

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

«Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(кафедра)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

(наименование профиля, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Технология сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием

Студент(ка)

В.О. Зюзин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.И. Плахотный

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Резникова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой СОМДиРП,
д.т.н, профессор

(личная подпись)

В.В. Ельцов

« ____ » _____ 20 ____ г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт, факультет)

СВАРКА, ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ И РОДСТВЕННЫЕ
ПРОЦЕССЫ
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой: Ельцов В.В.

(подпись)

(И.О.Фамилия)

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент: Зюзин Виктор Олегович

1. Тема Технология сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы _____
27 июня 2016 года

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе

литературные данные, данные нормативной документации

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

1. Актуальность темы дипломного проекта, 2. Анализ способов сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием. 3. Разработка методики исследования процессов сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием, 4. Исследование процессов сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием 5. Безопасность и экологичность технического объекта, 6. Экономическая эффективность.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала 1. Варианты технологий соединений эмалированных труб, 2. способы соединения эмалированных трубопроводов, 3. выбор электродной проволоки, 4. методика исследования процессов создания неразъемных соединений из эмалированных сталей, 5. механические свойства металла, 6. химический состав металла шва сваренного электродной проволокой Dt 2-1367, 7. экономическая эффективность проекта, 8. технологический процесс сварки труб с эмалевым покрытием.

6. Консультанты по разделам: Экономическая эффективность Краснопевцева И.В.,
Безопасность и экологичность технического объекта И.В. Резникова

7. Дата выдачи задания « 17 » февраля 2016 г.

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

Плахотный Д.И.
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Зюзин В.О.
(И.О. Фамилия)

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав кафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 20 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента Зюзина Виктора Олеговича

по теме Технология сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение; 1. Технология сварки труб с односторонним эмалевым покрытием	29.02.2016	26.02.2016	Выполнено	
2. Методика исследования процессов сварки труб с эмалевым покрытием	10.03.2016	10.03.2016	Выполнено	
3. Исследование процессов сварки труб с эмалевым покрытием	25.03.2016	25.03.2016	Выполнено	
4. Технология сварки труб с эмалевым покрытием	14.04.2016	12.04.2016	Выполнено	
5. Безопасность и экологичность	16.05.2016	18.05.2016	Выполнено	

технического объекта; 6. Экономическое обоснование проекта				
Графическая часть	10.06.2016	10.06.2016	Выполнено	

Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

_____	<u>Д.И. Плахотный</u>
(подпись)	(И.О. Фамилия)
_____	<u>В.О. Зюзин</u>
(подпись)	(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Целью работы является повышения коррозионной стойкости трубопроводов с эмалированным покрытием за счет повышения качества неразъемных соединений.

В бакалаврской работе предложено использовать при соединении труб с эмалевым покрытием электродные материалы на основе меди и медных сплавов, которые обладают более высокой коррозионной стойкостью, чем сталь и не требуют защиты от коррозии при сварке. Проведены исследования процессов соединений труб с эмалированным покрытием с применением электродной проволоки из меди, кремнистой бронзы и марганцовистой бронзы.

Объем пояснительной записки составляет 94 страниц напечатанного текста. Графическая часть представлена девятью плакатами: варианты технологий соединений эмалированных труб; способы соединения эмалированных трубопроводов; выбор электродной проволоки; методика исследования процессов создания неразъемных соединений из эмалированных труб; механические свойства металла; химический состав металла шва сваренного электродной проволокой Dt-2.1367; экономическая эффективность проекта; технологический процесс сварки труб с эмалевым покрытием.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1. Технология сварки трубопроводов с односторонним эмалевым покрытием	10
1.1 Физико-химические процессы в эмали при сварке труб с эмалированным покрытием	10
1.2 Технологии сварки труб с эмалевым покрытием	13
1.3 Перспективы применения меди и медных сплавов для сварки стальных труб с эмалированным покрытием	18
2. Методика исследования процессов сварки труб с эмалевым покрытием	20
2.1 Исследование процессов сварки труб с эмалевым покрытием	20
2.2 Определение механических свойств сварных соединений	27
2.3 Определение химического состава сварного шва	32
2.4 Исследование коррозионной стойкости сварных соединений	33
3. Исследование процессов сварки труб с эмалевым покрытием	35
3.1 Исследование процессов сварки труб с эмалевым покрытием и механических свойств металла шва	35
3.2 Испытания механических свойств сварных соединений	36
3.3 Исследования структуры и химического состава металла шва	38
4. Технология сварки труб с эмалевым покрытием	45
4.1 Очистка труб и деталей трубопровода	45
4.2 Подготовка кромок	45
4.3 Нанесение флюса на торцы соединяемых труб	46
4.4 Сборка труб и деталей трубопровода и просушка стыков	47
4.5 Сварка стыков	48
4.6 Контроль качества сварных соединений	49
5. Безопасность и экологичность технического объекта	51
5.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта	51
5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	52
5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	53
5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных	54

и утилизационных процессов)	
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	58
6 Экономическая эффективность проекта	61
6.1 Определение трудоемкости и длительности выполнения каждого этапа работ	62
6.2 Составление сетевого графика выполнения НИР на протяжении всего процесса исследования	64
6.3 Расчет предпроизводственных (текущих), капитальных и приведенных (полных) затрат на проведение исследований	70
6.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов изготовления изделия	75
6.5 Составление калькуляции себестоимости изготовления изделия	87
6.6 Расчет капитальных вложений в оборудование	88
6.7 Расчет показателей экономической эффективности предлагаемого проекта	90
6.8 Расчет снижения трудоемкости и повышения производительности труда в проектном варианте изготовления изделия	91
Заключение	93
Список использованных источников	95

ВВЕДЕНИЕ

Требования, предъявляемые к надежности и долговечности эксплуатируемых трубопроводных систем, определяют необходимость обеспечения высокоэффективной антикоррозионной защиты труб и их соединений. В настоящее время до 40 % аварий на трубопроводах связано с коррозионными разрушениями. В трубопроводах 90 % коррозионных разрушений происходит на сварных соединениях вследствие их высокой электрохимической неоднородности, концентрации напряжений, а иногда и некачественного выполнения шва. Таким образом, сварка и защита от коррозии трубопроводов являются важными аспектами надежности трубопроводной системы.

Одним из наиболее эффективных способов повышения коррозионной стойкости труб является заводское нанесение антикоррозионных покрытий. Перспективно применение эмалированных трубопроводов в ряде отраслей.

Эмалированные трубы благодаря дешевизне материалов, необходимых для изготовления эмалированных изделий, быстрой и экономичности процесса эмалирования, высоким эксплуатационным и декоративным качествам эмалированного металла (особенно высокой коррозионной стойкости) в последнее время применяют в строительстве нефтегазовых магистральных трубопроводов [1,2]. Применение эмалей для защиты внутренней поверхности труб в теплоэнергетике и нефтеперерабатывающей промышленности, а так же изделий химического машиностроения продлевает срок их службы в 4...5 раз.

Трубопроводы в различных типах промышленности находятся в условиях повышенной влажности, что приводит к интенсивной коррозии внутренней поверхности труб. Вследствие чего трубы с внутренним эмалированным покрытием стали широко применяться в системах трубопроводов.

Сопrotивление коррозии трубопроводов с внутренним силикатно-эмалевым покрытием предполагается коррозионной стойкостью сварного

соединения с внутренней стороны трубы, наиболее подверженной коррозии в силу ее труднодоступности для защиты, и обладающего меньшей коррозионной стойкостью металла шва как активного анода. Применяемые способы защиты внешней поверхности (в том числе и зоны сварного шва) от коррозии посредством изоляционных покрытий и электрохимической защиты применительно к внутренней поверхности трубопровода оказываются трудноосуществимыми. Именно поэтому актуальной проблемой является разработка технологии сварки эмалированных трубопроводов с повышенной коррозионной стойкостью внутренней поверхности сварного соединения.

Соединение труб с эмалевым покрытием наиболее распространенными способами дуговой сварки невыполнимо без появления серьезных дефектов антикоррозионного покрытия.

Применяемые в промышленности технологии сварки труб с эмалированными покрытиями приводят к дефектам эмалированного покрытия, что снижает коррозионную стойкость труб.

Следовательно, целью работы является повышение коррозионной стойкости трубопроводов с эмалированным покрытием за счет повышения качества сварных соединений труб с эмалированным покрытием.

1 Технология сварки трубопроводов с односторонним эмалевым покрытием

Трубы с эмалевым покрытием широко применяются в системе пожаротушения вертикальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. В соответствии с нормативной документацией (РД-13.220.00-КТН-014-10) для растворопроводов постоянно заполненных раствором пенообразователя (напорный коллектор растворопровода в здании насосной пожаротушения, растворопроводы в пункте приготовления раствора, растворопроводы кольцевой сети, растворопроводы в перекачивающей насосной); для сухотрубных растворопроводов на участке от электропроводной задвижки до стенки резервуара, для внутренней разводки сухотрубов в защищаемых зданиях (помещениях) должны применяться трубы с внутренним антикоррозионным покрытием типа силикатно-эмалевое (или другие, не снижающие огнетушащую способность раствора пенообразователя).

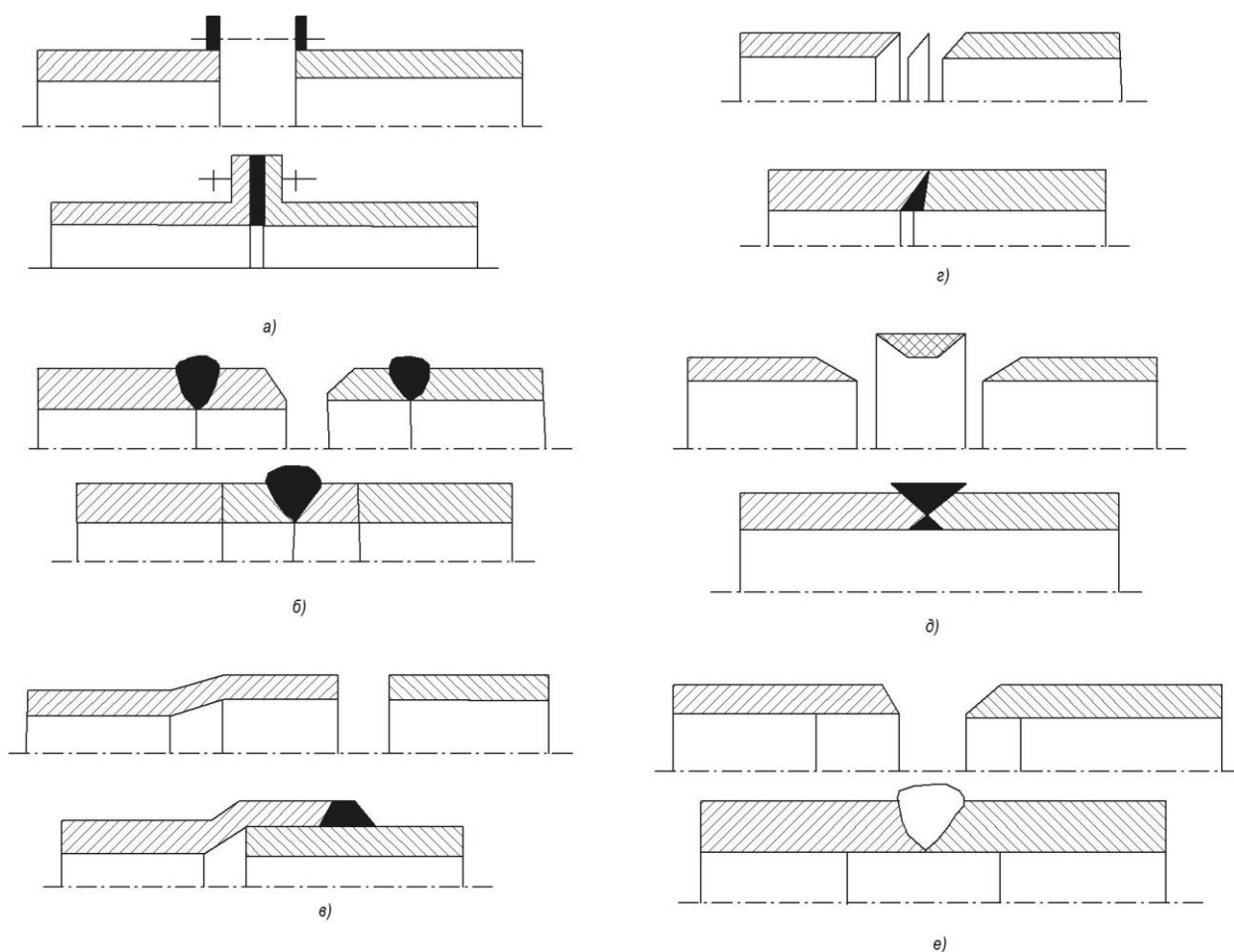
Система пожаротушения на вертикальных резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов обеспечивает подачу пены сверху на поверхность нефти и нефтепродукта.

