эмульсий на водной основе добавлен латекс, чтобы увеличить прочность. Количество латекса определяет степень блеска.

### *3) Растворитель.*

Растворитель – это жидкость, которая приостанавливает другие составы для того, чтобы была необходимая консистенция. Как только краска используется, растворитель испаряется, позволяя пигменту и связующему произвести действие краски ("пальто").

Наиболее распространенными органическими растворителями, получаемыми из нефти, являются "уайт-спирит", используемый в алкидах, и "минеральный скипидар" ("заменитель скипидара"), используемый в качестве растворителя для краски и для очистки кистей. Другие органические растворители на основе нефти включают алканы (изопарафины), метилэтилкетон (МЭК), метилированные спирты (смесь метанола и этанола), ксилол, толуол и ацетон. Растворители, используемые в краске, которая не Петролеум – включают "скипидар камеди и "масло цитруса".

Важно отметить, что большинство красок, описываемых как "водные", включают небольшие количества органических растворителей для повышения обрабатываемости.

### *Биоциды.*

Добавление биоцидов в краску направлено на предотвращение роста бактерий в банке наряду с ростом грибков и водорослей на лакокрасочных покрытиях. Особенно уязвимы водные и особенно казеиновые краски. По своей природе биоциды токсичны, и их использование строго контролируется европейским законодательством, в частности директивой по биоцидным продуктам (ДБП).

До принятия законодательства, формулы биоцидов были относительно простыми, но зачастую опасными, ядовитыми (например, ртуть и другие соединения тяжелых металлов). Законодательная база усложнила использование смеси компонентов для получения того же эффекта.

Существует очень много химических веществ, доступных для использования в качестве биоцидов, некоторые из которых по-прежнему вызывают озабоченность у участников кампаний в области здравоохранения. Однако получение информации о конкретных формулах, как правило, затруднено: производители добавок считают эту информацию коммерчески чувствительной. Ситуация усугубляется отсутствием у многих производителей красок разрешения размещать содержание своей продукции.

#### *Сурфактанты.*

Сурфактанты уменьшают поверхностное натяжение воды, которая находится в краске. Поверхностно-активные вещества, обычно используемые в красках, включали этоксилаты алкилфенола (APEs), а также перфторированные поверхностно-активные вещества, которые были в значительной степени прекращены из-за их опасного характера (эндокринное нарушение и биоаккумуляция, соответственно). В настоящее время используется новое поколение поверхностно-активных веществ, которые, как полагают, гораздо менее токсичны, чем их предшественники.

#### *Сиккативы.*

Сиккативы ускоряют высыхание краски. Выражается озабоченность по поводу возможного воздействия металлических сушилок на здоровье в целом. [28].

#### *Другие виды краски.*

Есть множество растительных масел, которые есть в красках, но наиболее распространенным является льняное масло. Льняное масло широко использовалось, прежде чем заменилось на современные алкидные смолы и другие связующие.

Льняное масло обязано своим нынешним возрождением отсутствию органических растворителей в краске льняного масла. Типичными ингредиентами являются льняное масло в сочетании с оксидом цинка (заменителем оксида титана) и красящим пигментом.

#### *Известковая краска.*

Известковая краска – старейшая форма "краски". Краска в основном состоит из гашеной извести (гидроксида кальция) в сочетании с традиционно низкой долей органического связующего, такого как жир (или льняное масло).

Известь не особенно долговечна, особенно в загрязненных средах, где покрытие может быстро ухудшаться.

Опасности для здоровья человека: раздражение на кожу или в легкие при вдыхании – хотя некоторые источники считают, что существует также связь между диоксидом кремния и раком, хотя этому требуются большие исследования.

#### **Влияние краски на здоровье.**

В исследовании, опубликованном в журнале "Environmental Health Perspectives" в 2009 году, изучалась возможная связь между использованием растворителей в красках и детской лейкемией. Исследование было неубедительным, но оно обнаружило, что существует "сильная" связь между использованием бытовой краски и лейкемией:

Бытовое использование краски в основном включает латексные краски, которые обычно содержат винилацетатную смолу (поливинилацетат) или смолу на основе стирола (Kirk-Othmer 2006). Эпидемиологические данные и исследования на животных по поливинилацетату слишком ограничены, чтобы позволить оценить его потенциальные канцерогенные риски для людей. С другой стороны, стирол был классифицирован как возможный канцероген для человека, и несколько исследований сообщили о повышенном риске лимфатических и кроветворных новообразований у работников, подвергшихся воздействию этого продукта (рабочая группа

монографии МАИР 2002), что делает Стирол предполагаемым кандидатом для объяснения связи между воздействием краски и всем риском [23].