1.1 Физико-химические процессы в эмали при сварке сталей с эмалированным покрытием

Наиболее эффективным способом соединения труб с эмалевым покрытием считается фланцевое, но применять его можно только для низконапорных трубопроводов, так как в противном случае плотность фланца будет недостаточной. На рисунке 1.1 приведены примеры способов соединений эмалированных труб [3] .

Помимо определенных достоинств (надежности и простоты соединения), данным способам присущи и недостатки, так, например,

увеличение производственных площадей (см. рисунок 1.1, в—е), необходимость в специальных электродах (см. рисунок 1, б) и установке (см. рисунок 1.1, г), а соединение с защитными наплавками применяют только для трубопроводов с большими диаметрами.

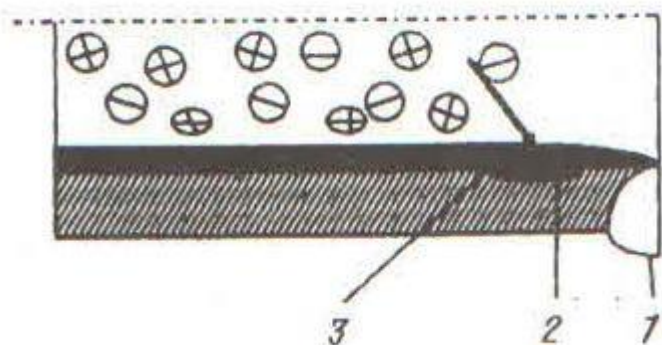


а – фланцевое; б – сварное; в – с применением коррозионно-стойких колец; г – резьбовое; д – с предварительно высаженным раструбом; е – с защитными наплавками

Рисунок 1.1 - Соединение эмалированных трубопроводов

При сварке эмаль подвергается температурному воздействию дуги (5000—7000 °С), вследствие чего она выгорает и испаряется. В околошовном участке изменение эмали зависит от максимальной температуры сварочной ванны (1300—1500 °С). После сварки структура металла в ЗТВ неоднородна, вследствие чего изменяются условия протекания взаимодействия между металлом и расплавленной эмалью, а также условия образования прочной связи эмали с металлом. После затвердения в покрытии могут возникнуть поры, пузыри, макро-, микротрещины и т. п. [4,5].

Нефтяные и газовые трубопроводы работают в жестких коррозионно-агрессивных средах, содержащих кислые газы, активные ионы, примеси и др. На рисунке 1.2 показан механизм коррозионного разрушения эмали в ЗТВ. В процессе работы трубопроводов в местах дефекта эмали в результате электрохимической реакции образуется постоянно растущая коррозионная зона. В последствие наступает отслоение эмали от поверхности трубы, в результате коррозионное разрушение ускоряется.



1-сварное соединение; 2-зона коррозии; 3-поврежденная эмаль

Рисунок 1.2 - Механизм коррозионного разрушения сварного соединения эмалированных труб.

Свариваемость конструкционной стали трубы оценивают общепринятыми показателями, а именно стойкостью против образования

холодных и горячих трещин, показателем склонности к хрупкому разрушению при отрицательных температурах [4].

В понятие свариваемости эмалевого покрытия также необходимо включить не только его реакцию на термический цикл сварки, но и другие показатели: нарушение сплошности эмали в околошовном участке, отслоение эмали, нарушение ее коррозионной стойкости.

Для получения качественного покрытия в зоне шва и ЗТВ внутренней стороны сварных соединений при выборе сварочных материалов и режима сварки необходимо соблюдение двух основных условий:

1. Химико-металлургическое, заключающееся в обратном сочетании основности или кислотности эмали с покрытием электрода и обосновании выбора химического состава электрода, обеспечивающего его катодность по отношению к основному металлу и сопротивляемость образованию трещин.

2. Физико-механическое и технологическое, заключающееся в обеспечении заданного равновесия сил (давления дуги, массы расплавляемых металлов, покрытия и их поверхностного натяжения) при формировании корня шва и технологических факторов (диаметра электрода, режима сварки, техники сварки).

1.2 Технологии сварки труб с эмалевым покрытием

На рисунке 1.9. приведены варианты технологий сварки труб с эмалированным покрытием [3] применяемые в промышленности.

Вариант 1 (рисунок 1.9, а) — перед сваркой на торцы труб с эмалевым покрытием наносят фритту толщиной слоя 3...6 мм (в зависимости от толщины стенки трубы и ее диаметра), которую перед сваркой высушивают на воздухе либо газопламенным подогревом наружной стенки трубы до температуры не превышающей 50...70 °С. После этого производят сварку обычными углеродистыми электродами. Качественное шлакоэмалевое покрытие получается при сварке без зазора или с зазором меньше 0,5 мм.

На втулку с внешней стороны наносят клей и закрепляют в торец трубы, следом на внутреннюю поверхность трубы и втулки наносят фритту. Трубу с втулками на торцах подготовленную таким образом нагревают до температуры в пределах 850...950 °С в зависимости от состава фритты.

Чтобы улучшить качество корневого шва преимущественно при нанесении фритты оставлять торец втулки свободным от эмали на 3...5 мм.

Сварку корневого шва труб, при которой сваривают и торцы втулок, можно выполнять ручной дуговой сваркой коррозионно-стойкими электродами, аргонодуговым способом неплавящимся электродом, механизированной сваркой в защитных газах. Выбор способа дуговой сварки определяется экономическими показателями и условиями эксплуатации трубопроводов.

Выбор варианта сварки труб с эмалевым покрытием зависит от множества факторов, основными из которых являются коррозионная устойчивость и экономическая эффективность.

Вариант 1 самый дешевый, подходит для любой технологической среды, в которой работают эмалированные трубы, но к квалификации и мастерству сварщиков предъявляют очень высокие требования: сварку выполняют по специально разработанной технологии.

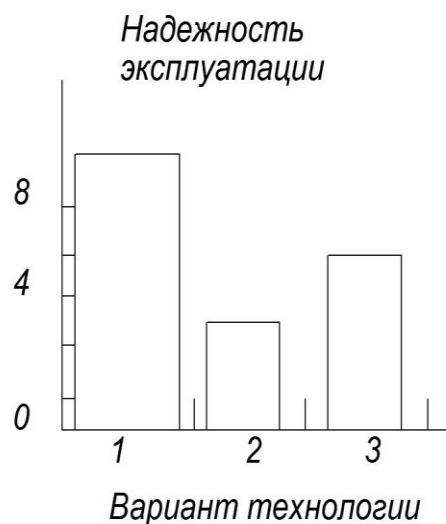
При варианте 2 к сварщикам не предъявляют специальные требования. Для того чтобы меньше разрушалась эмаль ЗТВ, сварку выполняют при минимальном токе. Вариант применим для средне агрессивных сред с показателем $pH=2...12$ при использовании высоколегированных электродов, а также для среды с хлором и без него.

3 Вариант позволяет получать очень надежное сварное соединение. В связи с высокой коррозионной стойкостью сплава манжеты этот способ можно применять для сильно агрессивных сред, а также для среды с хлором и без него.

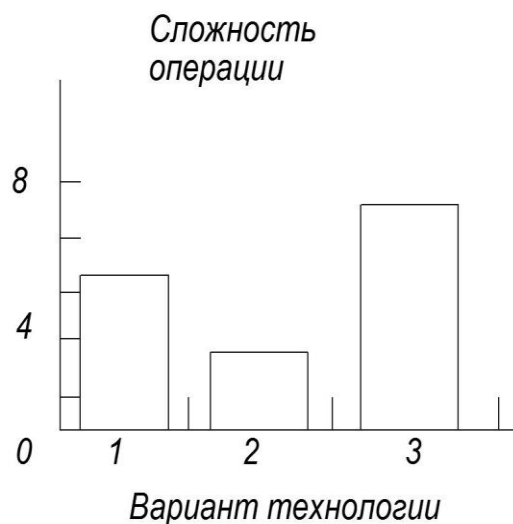
На рисунок 1.10 приведено графическое сравнение разработанных способов с точки зрения надежности, сложности операций, требований к квалификации сварщиков, экономичности.

Несмотря на выбираемый вариант сварки, процесс проводят при минимальном токе, что уменьшает разрушение эмалевого покрытия. По мнению ряда исследователей [7] обеспечить приемлемые тепловые условия в сварном соединении без ущерба для его качества можно путем использования пульсирующих термических циклов по типу приведенных в работе [9]. Такие условия нагрева и охлаждения могут обеспечить импульсно-дуговая сварка [9,10] дугой постоянной мощности с колебаниями электрода [11] и сварка многослойными швами [12].

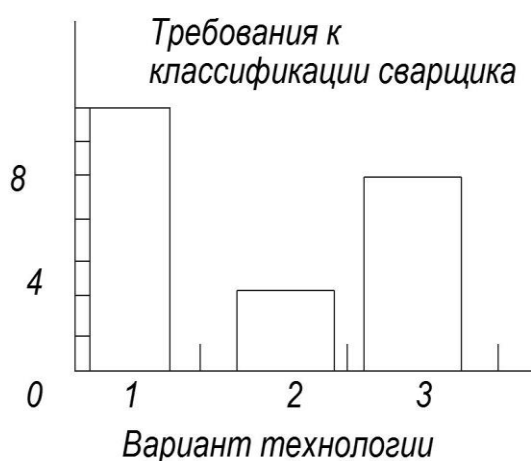
Результаты экспериментов, выполненных на плоских образцах толщиной 3...5мм и образцах труб диаметром 57...325мм с толщиной стенки 4...10мм, показали, что выбранный способ сварки обеспечивает гарантированное остеклование эмали и ее сплавление с защитным слоем, нанесенным и остеклованным ранее. При этом слой эмали, как утверждают авторы, не содержал дефектов и трещин.



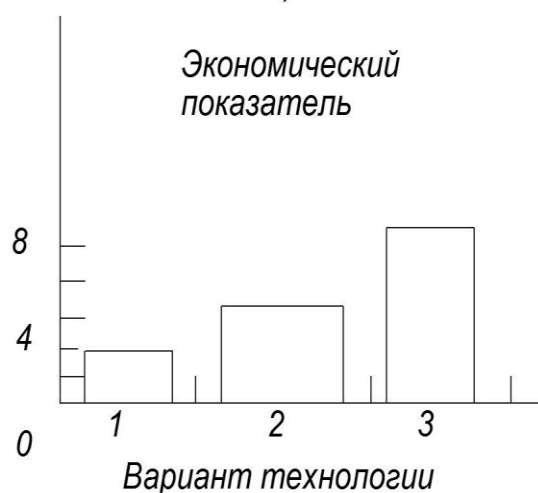
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.10 - Оценка вариантов технологии сварки по надежности в эксплуатации (а), сложности операции (б), классификации сварщика (в), и экономичности (г).

Несмотря на преимущества последнего способа, управление качеством эмалевого покрытия остается не стабильным. Поэтому предлагается кардинально изменить тепловые условия сварки, а точнее уменьшить температуру сварки до температуры выгорания эмали. Для этого необходимо заменить стальную основу шва на сплавы цветных металлов с более низкой температурой плавления [13]. Из конструкционных цветных металлов наиболее подходящими медь и медные сплавы.

1.3 Перспективы применения меди и медных сплавов для сварки стальных труб с эмалированным покрытием

Медь по своему объему применения уступает только алюминию из цветных металлов. Температура плавления меди намного ниже температуры плавления железа и составляет $1084,5^{\circ}\text{C}$, что является ее преимуществом при применении в качестве присадочного материала при сварке сталей с эмалевым покрытием. Кроме того, медь является малоактивным металлом, что определяет ее высокую коррозионную стойкость в атмосферных условиях.

Диаграмма состояния бинарной системы железо-медь показывает, что медь растворяет железо в следующих количествах: при температуре 1094°C – 4%, при температуре 750°C – 0,4%; при температуре 650°C – 0,2%. С дальнейшим понижением температуры растворимость железа в меди изменяется незначительно. При этом железо с медью не образует интерметаллидных фаз. При комнатной температуре в равновесном состоянии система железо-медь представляет собой: твердый раствор железа (α) при содержании меди до 0,3%, твердый раствор железа в меди (ϵ) при содержании железа менее 0,2% или смесь твердых растворов $\alpha+\epsilon$ [16-19].