*Растворители и летучие органические вещества (ЛОВ).*

Исследование, проведенное в 2003 году, показало, что воздействие ЛОВ на нормах ниже, принятых в настоящее время рекомендаций, может увеличить риск детской астмы [24].

Обзор последних научных работ выявил ряд исследований, которые связывали проблемы легких с покраской [25].

Американская ассоциация сообщает, что ЛОВ могут вызывать ряд физических проблем, таких как: раздражение глаз и кожи, проблемы с легкими и дыханием, головные боли, тошнота, мышечная слабость и повреждение печени и почек

Изопарафины имеют очень низкий уровень острой токсичности, будучи практически нетоксичными для перорального, кожного и ингаляционного путей. Однако аспирация жидких изопарафинов в легкие при пероральном приеме может привести к тяжелой легочной травме [26].

Временное психическое расстройство в результате воздействия органических растворителей называется с XIX века, "синдром органического растворителя" относится к долгосрочной нервной токсичности в результате длительного воздействия. Выявленный в Финляндии в 1960-х годах психологом по вопросам гигиены труда, факт его существования, хотя и широко распространенный в Европе, все еще обсуждается в Великобритании [6].

Согласно рекомендациям Департамента здравоохранения США, "натуральный" растворитель скипидар – это раздражитель кожи, глаз, слизистой оболочки и верхних дыхательных путей. Он может также причинить влияния сенсibilизации кожи и центральной нервной системы, желудочно-кишечных и мочевыводящих путей.

Цитрусовое масло (лимонен), еще один "натуральный" растворитель, является раздражителем кожи и дыхательных путей [8].

## **Воздействие краски на окружающую среду.**

Основные экологические последствия, связанные с краской, исходят от производителя компонентов, а не от производства самого продукта.

На сегодняшний день наибольшее воздействие на окружающую среду оказывает производство диоксида титана (TiO<sub>2</sub>):

- Высокие энергозатраты (54 - 76 МДж/кг).
- Выбросы в процессе производства, включая (в зависимости от процесса) CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub> и ЛОВ [9].
- В процессе производства образуется ряд потоков отходов, включая отработанные кислоты и сульфаты металлов, каждый из которых оказывает воздействие на окружающую среду. Ряд директив ЕС направлен на сокращение и ликвидацию вызванного загрязнения.
- Сырье получают из дефицитных ресурсов.

### *Цветной пигмент.*

Воздействие на окружающую среду, вызванное цветными пигментами, является различным, хотя и не столь интенсивным, как воздействие диоксида титана. Стоит также отметить, что, хотя существуют "естественные" и "рукотворные" пигменты, не все "естественные" пигменты оказывают меньшее воздействие, чем рукотворные.

### *Летучие органические соединения и озон.*

Озон, образующийся в результате деятельности человека, является загрязнителем и составной частью смога. Озон образуется при взаимодействии оксидов азота, окиси углерода и ЛОВ в атмосфере в присутствии солнечного света.

### *Законодательство и нормы.*

Учитывая значительный уровень ЛОВ, традиционно ассоциирующихся с красками, неудивительно, что для ограничения их масштабов были разработаны кодексы, нормы и законодательство.

С точки зрения законодательства, регулирование ЛОВ ЕС является наиболее важным и оказывает наибольшее влияние на этот вопрос. Ряд кодексов и стандартов также публикуются, но без законодательной поддержки, имеют относительно небольшую тягу.

*ЛОВ 2010, законодательство.*

Летучие органические вещества в красках, лаках и продуктах рафинирования транспортных средств (он же закон о ЛОВ 2010) вступили в силу в 2010 году. Цель этого законодательства заключается в обеспечении сокращения выбросов ЛОВ в дополнение к существующим стандартам, установленным в 2007 году.