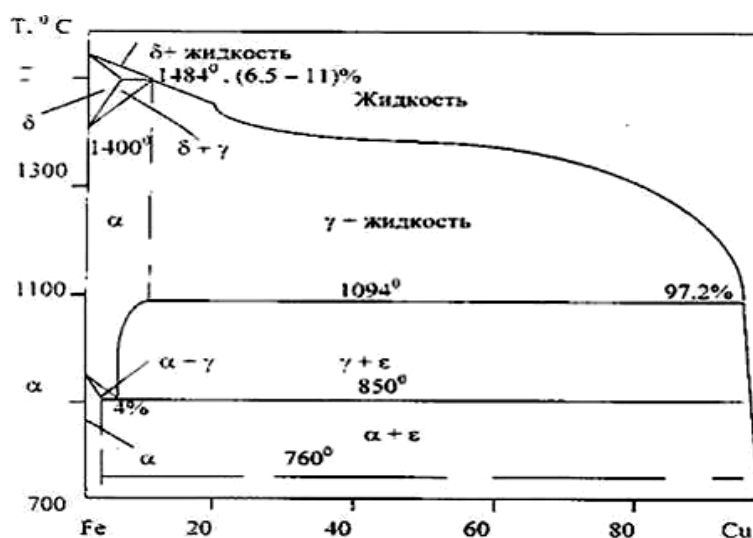


Рисунок 1.11 - Диаграмма состояния железо-медь

С другой стороны, важное значение имеют механические и эксплуатационные свойства вводимого металла, которые должны быть схожи со свойствами основного металла.

Медь обладает высокими пластическими и удовлетворительными прочностными характеристиками, сравнимыми со свойствами покрытой стали. Кроме того, медь, характеризуется значительной коррозионной стойкостью, что позволит отказаться от трудоемкого процесса восстановления покрытия в зоне сварки.

Легирование железом способствует измельчению структуры меди, что повышает её прочностные свойства [20].

Основным легирующим элементом для медных сплавов является железо. Поэтому применение присадочных материалов на основе меди не должно приводить к высокому снижению технологических и механических свойств сварного соединения при сварке трубопроводов с эмалированным покрытием.

В применяемых промышленностью медных сплавах максимальное содержание железа составляет около 4%.

Из чего следует, что задачами бакалаврской работы являются:

1. Разработка методики исследования и проведения исследования процессов сварки эмалированных труб с применением присадочных материалов из меди и медных сплавов;
2. Проведение исследования процессов сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием
3. Разработка технологии сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием;
4. Анализ опасных и вредных факторов при сварке труб с эмалевым покрытием и разработка мероприятий по их снижению;
5. Расчет экономической эффективности применения цветных металлов в качестве присадочных материалов при сварке труб с эмалевым покрытием.

2. Методика исследования процессов сварки труб с эмалевым покрытием

2.1. Исследование процессов сварки стали с эмалевым покрытием

Сварка проводилась на специально разработанной установке. Установка для исследования процесса сварки элементов трубопровода предназначена для исследования влияния режимов аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и механизированной сварки в инертных защитных газах плавящимся электродом труб с различного рода присадочными проволоками на химический состав и структуру сварного соединения. Установка обладает следующими техническими характеристиками:

- Применяемые способы сварки механизированная/аргонодуговая;
- Диаметры сварных образцов 10-300мм;
- Диапазон частоты вращения об/мин 1,25-25 об/мин
- Высота подъема горелки 0-200мм;
- Перемещение горелки вдоль образца 300мм;
- Напряжение питания 220 В.

Установка (рисунок 2.1) состоит из основания 1, двигателя постоянного тока 2, планшайбы 3, блока питания 4, держателя горелки 5, зубчатой передачи 6, источник питания 7, сварочная горелка 8.

Установка устроена таким образом, что на основании 1 жестко закреплены двигатель постоянного тока 2, блок питания 4, основание держателя горелки 5, в которой закреплена горелка 8. На валу двигателя постоянного тока 2 жестко закреплена малая шестерня зубчатой передачи 6. Большая шестерня зубчатой передачи 6 жестко закреплена на планшайбе 3. Планшайба 3 с большой шестерней зубчатой передачи 6 установлена на основание через элемент, обеспечивающий свободное вращение последней. Большая и малая шестерни зубчатой передачи 6 находятся в зацеплении. Блок питания 4 соединен с двигателем постоянного тока 2 и источником питания 7 электрически.



Рисунок 2.1 - Установка для полуавтоматической сварки в среде защитных газов

Установка работает следующим образом. В планшайбу 3 устанавливается собранный стык трубопровода. Горелка сварочного аппарата 8 посредством держателя горелки 5 выставляется под требуемым углом точно по оси стыка, так как установка предусматривает выполнение сварки ниточным швом без колебаний. Далее по соотношению требуемой скорости вращения (скорости сварки) выставляется напряжение блока питания 4 при помощи источника питания 7, после чего он подключается к двигателю постоянного тока 2. Последний приводит в движение планшайбу 3 с зажатым сварным образцом посредством зубчатой передачи 6.

Основание выполнено из уголков 15x15мм. Вертикальная стенка выполнена из листа толщиной 6 мм. В ней предварительно вырезаны крепежные отверстия под двигатель с редуктором и корпус подшипника, а также для вала редуктора и подшипникового узла.

Для регулировки скорости перемещения каретки электродвигатель запитан от регулируемого источника питания НУ3005 (рисунок 2.2). Он является настольным регулируемым стабилизированным источником питания постоянного тока. Уровень стабилизированного постоянного выходного напряжения и величина ограничения выходного тока имеют возможность плавной регулировки вращением регуляторов на передней панели.



Рисунок 2.2 - Источник питания НУ3005

Держатель горелки выполнен из профиля квадратного сечения 15x15 мм с возможностью подъема горелки на от 0 до 200 мм и перемещения горелки вдоль сварного образца на расстояние до 300мм. Зажим держателя горелки универсальный и подходит как для механизированной, так и для аргонодуговой сварки.

Зубчатая передача с передаточным числом 9/111.

Для проведения сварочных работ применяли полуавтомат «MIGATRONIC BDH PS – 550» (рисунок 2.3, таблица 2.1)



Рисунок 2.3. - Полуавтомат «MIGATRONIC BDH PS – 550»

Таблица 2.1 - Технические характеристики полуавтомата «MIGATRONIC BDH PS – 550»

Напряжение питания	380В, 50Гц
Максимальная потребляемая мощность, КВА	12,5
Диапазон регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/мин	1,5..14 ±10%
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8...1,4
Максимальный сварочный ток при ПВ=45%, А	400
Диапазон регулирования сварочного тока, А	5...550
Максимальный вес комплектованного полуавтомата (без проволоки), кг	160
Габаритные размеры, мм (не более)	500x950x1600

Для исследования процессов сварки использовали заготовки труб диаметром 159 мм и толщиной 4 мм с силикатно-эмалевым покрытием (рисунок 2.4). Сборку труб проводили во вращателе в соответствии с ГОСТ16038-80. Тип соединения в соответствии с указанным ГОСТом С17.



Рисунок 2.4 - Труба из стали с эмалевым покрытием

После сварки при использовании электродной проволоки Св-08Г2С возникает необходимость нанесения покрытия на зону сварного соединения для придания ему необходимых эксплуатационных свойств, что в данном случае практически невозможно реализовать с обратной стороны сварного соединения.

Сварку проводили с применением электродной проволоки на основе меди и медных сплавов.

С целью сравнения производили сварку образцов проволокой Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70, с сечением 1,2 мм. Напряжение на дуге изменялось в пределах 21...26 В, скорость сварки варьировалась в пределах 0,20...0,25 м/мин, а скорость подачи проволоки оставалась постоянной и составляла 3,00 м/мин.

Сварка с присадочной проволокой из меди М1 по ГОСТ 859-78 (таблица 2.2), диаметром 0,85 мм, проводилась в среде аргона на постоянном токе обратной полярности: изменение напряжения производилось в пределах 21...26 В, скорость сварки изменялась в пределах 0,20...0,25 м/мин, скорость подачи проволоки составляла 3,00 м/мин и оставалась постоянной.

Таблица 2.2 - Химический состав проволоки М1, %

Медь, не менее	Примесей, не более					
	висмут	сурьма	мышьяк	железо	никель	свинец
99,90	0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,005

Сварка с электродной проволокой CuSi3 (таблица 2.3), диаметром 1 мм, так же как и проволокой М1, проводилась в среде аргона на постоянном токе обратной полярности: напряжение изменялось в пределах 20...27 В, скорость сварки в пределах 0,20...0,30 м/мин, скорость подачи проволоки оставалась постоянной и составляла 3,00 м/мин.

Таблица 2.3 - Химический состав проволоки CuSi3, %

Al	Cu	Mn	Mg	Si	Sn
	≥ 95	≤ 1,0	4,5-5,5	≤ 3,0	≤ 0,2

Сварка Электродной проволокой на основе марганцовистой бронзы Dt 2.1367 выполняли на постоянном токе обратной полярности при напряжении 18...21В, а скорость подачи проволоки составляла 3,7...4,2м/мин

Таблица 2.4 - Химический анализ проволоки, %:

Cu	Al	Mn	Fe	Ni
основа	7,5	13	2,5	2,2

Таблица 2.5 - Механические свойства:

Предел текучести	Rp	> 400	N/мм2
Предел прочности	Rm:	> 650	N/мм2
Относительное удл.	A5:	> 10	%
Твердость	HB:	290	Brinell

Для исследования физико-химических процессов при взаимодействии расплавленного металла шва и эмалевого покрытия из трубы с покрытием вырезали образцы и со стороны эмали проводили наплавку с гарантированным натеканием расплава на эмаль (рисунок 2.5).

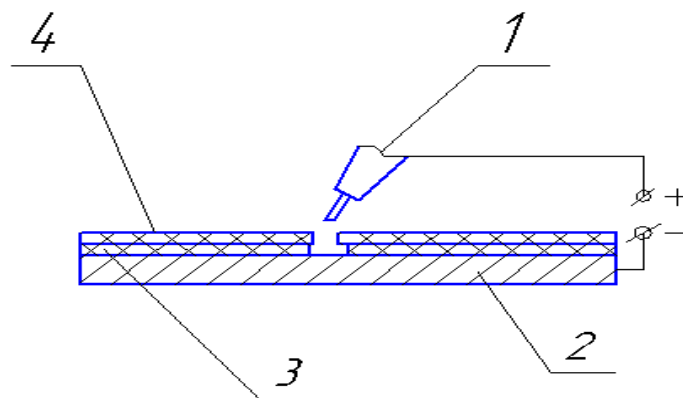


Рисунок 2.5 - Схема наплавки где: 1- сварочная горелка; 2 - основной металл, 3 - эмалевое покрытие, 4 – слой флюса

2.2. Определение механических свойств сварного соединения

Механические свойства сварного соединения определялись испытаниями на статическое растяжение и статический изгиб в соответствии с ГОСТ 6996-66. Испытания проводились на вырезанных из труб плоских образцах.

Испытания на статическое растяжение проводились на разрывной машине WAW-1000 (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 - Универсальная испытательная машина WAW-1000

Были определены следующие характеристики механических свойств при испытаниях сварных соединений на статическое растяжение и изгиб:

- временное сопротивление разрыву σ_b , МПа (кгс/мм²);
- относительное удлинение δ_5 , %;
- угол изгиба сварного соединения до разрушения α , (градусы)

Испытания проводились на трех образцах трех типов (рисунок 2.7): образцы без снятого усиления, образцы со снятым усилением и образцы с U-образной выточкой. Размер поперечного сечения образца измерялся при помощи микрометра с погрешностью до 0,01 мм. Длина образца измерялась с погрешностью до 0,1 мм. Расчетная длина с погрешностью до 1% ограничивалась на рабочей длине образца рисками с помощью штангенциркуля и разметочного приспособления. Измерения проводились в трех местах: в средней части и на границе рабочей толщины образца.



Рисунок 2.7 – Три типа образцов для испытаний на статическое растяжение

Проведенные испытания на статический изгиб позволяют определить способность соединения принимать заданный по размеру и форме изгиб. Эта способность характеризуется углом загиба α , при котором в растянутой зоне образца образуется первая трещина, развивающаяся в процессе испытания. Если длина трещин, возникающих в процессе испытания в растянутой зоне образца, не превышает 20% его ширины, но не более 5 мм, то они не являются браковочными признаком.

Определяют также место образования трещины или разрушения (металлу шва, металлу околошовной зоны или основному металлу). Трещин не образовалось при угле загиба 150° (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 - Образцы после испытаний сварных соединений на статический изгиб

Твердость металла сварного соединения определялась с помощью ультразвукового твердомера МЕТ-41 методом измерения по Бринеллю. Измерения проводили в трех зонах сварного соединения: металле шва, зоне термического влияния и основном металле.

Микротвердость металла шва определялась при помощи микротвердомера ПМТ-3 по сечению шва через 0,5 мм.

По предварительным экспериментам выяснили, что сварка электродной проволокой на основе марганцовистой бронзы происходит без образования обратного валика (рисунок 2.9) поэтому было решено применить широко известные флюсы для пайки составы которых представлены в таблице 2.6.



Рисунок 2.9 – Образец сварного соединения трубы с силикатно-эмалевым покрытием без образования обратного валика

Таблица 2.6 – Составы флюсов

Наименование элемента	Флюс №1	Флюс №2	Флюс №3
KBF ₄	-	30-34г	-
B ₂ O ₃	-	16-19г	33-14г
KCl	-	9-11г	15-17г
LiCl	-	16-21г	-
SnCl ₂	-	20-24г	8-10г
Na ₂ B ₄ O ₇	7-12г	-	9-12г
NaCl	4-6г	-	15-17г
BaCl ₂	-	-	10-15г
CuCl	-	-	2-5г
NaF	-	-	8-10г
H ₃ BO ₃	25-35г	-	-
KF	15-25г	-	-
Na ₂ CO ₃	4-6г	-	-
CaF ₂	16г	-	-

2.3. Определение химического состава сварного шва

Для изучения структуры и элементного состава металла зон сварного соединения применялся метод растровой электронной микроскопии (РЭМ), который основан на регистрации различных типов сигналов, генерируемых в образце при сканировании его поверхности сфокусированным электронным зондом.

Исследования проводились в условиях ОАО «АВТОВАЗ» на комплексе, состоящем из автоэмиссионного растрового микроскопа сверхвысокого разрешения Zeiss SUPRA 55VP в комплекте с энергодисперсионным спектрометром Inca Energy 350, волновым спектрометром Inca Wave 500 и системой регистрации и анализа дифракции отраженных электронов HKL EBSD Premium System.

Образцы для исследований представляли собой шлифованные поверхности поперечного сечения металла сварного соединения на пластине из стали.

Последовательность проведения измерений была подобной для всех образцов.

На первом этапе регистрировались изображения исследуемой поверхности во вторичных электронах при небольших увеличениях с тем, чтобы определить особенности структурных изменений металла шва по его толщине от корня шва до наружной поверхности.

Далее как в целом на больших участках поверхности металла шва, так и на её локальных участках проводилось определение элементного состава покрытия (рисунок 2.10). Одновременный анализ элементного состава и дифракционной картины одного и того же участка поверхности позволяет более достоверно определить принадлежность какого-либо выделения к определённому классу веществ.

Электронное изображение 3

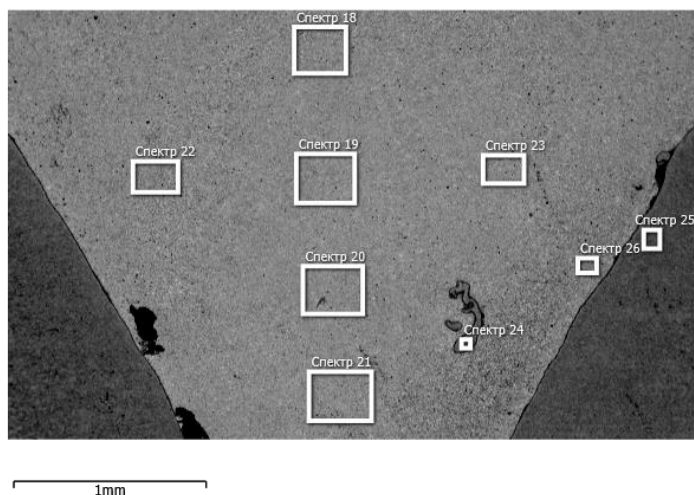
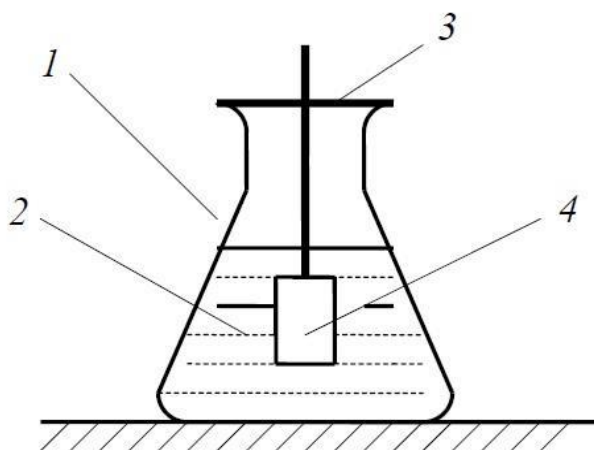


Рисунок 2.10 - Схема отбора мест проб для определения химического состава

2.4. Исследование коррозионной стойкости сварных соединений

Коррозионную стойкость металлов или сплавов определяют весовым методом. Для оценки коррозионной стойкости изготавливались однотипные образцы из сварных соединений труб с эмалевым покрытием, которые предварительно взвешивали на лабораторных весах ВМ-313 ОКБ «Веста». Исследования проводили в кислой (0,1% HCl), нейтральной (3% NaCl) водной (100% H₂O) средах и 20% раствор пенообразователя ПО-6ТС-М.



1 – стеклянная колба для раствора; 2 – раствор для испытаний;
3 – крышка; 4 – образец

Рисунок 2.11 – Химическая ячейка для определения коррозии металлов в щелочных и нейтральных средах

При подготовке образцов на непокрытые части наносили слой шликера и отверждали в печах сопротивления при температуре 800⁰С. Металл шва и околошовной зоны при этом оставался открытым. Такая подготовка образцов обеспечивает объективную сравнительную оценку коррозионной стойкости различных вариантов сварных соединений. Образцы погружали в колбы с растворами кислот (рисунок 2.11) и выдерживали в течении заданного времени, извлекали, промывали водой (дистиллированной), сушили на воздухе в течение 5...10 мин и проводили повторные взвешивания на лабораторных весах. Периодический отбор образцов производился через 250 часов. При оценке коррозионной стойкости сравнивалась потеря веса образцов.

3 Исследование процессов сварки стали с эмалевым покрытием

3.1 Исследование процессов сварки труб с эмалевым покрытием

Целью исследований являлось определение режимов механизированной сварки труб с эмалевым покрытием с применением электродной проволоки из меди и медных сплавов. Проведенные исследования показали, что удовлетворительное качество сварных соединений с применением электродной проволоки на основе марганцовистой бронзы по результатам визуально-измерительного контроля было достигнуто при напряжении от 18...21В на постоянном токе обратной полярности, скорости подачи проволоки 3,7...4,2м/мин и скорости сварки 0,2...0,4м/мин. Однако сварное соединение получалось без образования обратного валика (рисунок 2.9). Поэтому было решено применить известные флюсы для пайки состав которых представлен в таблице 2.6. Для выбора флюса провели серию экспериментов на растекание: взяли четыре одинаковые стальные пластины, три пластины покрыли тремя разновидностями флюсов (флюс №1 для высокотемпературной пайки стали с медью, флюс №2 для высокотемпературной пайки меди и ее сплавов и флюс №3 для высокотемпературной пайки меди) и одну без флюса для сравнения. На эти пластины наплавляли валики проволокой Dt 2-1367 с одинаковыми скоростями сварки и подачи проволоки, и напряжением. Затем сравнили ширину и качество наплавленных валиков. По полученным данным оказалось что наиболее подходящий флюс №1 для высокотемпературной пайки стали с медью, валик ровный с шириной 16мм (рисунок 3.1).

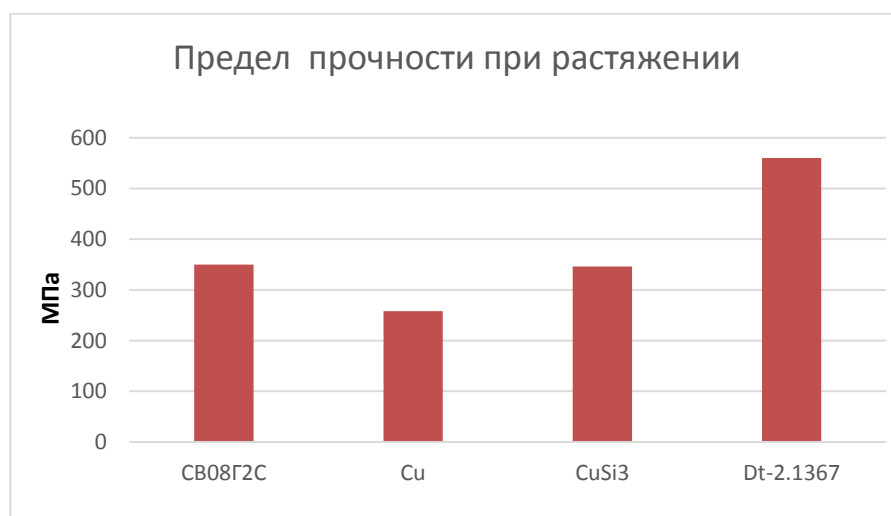


1 – образец без флюса; 2 – образец с флюсом №1;
 3 – образец с флюсом №2; 4 – образец с флюсом №3
 Рисунок 3.1 – образцы наплавки для выбора флюсов

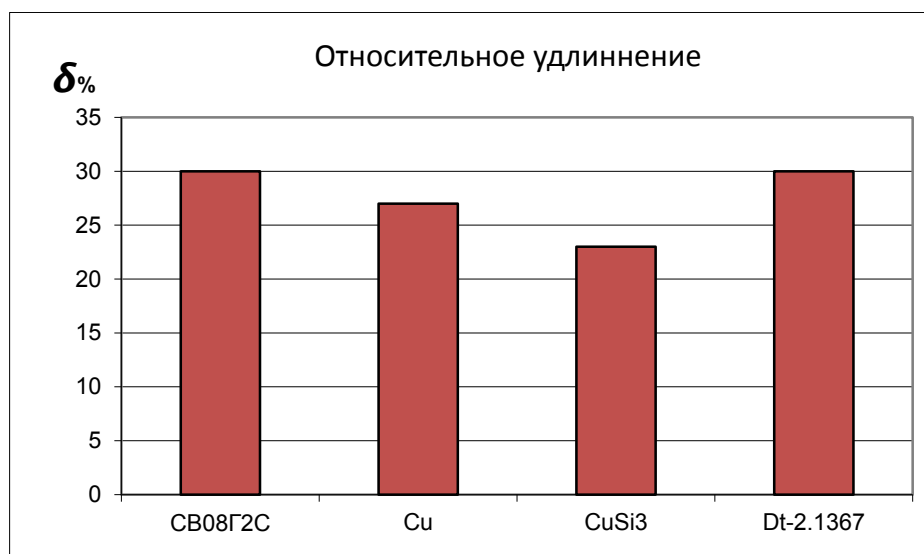
3.2 Испытания механических свойств сварных соединений

Исследования процессов сварки сталей с эмалевым покрытием с применением присадочных материалов из цветных металлов показали, что прочность сварных соединений с применением медной проволоки находилась в пределах 250 МПа, а пластичность на уровне 27% (рисунок 3.2). Повышение прочности и снижение пластичности металла шва по сравнению с медью связано с легированием железом в процессе сварки. При этом прочность металла шва при использовании стальной проволоки Св08Г2С составили 300...400 МПа. Пластичность при использовании проволоки Св-08Г2С доходила до 30%. Использование проволоки из кремнистой бронзы повысило прочность при растяжении до 350 МПа, однако относительное удлинение не превышало 23%. Сварное соединение, проволокой из марганцовистой бронзы, с прочностью при растяжении более 560 МПа и относительном удлинении 30% показала наилучшие механические

характеристики Исследования твердости металла шва представлены на рисунке 3.3.



а)



б)

а) предел прочности при растяжении; б) относительное удлинение

Рисунок 3.2 - Механические свойства сварных соединений труб с эмалевым покрытием

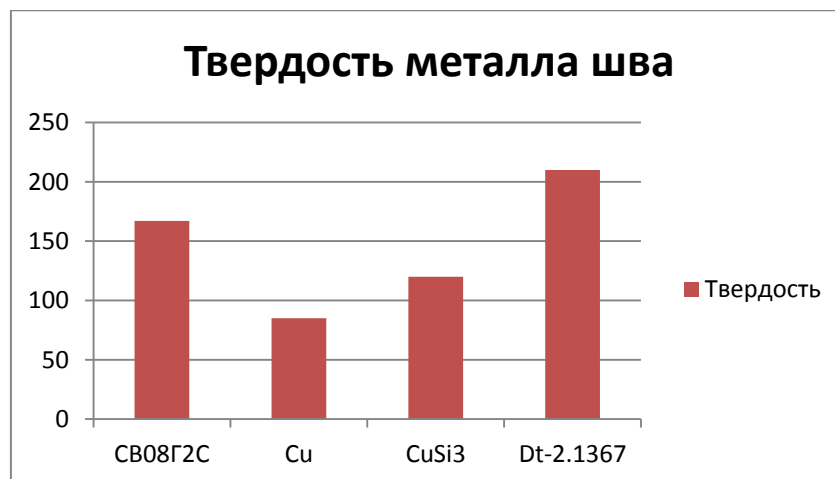


Рисунок 3.3 - Твердость металла шва при сварке труб с эмалевым покрытием

3.3 Исследования структуры и химического состава металла шва

Структура и химический состав металла шва будут определяться химическим составом электродной проволоки используемой при сварке труб с эмалевым покрытием.