Добровольная европейская экомаркировка устанавливает следующие стандарты:

- ограниченное летучее органическое содержание (ЛОВ) и летучие ароматические углеводороды (VHS);
- сокращение выбросов серы в процессе производства;
- уменьшение опасных отходов побочных продуктов при производстве диоксида титана;
- не используйте тяжелых металлов и веществ, вредных для окружающей среды и здоровья;
- инструкции потребителя для пользы окружающей среды, включая условия хранения.

Стандарт устанавливает пределы ЛОВ в соответствии с набором функциональных подкатегорий. Например, "внутренний матовый" имеет предел 15 г/л (включая воду), а "внутренняя отделка и облицовочные краски для дерева и металла, включая грунтовки" - 90 г/л.

Жесткие ограничения также установлены на выбросы и сбросы от производства пигмента диоксида титана. Выбросы включают сульфатные и хлоридные отходы.

Предельные значения ЛОВ для Агентства по охране окружающей среды (США): низкий уровень ЛОВ менее 200 г /л.

Зеленая печать, стандарт (США) ГС-11 по низким ЛОВ краски.

Этот стандарт устанавливает более строгие стандарты ограничения ЛОВ. Он также касается компонентов, которые он запрещает, хотя многие из них уже были отброшены производителями. Запрещенный список включает:

- галометаны (хлорид метилена);
- хлорированные этаны (трихлорэтан);
- ароматические растворители (бензол, толуол (метилбензол), этилбензол);
- хлорированные этилены (винилхлорид);
- полинуклеарные ароматические вещества (нафталин);
- хлорбензолы (дихлорбензол);
- эфиры фталатов (диэтилфталата, диметилфталата);
- различные полуволетучие органические вещества (изофорон);
- тяжелые металлы и их соединения (сурьма, кадмий, шестивалентный хром, свинец, ртуть);
- консерванты (формальдегид);
- кетоны (метилэтилкетон, метилизобутилкетон);
- различные летучие органические вещества (акролеин, акрилонитрил);

Те, кто верит в "зеленые" продукты, будут опечалены тем фактом, что почти каждое производство, традиционное или "зеленое", виновно в том, что вводит пользователей в заблуждение об уровнях ЛОВ, содержащихся в их красках. Особенно досадно частое употребление выражения "нулевые ЛОВ", когда анализ содержимого, за редкими исключениями, обнаруживает их присутствие – хотя и в небольшом количестве.

Наибольшее воздействие на окружающую среду окажет производство оксида титана-пигмента, столь фундаментального для производительности любой краски, что его трудно избежать – даже среди " ЭКО " красок.

Наиболее распространенным токсичным компонентом краски является ЛОВ. Законодательство, наконец, движется вниз по уровням, но многие будут считать, что у него все еще есть какой-то путь. Другие компоненты, такие как добавки разнообразны и трудно распознать среди других лакокрасочных продуктов. Многие добавки токсичны, но существует очень мало законодательной защиты для размещения всех возможных комбинаций. Как внутри, так и за пределами отрасли были разработаны стандарты, позволяющие осуществлять контроль за более опасными веществами, однако прогресс в этой области еще не достигнут.

Большую помощь могли бы оказать производители, если бы они только добровольно предложили всесторонне перечислить ингредиенты своей краски.

Сопоставив огромное количество информации, мы приняли для себя, те факты, которые будут характеризовать краску с точки зрения наименьшего ухудшения экология.

### 3.2 Разработка рекомендаций по использованию специальных покрытий по результатам эксперимента

При подборе наилучшего состава краски антикоррозионной, огнестойкой мы проводили 3 эксперимента и наблюдали, в каком случае будут достигнуты наилучшие показатели. В результате проведения эксперимента можем узнать или предположить нечто новое, но для того чтобы качественно изучить какое-то явление, нам нужно наблюдать его несколько раз и в разных условиях. Или, наоборот, нам необходимо повторить несколько раз одни и те же условия. Для этого ставят опыт, который и отличается от наблюдения тем, что проводится по

запланированному плану, с определённой целью, и в это время обычно проводят специальные измерения.