При использовании электродной проволоки СВ08Г2С формируется феррито-перлитная структура металла шва (рисунок 3.4). Структура шва литая, столбчатая. Направление зерен перпендикулярно линии теплоотвода. Размер зерен уменьшается по направлению к линии сплавления. Средний размер зерен 0,1х0,5мм. Содержание железа в металле шва изменяется в пределах 97,25-97,64%, кремния 0,74-0,85%, марганца 1,43-1,73%. В составе металла шва, кроме того, присутствует метами медь до 0,42%. Причина наличия меди – использование омедненной электродной проволоки.

На границе контакта эмалевого покрытия с металлом сварочной ванны покрытие оплавляется. В покрытии видны поры и трещины, появившиеся в результате теплового воздействия на эмалевое покрытие (рисунок 3.4). Значительного химического взаимодействия между эмалью и расплавленным металлом не отмечается. В составе покрытия появляются включения оксидов железа.

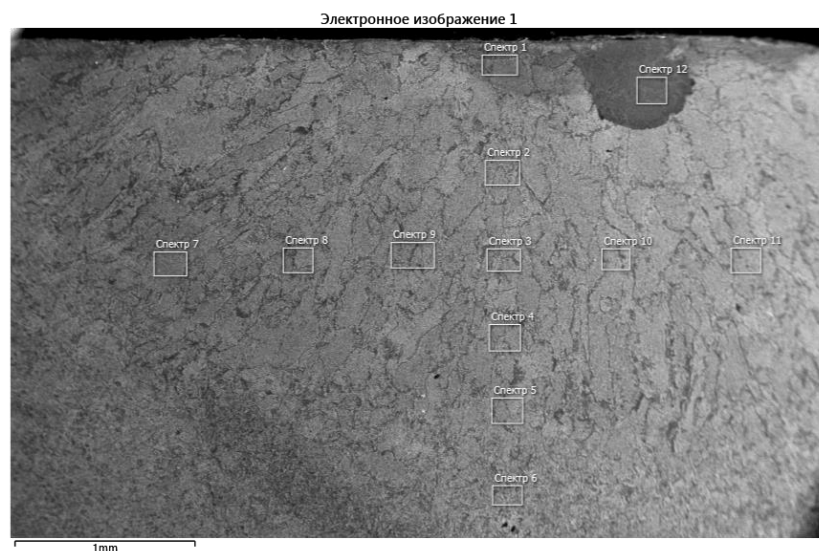


Рисунок 3.4 - Структура состав металла шва при использовании электродной проволоки Св08Г2С

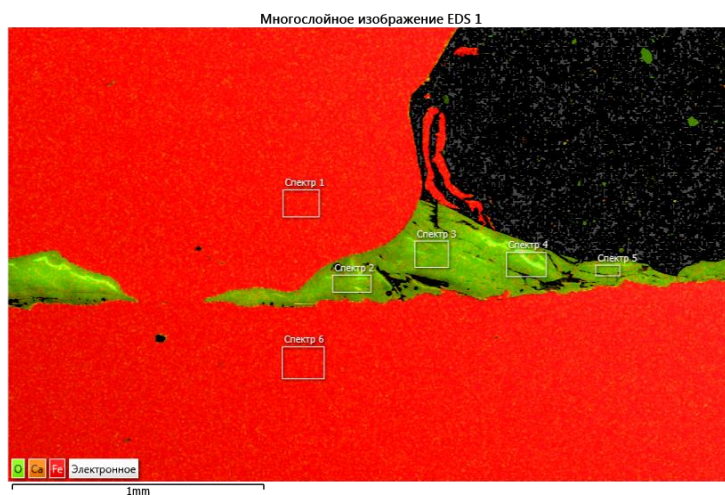


Рисунок 3.5 - Граница взаимодействия расплавленного металла и эмалевого покрытия при использовании электродной проволоки Св08Г2С

Медь – значительно отличается по температуре плавления от железа. Медь и медные сплавы отличаются неплохой коррозионной стойкостью. Медь очень устойчива по отношению к щелочам. В растворах, щелочей на ее поверхности образуются пленки гидратированных оксидов меди, плохо

растворимых в щелочах и защищающих металл от дальнейшего действия щелочи, поэтому предполагается успешная работа меди в контакте с пенообразователем.

Применение электродной проволоки на основе меди формирует двухфазную структуру. Матрица при этом представлена ϵ -фазой. Являющейся твердым раствором железа в меди (рисунок 1.11, рисунок 3.6). Включения в матрице являются α -фазой (твердым раствором меди в железе). На поверхности металла шва сформирована практически однофазная структура не содержащая α -фазу в связи с повышенным содержанием в этих слоях меди. Металл шва насыщен газовыми порами, что является следствием повышенной склонности меди к растворению водорода.

В облицовочных слоях и заполнении содержание железа незначительное не выше 3,56% (рисунок 3.6). Содержание железа увеличивается по направлению от центра к линии сплавления и уменьшается от центра к поверхности. Содержание меди доходит до 98,18%. В корне шва содержание меди снижается, а содержание железа повышается до 20% (рисунок 3.7). В качестве примесей в металле шва наблюдаются алюминий, марганец, кремний.

Эмалевое покрытие практически не разрушается. Отсутствует оплавление покрытия (рисунок 3.7.). На карте распределения и в зоне термического влияния и на основном металле практически не изменяется цветовая гамма.

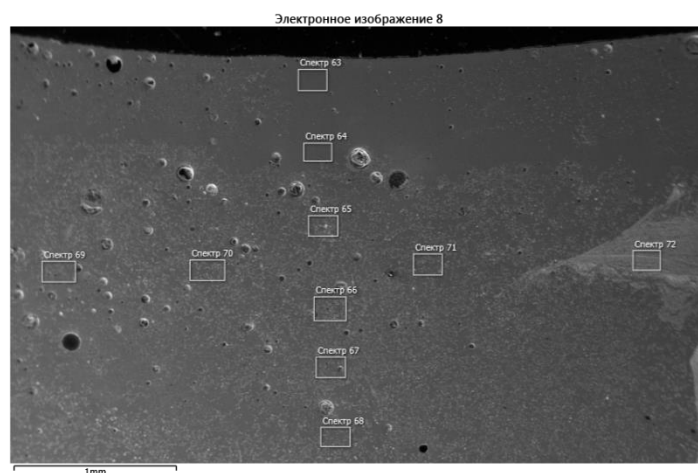


Рисунок 3.6 - Структура металла шва при использовании электродной проволоки М1 (облицовка и заполнение)

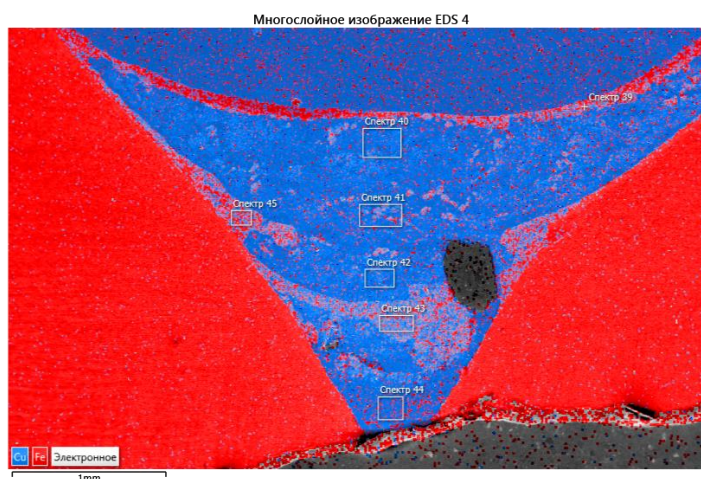


Рисунок 3.7 - Граница взаимодействия расплавленного металла и эмалевого покрытия при использовании электродной проволоки М1

Медь не отличается высокими механическими свойствами, легирование железом из основного металла при сварке повышает прочность медного шва. Применение медных сплавов при сварке эмалированных труб может положительно сказаться на комплексе механических свойств сварных соединений. В качестве электродной проволоки использовали проволоку

CuSi3, содержащую в среднем до 3% кремния и электродную проволоку Dt-2.1367 (CuMn13Al7), содержащую в среднем 13% марганца. Эти два типа проволок относятся к кремниевым и марганцовистым бронзам соответственно.

Кремний в кремниевых бронзах повышает механические свойства, снижает температуру плавления и повышает технологические свойства меди. Кремниевые бронзы хорошо паяются и свариваются. При сварке сталей с применением электродной проволоки из кремниевой бронзы формируется шов с характерными 2 областями. Облицовка и заполнение практически гомогенная по структуре, двухфазная. На основе медной матрице наблюдаются включения твердого раствора на основе железа. Корень шва

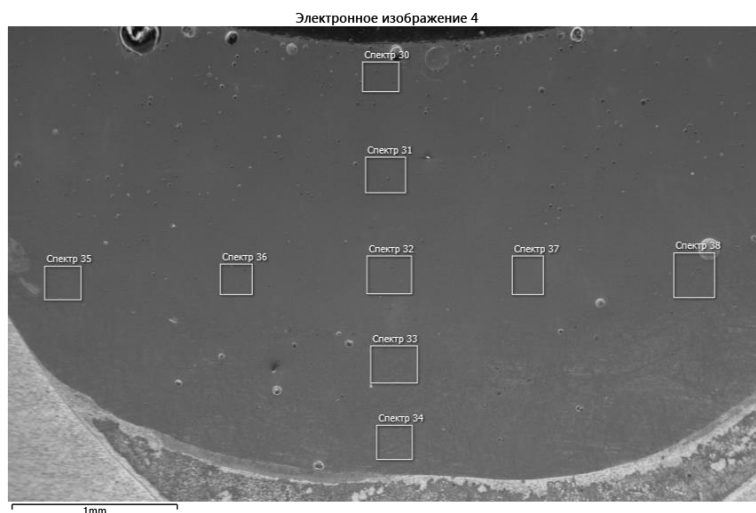


Рисунок 3.8 - Структура металла шва при использовании электродной проволоки CuSi3

менее гомогенен. Из-за короткого времени существования жидкой фазы в медной матрице встречаются крупные включения железной фазы, не растворившейся в меди. Кремний не образует отдельную фазу, а растворяется в меди (рисунок 3.8).

Содержание меди в металле шва при использовании проволоки из кремниевой бронзы находится в пределах 68,8-91,04%, железа – 5,06-28,5%. Распределение основных компонентов аналогично распределению при использовании медной электродной проволоки. В металле шва содержание кремния составляет 0,43-3,29%.

Кремний, несмотря на то, что он повышает прочность металла шва, он так же значительно уменьшает пластичность сварного соединения. Марганец повышает прочность металла шва практически не влияя на показатель пластичности сварного соединения. Сварка электродной проволокой из марганцовистой бронзы происходит при низких температурах в районе 800...1000 °С

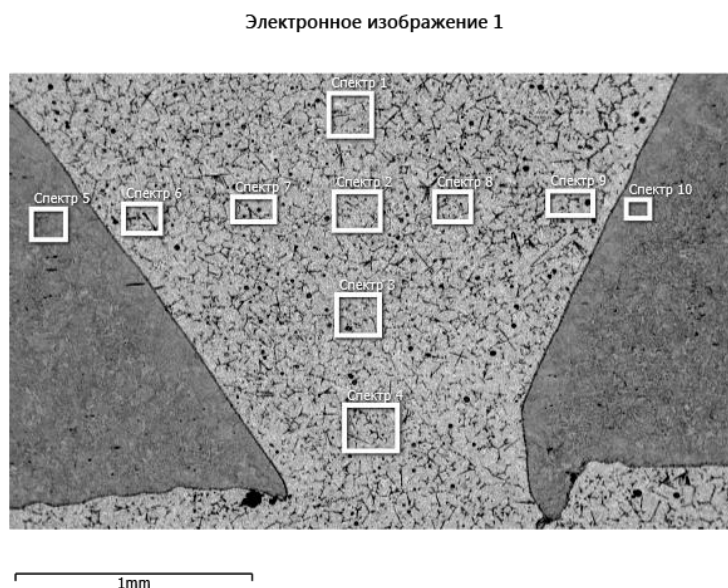


Рисунок 3.9 - Структура металла шва при использовании электродной проволоки Dt-2.1637

При сварке электродной проволокой из марганцовистой бронзы получается бездефектный и однородный шов. Благодаря низкой температуре сварки силикатно-эмалевое покрытие практически не разрушается, а содержание марганца в металле шва повышает прочность сварного

соединения. Благодаря нанесению водяного раствора флюса на торцы соединяемых труб улучшается растекание расплавленного металла в сварном соединении, а так обеспечивается натекание эмали на сварное соединение, что так же увеличивает коррозионную стойкость сварного соединения с внутренней стороны трубы (рисунок 3.10).

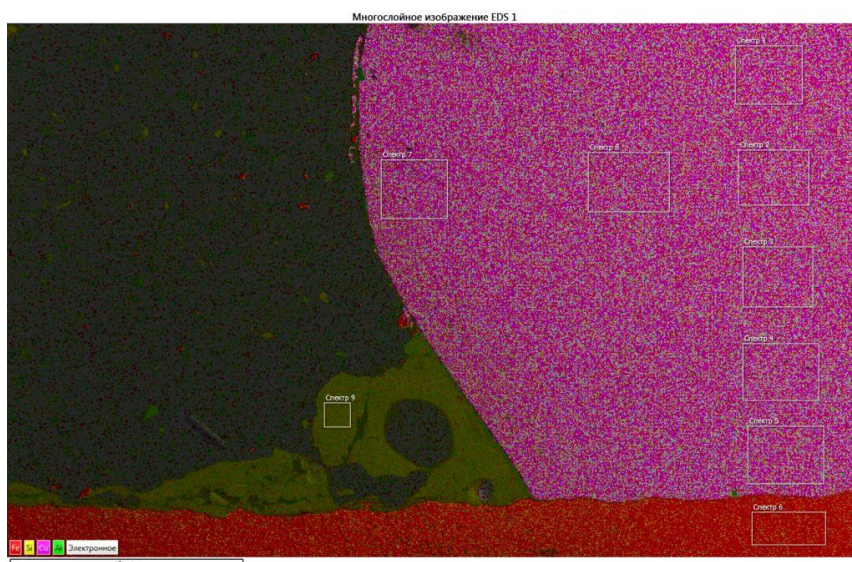


Рисунок 3.10 – Натекание силикатно-эмалевого покрытия на сварной шов

Проведенные исследования показали целесообразность применения для сварки труб с эмалевым покрытием электродной проволоки на основе марганцовистой бронзы. Исследования коррозионной стойкости сварных соединений с применением марганцовистой бронзы в растворе пенообразователя, а так же в кислой (0,1% HCl), нейтральной (3% NaCl) водной (100% H₂O) средах также подтвердили рациональность использования проволоки Dt 2-1367.

4. Технология сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием

Проведенные исследования показали возможность применения для сварки эмалевых труб присадочных материалов на основе меди и медных сплавов. Исходя из объема промышленного применения, механических и эксплуатационных свойств в качестве присадочного материала можно рекомендовать электродную проволоку Dt 2.1367.

Технология сварки труб состоит из следующих основных операций: очистка труб и деталей трубопровода; подготовка кромок; нанесение флюса с внутренней и внешней стороны трубы; просушка стыка; сборка труб и деталей трубопровода; соединение элементов трубопровода; контроль качества. Основным преимуществом предлагаемой технологии является отсутствие операции восстановления эмалевого покрытия на обратной стороне шва при высоких показателях коррозионной стойкости соединения.

4.1 Очистка труб и деталей трубопровода

В процессе сборки и сварки технологических трубопроводов с силикатно-эмалевым покрытием, необходимо в полной мере выполнять советы завода производителя данных труб, для чего в техкарты по сварке обязательно должны быть добавлены особые указания. При отсутствии специальных требований сварку следует выполнять в соответствии с требованиями РД.

Торцы труб предварительно должны быть очищены от загрязнений на расстоянии 50...100 мм от краев кромок, обезжирены с помощью ацетона либо спирта и просушены. Для очистки труб могут использоваться шлифовальные машинки, металлические щетки.

4.2. Подготовка кромок

Перед подготовкой кромок осматривается поверхность кромок труб и деталей трубопровода. В процессе подготовки труб и соединительных деталей к сборке необходимо производить подбор внутренних диаметров

стыкуемых труб таким образом, чтобы отклонения диаметров были минимальными.

Геометрические элементы и размеры подготавливаемых кромок свариваемых труб, фасонных деталей и сварных швов соответствовать схеме представленной на рисунке 4.1.

Фаски труб и соединительных деталей должны иметь угол скоса кромок $30^{+2,5}_{-0}$ и притупление, равное $2^{+0,5}_{-0}$ мм. Для подготовки кромок могут использоваться как ручные шлифовальные машинки, так и более сложное механизированное оборудование.

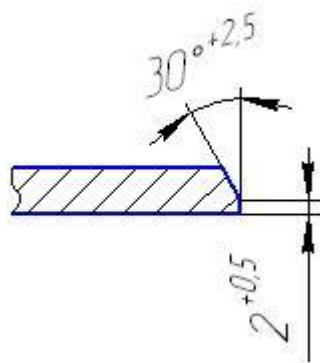


Рисунок 4.1 - Геометрические параметры кромок труб.

4.3 Нанесение флюса на торцы соединяемых труб

Нанесение водяного раствора флюса для улучшения растекания расплавленного металла в сварном соединении. Флюс наносится на торцы соединяемых труб с внутренней и внешней стороны трубы при помощи кисти на расстоянии 15...25 мм от торца трубы равномерным слоем. Высушить флюс газовой горелкой. Температура нагрева трубы не должна превышать 50...70 °C. Замер температуры проводить на расстоянии 60...75 мм от торца трубы, снятие показаний температуры проводить по периметру трубы не менее чем в четырех точках

4.4 Сборка труб и деталей трубопровода

В связи с механизированной сваркой с применением марганцовистой бронзы рекомендуется схема конструкции стыка представленной на рисунке 4.2.

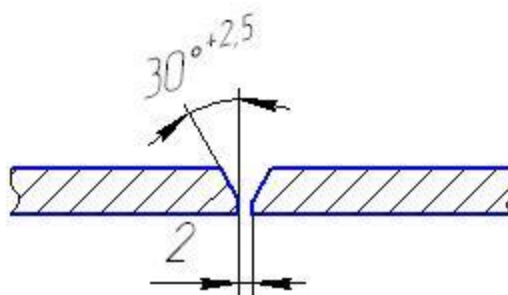


Рисунок 4.2 - Конструкция стыка при механизированной сварке труб с эмалевым покрытием присадочной проволокой на основе марганцовистой бронзы

Сборку труб проводят с использованием наружных центраторов.

Прихватки, предназначенные для соединения элементов трубопровода должны обеспечивать их крепление на период сварки стыка. Длина прихваток должна быть не менее 15...30 мм, а размеры катетов не должны превышать 2,5...3 мм. Должно быть не менее трех прихваток по периметру стыка. Поверхность сборочных прихваток должна быть тщательно очищена от шлака и подвергнута внешнему осмотру. Забракованные прихватки должны быть удалены абразивным инструментом и выполнены вновь.

Для установки прихваток используется основное сварочное оборудование: полуавтомат «MIGATRONIC BDH PS – 550».

В процессе сборки стыков должно быть исключено попадание влаги и других загрязнений в места сопряжения соединяемых элементов. Перед нанесением прихваток следует произвести предварительный подогрев до температуры $50^{+20^{\circ}}\text{C}$ во избежание повреждений внутреннего силикатно-эмалевого покрытия, нанесенного в заводских условиях.

4.5 Сварка стыков

При соединении трубопровода из стали с эмалевым покрытием зажигание (возбуждение) дуги следует выполнять в разделке кромок соединения или на ранее выполненной части шва. Запрещается возбуждать дугу и выводить кратер на основной металл за пределы шва.

Ожоги поверхности основного металла дугой не допускаются. В случае их появления они должны быть зачищены абразивным инструментом на глубину 0,3...0,5мм.

Каждый последующий валик (слои) многослойного шва следует выполнять после тщательной очистки предыдущего валика (слоя) от шлака и брызг металла. Участки шва с порами, трещинами и раковинами должны быть удалены до наложения последующих слоев.

Начало и конец швов надлежит выводить на наплавленный металл при условии тщательного заплавления кратера и последующей его зачистки абразивным инструментом.

Прожоги в процессе наложения первого слоя шва не допускаются.

Соединение труб имеющих силикатно-эмалевое покрытие производится выполнением соединения с регламентируемым непроваром корня шва и повышенным усилением наружного шва (выпуклость). Швы с повышенным усилением сварного шва должны выполняться с усиливающейся наплавкой высотой не менее 3 мм и шириной, равной не менее 2,5 толщин соединяемых труб (рисунок 4.4).

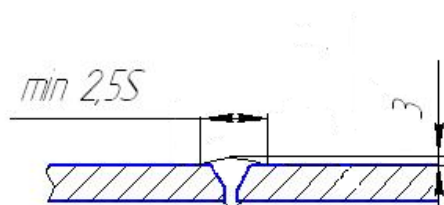


Рисунок 4.4 - Соединение при механизированной сварке труб с эмалевым покрытием электродной проволокой на основе марганцовистой бронзы Dt 2.1367.

По окончании процесса поверхности швов должны быть очищены от шлака и брызг.

Результаты усиления швов должны быть отмечены в исполнительной схеме с указанием их порядкового номера.

Увеличение геометрических размеров швов не является дефектом при условии обеспечения плавного перехода от оси шва к основному металлу.

Для сварки труб с эмалевым покрытием может успешно применяться полуавтомат «MIGATRONIC BDH PS – 550». В качестве присадочной проволоки рекомендуется использовать электродную проволоку из марганцовистой бронзы Dt 2.1367. Диаметр проволоки составляет 0,85...1,2 мм. Проведенные исследования позволили рекомендовать основные режимы сварки: напряжение 18...21В, постоянный ток обратной полярности, скорости подачи проволоки 3,7...4,2м/мин и скорости сварки 0,2...0,4м/мин.

Непосредственно после сварки следует очистить сварное соединение от остатков флюса, шлака и брызг металла для дальнейшего контроля качества сварного соединения

4.6. Контроль качества соединений

Все сварные соединения труб должны подвергаться контролю неразрушающими методами в объемах указанных в проектной документации. При сварке системы пожаротушения из труб с эмалевым покрытием, которая относится к технологическим трубопроводам в соответствии с РД-19.100.00-КТН-001-10 и РД-25.160.00-КТН-011-10 сварные соединения подвергаются 100% контролю ВИК, ПВК, УЗК.

Временное сопротивление разрыву, определяемое на плоских образцах со снятым усилением, должно быть не ниже нормативного значения временного сопротивления разрыву основного металла труб, регламентированного техническими условиями на их поставку или ГОСТ.

Среднее арифметическое значение угла изгиба образцов (тип ХХУП ГОСТ 6996-66) должно составлять не менее 120°, при минимальном значении

для одного образца – 100°.

При испытании на излом соединений прямых врезок поверхность излома каждого образца должна иметь полный провар и сплавление между слоями шва. Максимальный размер любой газовой поры не должен превышать 2,0 мм, а суммарная площадь всех газовых пор не должна быть более 2 % площади излома образца. Глубина шлаковых включений – не более 1,0 мм, а их длина – не более 3,5 мм. Расстояние между соседними шлаковыми включениями должно быть не менее 13 мм. Любые трещины являются браковочным признаком.

5. Безопасность и экологичность технического объекта

5.1. Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс сварки труб с внутренним силикатно-эмалевым покрытием	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1		очистка	слесарь	шлифмашина	Ветошь, ацетон.
2		подготовка кромок	расточник	шлиф машинка	УШС-3
3		нанесение флюса	флюсовщик	кисть	Флюс для высокотемпературной пайки
4		сборка стыков	электросварщик	MIGATRONIC BDH PS – 550	Электродная проволока Dt-2.1367
5		сварка	электросварщик	MIGATRONIC BDH PS – 550	Электродная проволока Dt-2.1367
6		контроль	дефектоскопист	набор ВИК, ПВК, УЗК	

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	2	3	4
1	очистка	поражение глаз, повышенный уровень шума на рабочем месте	шлифмашинка
2	подготовка кромок	повышенный шум, поражение глаз	шлифмашинка
3	нанесение флюса	флюсовая пыль (повышенная запыленность)	кисть
4	сборка стыков	поражение электрическим током, яркое световое излучение, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	MIGATRONIC BDH PS – 550

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4
5	сварка	поражение электрическим током, яркое световое излучение, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	MIGATRONIC BDH PS – 550

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	поражение глаз, повышенный уровень шума на рабочем месте	использовать защитный кожух	защитные очки, беруши
2	повышенный уровень шума на рабочем месте, поражение глаз	использовать защитный экран	защитные очки, беруши
3	флюсовая пыль (повышенная запыленность)	использовать флюсооборотное устройство	респиратор, защитные очки

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
4	поражение электрическим током, яркое световое излучение, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	исправный электрододержатель, маска сварщика	светофильтр С-4, брезентовые рукавицы, спецодежда
5	поражение электрическим током, яркое световое излучение, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	исправный электрододержатель, маска сварщика	светофильтр С-4, брезентовые рукавицы, спецодежда

5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Механический участок	шлифмашина	Е	пламя и искры	вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
3	Сварочный участок	MIGATRONI C BDH PS – 550	Е	пламя и искры	Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящи е части