Проведя исследования тех окрасочных материалов, которых мы можем увидеть на рынке в Самарской области можем сказать следующее: спрос на огнестойкие окрасочные составы достаточно велик, но несмотря на это мы столкнулись с тем, что у производителей достаточно небогатый выбор составов, которые одновременно обладают антикоррозионными и огнестойкими свойствами.

Мною был проведен анализ возможных ингредиентов окрасочных составов, проанализированы основные физические свойства, были выбраны оптимальные, исходя из, рекомендуемого процента их использования в соответствии с требованиями ГОСТ составлен, предлагается состав окрасочной изоляции из следующих компонентов, которые сведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Состав краски антикоррозионной, огнестойкой

№ п/п	Наименование компонента	Количество, %
1	Кремнийорганическая смола	23
2	Сольвент	27
3	Молотый известняк	30
4	Фосфат цинка с добавкой армасила	17
5	Эмульсия минеральных масел на основе парафина и гидрофобных компонентов	1
6	Раствор щелочной жидкости с силанолом	1
7	Отвердитель	1

В качестве связующего используется кремнийорганическая смола 139-297, которая по сравнению с другими смолами имеет более высокую температуру стеклования.

Сольвент применяется в качестве растворителя и доводит краску до необходимой консистенции.

Молотый известняк фракции от 0 до 0,2 мм является наполнителем, усиливает огнестойкие свойства покрытия и стоит дешевле чем аналоги.

Фосфат цинка с добавкой бескислотного преобразователя ржавчины на основе танинов – армасила является ингибитором коррозии и вследствие химической реакции с ржавчиной образует оксидную пленку, которая не позволяет влаге поступать к конструкции и тем самым приостанавливает процесс коррозии.

Эмульсия минеральных масел на основе парафина и гидрофобных компонентов – Silitex Cherox 650 применяется в качестве пеногасителя.

Раствор щелочной жидкости с силанолом марки Пента-60 используется в качестве стабилизатора вязкости и однородности состава.

И последним ингредиентом является Отвердитель марки 14.

Данный окрасочный состав, который является одновременно и антикоррозионным и огнестойким, его получают путем равномерного смешивания всех компонентов в строительном ведре при помощи электрического шуруповерта и “насадки-миксера”.

В промышленном производстве для получения такого окрасочного состава применяется дисольвер.

Перед тем как производить нанесение окрасочного состава на поверхность необходимо выполнить подготовительные работы. Первой такой операцией является снятие ржавчины при помощи металлической щетки, наждачной бумаги или с использованием шлифовальной машинки. Далее производится обеспыливание ветошью и обезжиривание универсальным растворителем марки 645 с помощью губки.

Способ нанесения на поверхность универсален и может осуществляться с помощью:

- кисти;
- валика, при малых объемах работ;
- краскопульта или окунания при больших объемах работ.

Поверхность нанесения может быть как металлической, так и железобетонной. После окрашивания элементов полученным составом,

производят выдерживание при температуре порядка 25°С для того, чтобы краска высохла и набрала свои необходимые свойства.

### 3.3 Проведение испытаний

После получения окрасочного состава было проведено испытание на огнестойкость с помощью муфельной печи типа СНОЛ 1.6.2.5.1/9-ИЗ (рисунок 3.1). В качестве рабочих образцов для эксперимента были приняты металлический лист с ребрами жесткости толщиной 2 мм, покрытый соответствующим составом. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 30247.0-94.



Рисунок 3.1 – Муфельная печь

Проведенные эксперименты показали, что окрасочный состав выдерживает температуру нагрева до 700°С, в интервале 710-730°С начало

происходить вспучивание окрасочного состава. Температуру была измерена с помощью терморегулятора муфельной печи.

Проведение испытаний на коррозионную устойчивость проводилось в камере солевого тумана Ascott CCT в соответствии с ГОСТ 9.308-85.

Стандартный режим работы камер циклической коррозии Ascott CCT (рисунок 3.2) – распыление соляного раствора. Он разработан таким образом, чтобы испытания соответствовали максимально возможному диапазону международных стандартов испытаний соляным туманом. Система управления камер Ascott CCT дает возможность запрограммировать либо только распыление соляного раствора для таких испытаний как ASTM B117, либо последовательное изменение климата для проведения автоматического циклического теста на коррозионную устойчивость.



Рисунок 3.2 – Камера солевого тумана Ascott CCT

Таким образом, в результате испытаний были определены ингредиенты для получения окрасочного состава со свойствами, способными повысить огнестойкость конструкции и соответственно получен сам состав. В качестве проведения первого эксперимента мы выбрали один из составов краски антикоррозионной, огнестойкой который указан в таблице 3.2:

Таблица 3.2 – Первый эксперимент

№ п/п	Наименование компонента	Количество, %
1	Кремнийорганическая смола 139-297	30
2	Сольвент	25
3	Молотый известняк фракции от 0 до 0,2 мм	25
4	Фосфат цинка с добавкой армасила	17
5	Эмульсия Silitex Cherox 650	1
6	Раствор щелочной жидкости Пента-60	1
7	Отвердитель 14	1

В качестве проведения второго эксперимента мы подобрали один из составов краски антикоррозионной, огнестойкой который указан в таблице 3.3:

Таблица 3.3 – Второй эксперимент

№ п/п	Наименование компонента	Количество, %
1	Кремнийорганическая смола 139-297	25
2	Сольвент	25
3	Молотый известняк фракции от 0 до 0,2 мм	25
4	Фосфат цинка с добавкой армасила	22
5	Эмульсия Silitex Cherox 650	1
6	Раствор щелочной жидкости Пента-60	1
7	Отвердитель 14	1

В качестве проведения первого эксперимента мы подобрали один из составов краски антикоррозионной, огнестойкой который указан в таблице 3.4:

Таблица 3.4 – Третий эксперимент

№ п/п	Наименование компонента	Количество, %
1	Кремнийорганическая смола 139-297	23
2	Сольвент	27
3	Молотый известняк фракции от 0 до 0,2 мм	30
4	Фосфат цинка с добавкой армасила	17
5	Эмульсия Silitex Cherox 650	1
6	Раствор щелочной жидкости Пента-60	1
7	Отвердитель 14	1

В результате проведения эксперимента и проведенных испытаний, образец краски под номером три показал наилучшие характеристики, а в частности: данная краска антикоррозионная, огнестойкая имеет высокую степень огнестойкости (до 700°C). В качестве связующего используется кремнийорганическая смола 139-297.

### 3.4 Техничко-экономические обоснования специального состава

Сравнивая данную краску антикоррозионную, огнестойкую с известными брендами красок, со схожими (заявленными) свойствами и сведенными в таблицу 3.5:

Таблица 3.5 – Сравнение характеристик красок

№	Сравниваемый элемент	<i>Краска антикоррозионная, огнестойкая</i>	Термостойкая эмаль “Церта”	Термостойкая кремнийорганическая эмаль “Цельсит 900”	Антикоррозионное покрытие Барьер-цинк
1	Стоимость 10кг.краски, [рубли]	3410	3500	3990	3800
2	Расход, [гр. / м <sup>2</sup> ]	180-230	250-300	150-210	250-300
3	Термостойкость, [°С]	До 700	до 700	до 900	до 160
4	Температурный режим нанесения, [°С]	От-30 до +40	От-30 до +40	От-30 до +40	От-30 до + 50
5	Цвет краски	<i>Черный</i>	Черный	Черный	Серо-матовый
6	Время высыхания при температуре 20°С, [ч]	5	2	5	0,33
7	Адгезия покрытия, [балл]	<i>Не более 1</i>	Не более 1	Не более 1	Не более 1
8	Способы нанесения	<i>Краскопульт, кистью, валиком, окунанием</i>	Краскопульт, кистью, валиком	Краскопульт, кистью, валиком, окунание	Краскопульт, кистью, валиком

Мы можем увидеть из таблицы сравнения, что по некоторым характеристикам предлагаемая краска превосходит известные бренды. Исходя из, всего рассмотренного можем ответить, что достигнут научный и практический результаты.

### 3.5 Вывод по главе 3

1. Выбрана методика и проведены экспериментальные исследования окрасочного покрытия для стальных водопроводных труб.

2. Выбранные компоненты, входящие в состав краски, являются относительно экологически безопасными.