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения	Пожарный инструмент (механизированный)	Пожарные сигнализация, связь
1	2	3	4	5	6	7	8
Огне туш ель	пожа рные авто моби ли	Возду шно- пенна я устан овка	Извещатели пожарные	ОП-5	средств а индиви дуальн ой защиты органо в дыхани я и зрения	компле кт универ сально го инстру мента	теле фон

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Несгораемая ткань, песок	пожарные мотопомпы		Технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные, системы передачи извещений о пожаре	УВП -250	средства индивидуальной защиты пожарных	устройство для резки воздушных линий электропередач и внутренней проводки	Пожарные извещатели пламени, пожарные извещатели

Таблица 5.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка труб с силикатно-эмалевым покрытием	надзор во время работы	определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня
	работа в электроустановках производится по распоряжению, в порядке текущей эксплуатации	определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно -техническому минимуму

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологическ ого процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологическ ого процесса	Воздействие техническог о объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающу ю среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжен ия)	Воздействи е техническог о объекта на литосферу (почву, растительн ый покров, недра) (образовани е отходов, нарушение и загрязнение растительно го покрова и т.д.)
Сварка труб с силикатно- эмалевым покрытием	очистка		очищающее средство	
	механическая обработка		эмульсия	
	сварка	газы выделяющие ся при сварке		

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка труб с силикатно-эмалевым покрытием
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование принудительной вытяжной вентиляции с фильтрами, Установить гигиенический норматив качества атмосферного воздуха - критерий качества атмосферного воздуха, который отражает предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и при котором отсутствует вредное воздействие на здоровье человека
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование очистных сливов, сооружений очистки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Специальный контейнер для хранения и дальнейшая утилизация шлака, в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды. Составление паспорта отходов - документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности, содержащий сведения об их составе

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса, сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 5.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу сварки труб с силикатно-эмалевым покрытием, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: поражение глаз, повышенный уровень шума на рабочем месте, поражение электрическим током, яркое световое излучение, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков: использовать защитный кожух. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 5.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 5.8)

6 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Таблица 6.1 - Наименование стадий и содержание этапов НИР

№ стадии	Наименование стадии НИР	№ этапа	Содержание этапов работы
1.	Ознакомление с существующим и методами сварки эмалированных сталей	1.1. 1.2. 1.3. 1.4. 1.5.	Составление плана НИР. Расчет плановой сметы предпроизводственных затрат. Ознакомление с методами испытаний сварных соединений. Обзор информации по исследованиям прочности сварных соединений. Анализ работы, связанной с исследованием качества сварных соединений.
2.	Подготовка к проведению экспериментов	2.1. 2.2.	Подготовка установки. Подготовка образцов для проведения испытаний. Опробование работы на установке. Составление программы исследований.
3.	Проведение экспериментов и их анализ	3.1. 3.2.	Сравнительные испытания образцов разрушающим методом. Построение графиков результатов проведенных исследований. Анализ графиков и формулировка выводов и рекомендаций.
4.	Оформление результатов НИР	4.1. 4.2.	Оформление и согласование отчетов. Составление фактического графика работ и анализ причин его отклонения от плана. Расчет фактически произведенных предпроизводственных (текущих) затрат. Определение непроизводительных затрат (резервов времени).

6.1 Определение трудоемкости и длительности выполнения каждого этапа работ

Определяется ожидаемая трудоемкость выполнения каждого этапа работы (в днях):

$$T_{ож} = \frac{3T_{\min} + 2T_{\max}}{5} \text{ (дн.)}, \quad (6.1)$$

где $T_{\min}$ – оптимистическая (наименьшая) трудоемкость;

$T_{\max}$ – пессимистическая (наибольшая) трудоемкость.

Определяется длительность каждого этапа работ (в днях):

$$T_{эт} = \frac{T_{ож}}{Ч} \text{ (дн.)}, \quad (6.2)$$

где $Ч$ – численность исполнителей на данном этапе.

Если в результате расчетов $T_{ож}$ и $T_{эт}$ получился результат $> 0,5$ то округляем его до целого большего числа, результат $< 0,2$ округляем до целого меньшего числа, результат $> 0,2$ но $< 0,5$ округляем до 0,5.

Суммарная длительность НИР: $T_{НИР} = \sum T_{эт} = 107 \text{ дн.}$

Удельное значение каждого этапа рассчитываем по формуле:

$$У_{д.эт.} = \frac{T_{эт}}{T_{НИР}} \cdot 100\% \quad (6.3)$$

Таблица 6.2 - Сводная таблица результатов расчетов

№ п/п	Удельн. значен. этапа %	Нарастание техническ. готовности	Ожидаемая трудоемк. (дн).	Кол-во одноврем. работающ.	Длит. этапа $T_{\text{эт}}$
1.1.	5,88	14,55	10	2	5
1.2.	10,5	34,55	18	2	9
1.3.	8,23	41,82	21	3	7
1.4.	9,41	49,09	24	3	8
1.5.	9,41	56,36	24	3	8
2.1.	7,05	61,81	17	3	6
2.2.	9,41	69,08	24	3	8
3.1.	11,76	78,17	30	3	10
3.2.	8,23	84,53	20	3	7
4.1.	11,76	93,62	30	3	10
4.2.	8,23	100	20	3	7
Итого:					85

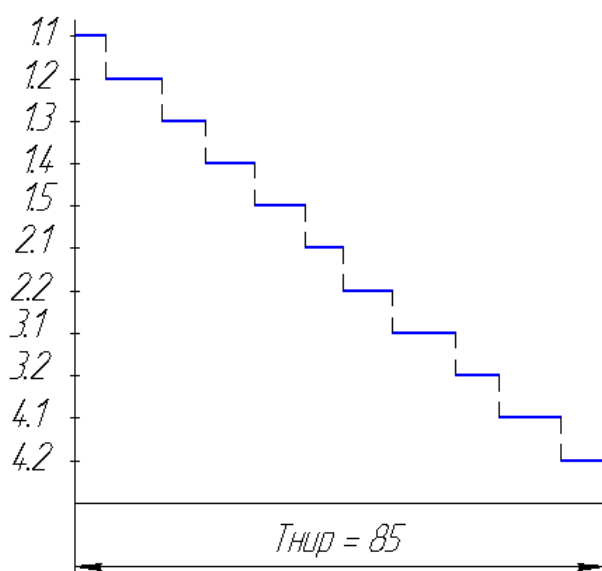


Рисунок 6.1 - Линейный график работы

6.2 Составление сетевого графика выполнения НИР на протяжении всего процесса исследования

Таблица 6.3 - Перечень событий и работ.

№ события	Перечень работ	Шифр работ	Продолжительность работы, дни
1	2	3	4
0	Составление плана НИР.	0-1	19
1	Расчет плановой сметы предпроизводственных затрат.	0-2	10
2	Ознакомление с методами механических испытаний сварных соединений.	1-2	19
3	Обзор информации по исследованиям прочности сварных соединений.	1-3	16
4	Анализ работы, связанной с исследованием качества сварных соединений.	2-7	5
5	Подготовка установки, подготовка измерительных приборов, подготовка образцов для проведения испытаний. Опробование работы на установке. Составление программы исследований.	3-4 3-5	15 2
6	Сравнительные испытания образцов разрушающим методом.	4-6	21
7	Построение графиков результатов проведенных исследований, анализ графиков и формулировка выводов и рекомендаций.	5-6	31

Продолжение таблицы 6.3

1	2	3	4
8	Оформление и согласование отчетов.	6-7	10
	Составление фактического графика работ и анализ причин его отклонения от плана.	7-8	13
	Расчет фактически произведенных предпроизводственных (текущих) затрат, определение непроизводительных затрат (резервов времени).		

Строим сетевой график комплекса работ на основе перечня событий и работ (таблица 6.3). После этого рассчитываем параметры сетевого графика: ранние и поздние сроки свершения событий; свободные резервы времени свершения событий; полные и частные первого и второго видов, резервы времени работ; продолжительность критических, подкритических и ненапряженных путей.

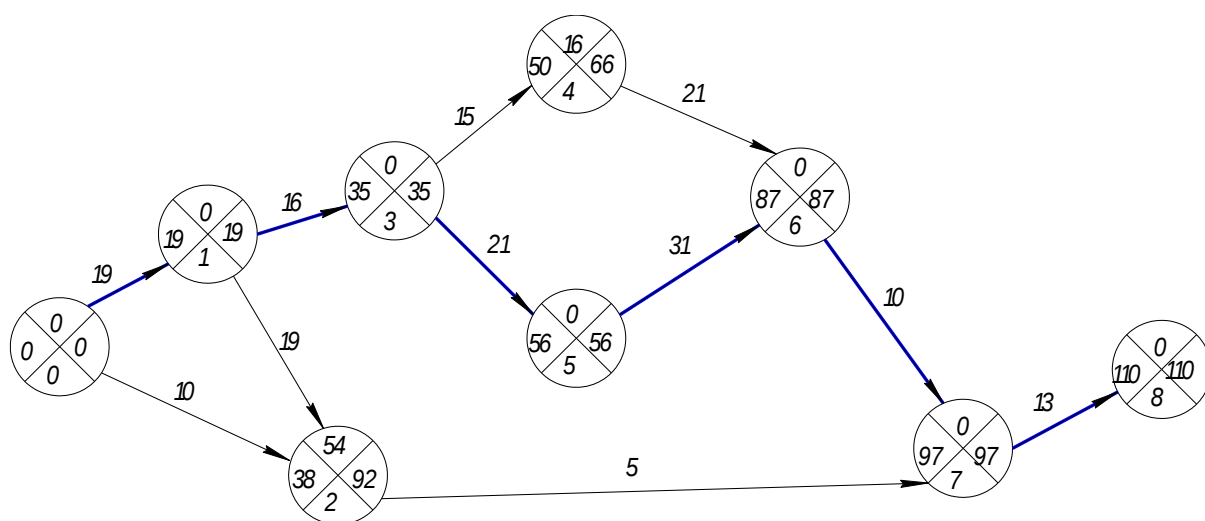


Рисунок 6.2 - Сетевой график комплекса работ до оптимизации

Рассчитываем продолжительности путей:

$T_1 = 0-1, 1-3, 3-4, 4-6, 6-7, 7-8 = 19+16+15+21+10+13 = 94$ дн. - подкритический путь;

$T_2 = 0-1, 1-3, 3-5, 5-6, 6-7, 7-8 = 19+16+21+31+10+13 = 110$ дн. - критический путь;

$T_3 = 0-1, 1-2, 2-7, 7-8 = 19+19+5+13 = 56$ дн. - ненапряженный путь;

$T_4 = 0-2, 2-7, 7-8 = 10+5+13 = 28$ дн. - ненапряженный путь.

Вычисляем свободные резервы времени путей:

$$P_{\text{пути1}} = T_{\text{кр}} - T_1 = 110 - 94 = 16 \text{ дн.};$$

$$P_{\text{пути2}} = T_{\text{кр}} - T_2 = 110 - 110 = 0 \text{ дн.};$$

$$P_{\text{пути3}} = T_{\text{кр}} - T_3 = 110 - 56 = 54 \text{ дн.};$$

$$P_{\text{пути4}} = T_{\text{кр}} - T_4 = 110 - 28 = 82 \text{ дн.}$$

Коэффициенты напряженности путей:

$$\kappa_{T_1} = \frac{94}{110} = 0,85; \quad \kappa_{T_2} = \frac{110}{110} = 1;$$

$$\kappa_{T_3} = \frac{56}{110} = 0,51; \quad \kappa_{T_4} = \frac{28}{110} = 0,25$$