3. В результате испытаний окрасочного покрытия выявлены основные характеристики:

- расход гр/м<sup>2</sup>;
- термостойкость;
- температурный режим нанесения;
- время высыхания при температуре 20°C.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа основных видов повреждений и способов защиты от коррозии и воздействия огня на наружные стальные водопроводы был принят к рассмотрению пассивный способ защиты.

2. Проведены исследования различных видов окрасочных покрытий. В результате чего разработана краска антикоррозионная, огнестойкая.

3. Запатентована краска антикоррозионная, огнестойкая.

4. В результате технико-экономического обоснования и сравнения различных видов красок выявлены преимущества предложенного состава по отношению к аналогам.

**Основные положения диссертации опубликованы в 3 статьях автора и 1 патенте:**

1. Афанасьев Д.А., Крамаренко А.В., Краска антикоррозионная, огнестойкая // Научно-практическая конференция «Студенческие дни науки в ТГУ» (г.о. Тольятти, апрель 2017 г.).

2. Афанасьев Д.А., Филенков В.М., Исследование способов нанесения специальных окрасочных составов для защиты стальных трубопроводов от воздействия коррозии и огня // Сетевое научно-практическое издание «Наука среди нас» (г. Магнитогорск, апрель 2018 г.).

3. Афанасьев Д.А., Особенности применения различных способов и инструментов при подготовке поверхности под покраску // X международная научно-практическая конференция «Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народно-хозяйственных комплексов» (г. Пенза, май 2019 г.).

4. Афанасьев Д.А., Крамаренко А.В., Краска антикоррозионная, огнестойкая // Патент на изобретение № 2653171 «Краска антикоррозионная, огнестойкая» (май 2018 г.).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванцов О.М. Надежность строительных конструкций магистральных трубопроводов. – М., Недра, 1985. – с. 231 (Надежность и качество).
2. Материаловедение. Защита от коррозии: учебно-методическое пособие. Наумов С. В., Самуилов А. Я. Издательство КНИТУ 2012 г. 84 стр.
3. Теплинский Ю.А. Проведение исследований на участках магистральных газопроводов, подверженных КРН // Коррозия: материалы, защита, 2005, № 6, с. 10-18.
4. Сборник руководящих материалов по защите городских подземных трубопроводов от коррозии. - Л.: Недра, 1987. - 408 с.
5. УДК 621.644.07:620.193 Е.Ю. Старикова, П.Т. Петрик. Пути решения проблем защиты теплопроводов от коррозии.
6. Режим доступа: [www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/2016/способы защиты трубопровода от коррозии](http://www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/2016/способы_защиты_трубопровода_от_коррозии)
7. Достижения науки о коррозии и технология защиты от нее = Advances in corrosion science and technology : Коррозионное растрескивание металлов / Дж. К. Тиен [и др.]; ред. М. Фонтана, Р. Стейл ; пер. с англ. В. Д. Калинина [и др.] ; под ред. В. С. Синявского. - Москва : Металлургия, 1980. - 487 с. : ил. - Библиогр. : с. 435-483. - Предм. указ.: с. 484-487
8. Брегман Дж. И. Ингибиторы коррозии / Дж. И. Брегман; пер. с англ. Н. И. Вржосек [и др.] ; под ред. Л. И. Антропова. - Москва ; Ленинград : Химия, 1966. - 310 с. : ил. - Библиогр. в конце гл.
9. Коррозия и защита от коррозии : [обзоры]. Т. 14 / ВИНТИ ; науч. ред. Я. М. Колотыркин. - Москва : ВИНТИ, 1988. - 174 с. : ил. - (Итоги науки и техники) (Коррозия и защита от коррозии). - Библиогр. в конце гл.
10. Скорчеллетти В. В. Теоретические основы коррозии металлов / В. В. Скорчеллетти. - Ленинград : Химия, 1973. - 263 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Указ.: с. 259-261

11. Владыченко Г. П. Технология строительства водопроводных и канализационных сооружений : учеб. пособие для вузов / Г. П. Владыченко, Б. Ф. Белецкий. - Киев : Выща школа, 1982. - 336 с. : ил. - Библиогр.: с. 330-332. - Прил.: с. 315-329

12. Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от электрохимической коррозии : утв. 23.04.1965 г. - Москва : Стройиздат, 1965. - 224 с. : ил

13. Климовский Е. М. Очистка полости и испытание магистральных и промышленных трубопроводов / Е. М. Климовский. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Недра, 1972. - 255 с. : ил. - Библиогр.: с. 250-253. - Прил.: с. 246-249. - 1-00

14. Похмурский В. И. Коррозионная усталость металлов / В. И. Похмурский. - Москва : Металлургия, 1985. - 206 с. : ил. - Библиогр.: с. 198-204

15. Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Нефтеперерабатывающая промышленность. Справочное руководство. / Под ред. А.М. Сухотина, Ю.И. Арчакова. – Л.: Химия, 1990. – 400 с.

16. Кенгуров А. Я. Устройство, монтаж и эксплуатация водопроводных сетей, водоочистных сооружений : учеб. пособие / А. Я. Кенгуров. - Москва : Высш. шк., 1999. - 272 с. : ил. - (Профтехобразование. Водоснабжение и канализация)

17. Батенчук А. Н. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов / А. Н. Батенчук. - 2-е изд., доп. и испр. - Москва : Стройиздат, 1991. - 304 с. : ил

18. Ивашина Ю. Г. Защита трубопроводов от коррозии / Ю. Г. Ивашина, Л. Е. Шпренгель. - Киев : Будивельник, 2002. - 71 с. : ил. - Библиогр.: с. 70

19. Храменков С. В. Реконструкция трубопроводных систем / С. В. Храменков, О. Г. Примин, В. А. Орлов. - Москва : АСВ, 2008. - 215 с. : ил. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 978-5-93093-577-6: 364-70

20. Белецкий Б. Ф. Технология прокладки трубопроводов и коллекторов различного назначения / Б. Ф. Белецкий. - Москва : Стройиздат, 1992. - 328 с. : ил. - (ПМР : Повышение мастерства рабочих строительства и промышленности строительных материалов). - Библиогр.: с. 325

21. Режим доступа: <http://www.greenspec.co.uk/building-design/paint/>

22. Режим доступа: Exposures in the Painting Trades and Paint Manufacturing Industry and Risk of Cancer Among Men and Women in Sweden - Brown, Linda et al, published in the Journal of Occupational and Environmental Medicine: March 2002

23. Режим доступа: Household Exposure to Paint and Petroleum Solvents, Chromosomal Translocations, and the Risk of Childhood Leukemia - Scélo, Metayer et al, Univ California, 2009

24. Режим доступа: Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children - Rumchev et al, Curtin University of Technology, Perth

25. Режим доступа: Indoor Residential Chemical Emissions as Risk Factors for Respiratory and Allergic Effects in Children: a Review- Mark J. Mendell, Lawrence Berkeley National Laboratory, published in Indoor Air Journal, 2007

26. Режим доступа: Toxicology update isoparaffinic hydrocarbons: A summary of physical properties, toxicity studies and human exposure data - Mullin, Ader et al, published in the Journal of Applied Toxicology , April 1990

27. Режим доступа: Watching paint dry - Dr Anne Spurgeon, Univ of Birmingham, 2006

28. Режим доступа: Cobalt and antimony: genotoxicity and carcinogenicity - De Boeck, Kirsch-Volders and Lison - Vrije Universiteit Brussel & Université catholique de Louvain, 2003

29. Режим доступа: IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans 1999, 73-16, 307-27

30. Режим доступа: Environmental Impact of Coated Exterior Wooden Cladding - Hakkinen et al, VTT Building Technology, 1999

31. Режим доступа: Volatile Organic Compound Emissions from Latex Paint - Part 2. Test House Studies and Indoor Air Quality (IAQ) Modeling - Sparks et al, 1999 published in Indoor Air, the international journal of indoor environment and health.

32. Режим доступа: <https://instrumentoria.ru/65-kak-krasit-kraskopultom.html>

33. Режим доступа: R. Zuo; D. Örnek; B.C. Syrett; R.M. Green; C.-H. Hsu; F.B. Mansfeld; T.K. Wood (2004). "Inhibiting mild steel corrosion from sulfate-reducing bacteria using antimicrobial-producing biofilms in Three-Mile-Island process water"

34. Режим доступа: <https://www.okorrozii.com/emali/grunt-emal-po-rzhavchine-3-v-1.html>