Рассчитываем полные резервы работ:

$$R_{0-1}^{\text{полн.}} = 19 - 0 - 19 = 0;$$

$$R_{3-4}^{\text{полн.}} = 66 - 35 - 15 = 16;$$

$$R_{0-2}^{\text{полн.}} = 92 - 0 - 10 = 82;$$

$$R_{3-5}^{\text{полн.}} = 56 - 35 - 21 = 0;$$

$$R_{1-2}^{\text{полн.}} = 92 - 19 - 19 = 54;$$

$$R_{4-6}^{\text{полн.}} = 87 - 50 - 21 = 16;$$

$$R_{1-3}^{\text{полн.}} = 35 - 19 - 16 = 0;$$

$$R_{5-6}^{\text{полн.}} = 87 - 56 - 31 = 0;$$

$$R_{2-7}^{\text{полн.}} = 97 - 38 - 5 = 54;$$

$$R_{6-7}^{\text{полн.}} = 97 - 87 - 10 = 0;$$

$$R_{7-8}^{полн} = 110 - 97 - 13 = 0;$$

Рассчитываем частные
резервы работ:

$$R_{0-1}^{част.I} = 19 - 0 - 19 = 0$$

$$R_{0-1}^{част.II} = 19 - 0 - 19 = 0$$

$$R_{0-2}^{част.I} = 92 - 0 - 10 = 82$$

$$R_{0-2}^{част.II} = 38 - 0 - 10 = 28$$

$$R_{1-2}^{част.I} = 92 - 19 - 19 = 54$$

$$R_{1-2}^{част.II} = 38 - 19 - 19 = 0$$

$$R_{1-3}^{част.I} = 35 - 19 - 16 = 0$$

$$R_{1-3}^{част.II} = 35 - 19 - 16 = 0$$

$$R_{2-7}^{част.I} = 97 - 92 - 5 = 0$$

$$R_{2-7}^{част.II} = 97 - 38 - 5 = 54$$

$$R_{3-4}^{част.I} = 66 - 35 - 15 = 16$$

$$R_{3-4}^{част.II} = 50 - 35 - 15 = 0$$

$$R_{3-5}^{част.I} = 56 - 35 - 21 = 0$$

$$R_{3-5}^{част.II} = 56 - 35 - 21 = 0$$

$$R_{4-6}^{част.I} = 87 - 66 - 21 = 0$$

$$R_{4-6}^{част.II} = 87 - 50 - 21 = 16$$

$$R_{5-6}^{част.I} = 87 - 56 - 31 = 0$$

$$R_{5-6}^{част.II} = 87 - 56 - 31 = 0$$

$$R_{6-7}^{част.I} = 97 - 87 - 10 = 0$$

$$R_{6-7}^{част.II} = 97 - 87 - 10 = 0$$

$$R_{7-8}^{част.I} = 110 - 97 - 13 = 0$$

$$R_{7-8}^{част.II} = 110 - 97 - 13 = 0$$

Таблица 6.4 - Сводная таблица параметров сетевого графика

Шифр работ	Продолжительность работы	Резервы работ			№ события	Сроки свершения событий		Свободный резерв события
		Полн.	Частные			Т _р	Т _п	
			1-го вида	2-го вида				
0 - 1	19	0	0	0	0	0	0	
0 - 2	10	82	82	28	1	19	19	0
1 - 2	19	54	54	0	2	38	92	54
1 - 3	16	0	0	0	3	35	35	0
2 - 7	5	54	0	54	-	-	-	-
3 - 4	15	16	16	0	4	50	66	16
3 - 5	21	0	0	0	5	56	56	0
4 - 6	21	16	0	16	-	-	-	-
5 - 6	31	0	0	0	6	87	87	0
6 - 7	10	0	0	0	7	97	97	0
7 - 8	13	0	0	0	8	110	110	0

Оптимизация сетевого графика

Задача оптимизации сетевого графика состоит в том, чтобы перераспределением сил и ресурсов с ненапряженных путей на более напряженные (критический и подкритический) добиться выполнения всего комплекса работ в более короткие сроки с меньшими материальными и финансовыми затратами.

Чтобы определить оптимальную продолжительность выполнения всего комплекса работ, надо определить среднюю продолжительность всех путей графика. В нашем случае:

$$T_{\text{опт.}} = \frac{94 + 110 + 56 + 28}{4} = 72 \text{ дн.}$$

Таблица 6.5 - Оптимизация первого варианта сетевого графика

Шифр путей	Первоначальная продолж ительнос ть путей, (дни)	Этапы оптимизации						Коэффициен т напряжен ности путей после оптимизаци и
		Первый		Второй		Третий		
		Измен ение	резул ьтат	изменени е	резул ьтат	Изме нение	резул ьтат	
T ₁	94	-16	78	-	78	-6	72	1,0
T ₂	110	-16	94	-22	72	-	72	1,0
T ₃	56	+16	72	-	72	-	72	1,0
T ₄	28	+16	44	+22	66	+6	72	1,0

Строим окончательный (рабочий) график всего комплекса работ (рисунок 6.3).

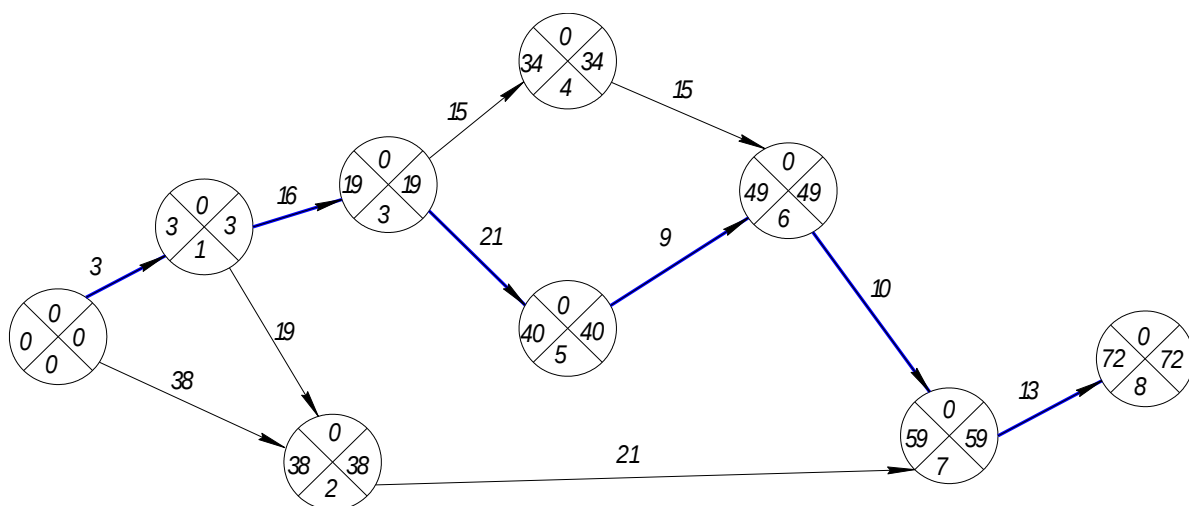


Рисунок 6.3 - Сетевой график после оптимизации

6.3. Расчет предпроизводственных (текущих), капитальных и приведенных (полных) затрат на проведение исследований

Расчет предпроизводственных затрат

Для научно-исследовательской организации предпроизводственные затраты являются текущими.

Расчет текущих затрат на проведение данной НИР производится по следующей формуле:

$$Z_{\text{тек}} = 3М + ФЗП + O_{\text{с.н}} + Z_{\text{э-э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пр}} + НР \quad (6.4)$$

где $3М$ – затраты на основные и вспомогательные материалы;

$ФЗП$ – основная и дополнительная заработная плата научно-технического персонала (фонд заработной платы);

$O_{\text{с.н}}$ – отчисления на социальные нужды;

$Z_{\text{э-э}}$ – затраты на электроэнергию для выполнения исследований;

$Z_{\text{об}}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оборудования;

$Z_{\text{пр}}$ – прочие затраты, в которые входит аренда помещений, приобретение образцов или макетов (связанны со спецификой исследования);

$НР$ – накладные расходы (расходы на оплату работы управленческого персонала и охрану труда).

Затраты на основной и вспомогательный материал

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}} \quad (6.5)$$

где $ЗМ_{\text{осн}}$ – затраты на основной материал;

$ЗМ_{\text{всп}}$ – затраты на вспомогательный материал.

Затраты на основной материал для выполнения НИР рассчитываются по формуле:

$$ЗМ_{\text{осн}} = N_p \cdot Ц_m \cdot U \quad (6.6)$$

где N_p – норма расхода основного материала на один образец для испытаний;

$Ц_m$ – оптовая цена 1 кг основного материала;

U – количество образцов, испытанных по полной программе, шт.

$$ЗМ_{\text{осн}} = 0,2 \cdot 200 \cdot 50 = 2000 \text{ руб}$$

Затраты на вспомогательный материал укрупнено принимаем равными 20% от затрат на основной материал:

$$ЗМ_{\text{всп}} = 0,2 \cdot ЗМ_{\text{осн}}. \quad (6.7)$$

$$ЗМ_{\text{всп}} = 0,2 \cdot 1400 = 400 \text{ руб}$$

$$ЗМ = 2000 + 400 = 2400 \text{ руб}$$

Затраты на заработную плату научно-технического персонала

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{\text{осн}} + ЗПЛ_{\text{доп}} \quad (6.8)$$

где $ЗПЛ_{\text{осн}}$ – основная заработная плата научно-технического персонала;

$ЗПЛ_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата научно-технического персонала.

Основная заработная плата вычисляется по формуле:

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = \Sigma T_{\text{раб}} \cdot C_d \cdot k_{\text{пр}} \cdot И \quad (6.9)$$

где $\Sigma T_{\text{раб}}$ – суммарное время работы каждого участника НИР по всем этапам (в днях);

$C_{\text{д}}$ – дневная ставка каждого участника НИР, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент премиальных доплат (можно принять =1,4);

I – количество исполнителей на каждом этапе, чел.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = 36 \cdot 1,4 \cdot 800 \cdot 1 + 80 \cdot 1,4 \cdot 450 \cdot 1 + 59 \cdot 1,4 \cdot 400 \cdot 1 = 123760 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = 0,1 \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (6.10)$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 123760 = 12376 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП} = 123760 + 12376 = 136136 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды вычисляем по формуле:

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{N_{\text{соц.}} \cdot \text{ФЗП}}{100} \quad (6.11)$$

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{26,2 \cdot 136136}{100} = 35667,6 \text{ руб.}$$

где $N_{\text{соц.}}$ – норма отчислений на социальные нужды = 26,2%.

Затраты на электроэнергию

Затраты на электрическую энергию для проведения испытаний:

$$З_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{об}} \cdot t_{\text{исп}}}{\eta} \cdot \Pi_{\text{э-э}} \quad (6.12)$$

где $M_{\text{об}}$ – мощность оборудования (9 кВт);

$t_{\text{исп}}$ – время проведения испытаний, час;

η – коэффициент полезного действия оборудования (0,8);

$\Pi_{\text{э-э}}$ – цена 1 кВт·часа электроэнергии.

$$З_{\text{э-э}} = \frac{9 \cdot 300}{0,8} \cdot 2,2 = 7425 \text{руб.}$$

Затраты, связанные с эксплуатацией оборудования

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (6.13)$$

$A_{\text{об}}$ – амортизационные отчисления, связанные с эксплуатацией оборудования;

$P_{\text{т.р}}$ – расходы на текущий ремонт оборудования;

Затраты на амортизацию оборудования определяем по формуле:

$$A_{\text{об}} = \Pi_{\text{об}} \cdot \frac{N_a \cdot t_{\text{исп}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} \quad (6.14)$$

где N_a – норма амортизации по применяемому технологическому оборудованию, %;

$\Pi_{\text{об}}$ – цена единицы оборудования, руб.;

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

$t_{\text{исп}}$ – время проведения испытаний, час.

$$A_{\text{об}} = (29132 + 290000 + 27240) \cdot \frac{24 \cdot 300}{1903 \cdot 100} = 13105 \text{руб.},$$

где 29132 руб. - стоимость Полуавтомат ПДГ-301 «Рикон»;

290000 руб. – стоимость разрывной машины УММ-5;

27240 руб. - стоимость ультразвуковой ванны для коррозионных испытаний.

Затраты на текущий ремонт оборудования отсутствовали, поэтому:

$$З_{\text{об}} = 13105 \text{руб.}$$

Прочие затраты, в которые входит аренда помещений, приобретение образцов или макетов (в зависимости от специфики исследования), принимаем в размере 5% от величины фонда заработной платы научно-технического персонала:

$$З_{пр} = 0,05 \cdot \Phi ЗП \quad (6.15)$$

$$З_{пр} = 0,05 \cdot 136136 = 6807 \text{руб.}$$

Накладные расходы (расходы на оплату работы управленческого персонала и на охрану труда) принимаем в размере 55% от величины фонда заработной платы научно-технического персонала:

$$НР = 0,55 \cdot \Phi ЗП \quad (6.16)$$

$$НР = 0,55 \cdot 136136 = 74874,8 \text{руб.}$$

$$З_{тек} = 1680 + 136136 + 35667,6 + 7425 + 13105 + 6807 + 74874,8 = 275695,4 \text{руб.}$$

Расчет капитальных затрат

Поскольку разрывная машина и ультразвуковая ванна, используемые при проведении испытаний, имеются в лаборатории, а установка для сварки изготавливается самостоятельно, то капитальные затраты рассчитываются по формуле:

$$K = \Sigma Ц_{изг} \quad (6.17)$$

где $\Sigma Ц_{изг}$ – суммарная цена изготовленного оборудования.

$$K = 10000 + 3950 + 24180 = 38130 \text{руб.},$$

где 10000руб. – цена патрона;

3950 руб. – цена источника питания

24180 руб. – цена двигателя постоянного тока TOYOTA 45200.

Все затраты на научно – исследовательскую работу сведены в табл. 6.6.

Таблица 6.6 - Калькуляция себестоимости проведения НИР

№	Наименование статей затрат	Величина затрат (руб.)
1	Фонд заработной платы	136136
2	Отчисления на социальное страхование	35667,6
3	Затраты на основные и вспомогательные материалы	1680
4	Затраты на амортизацию оборудования	13105
5	Накладные расходы	74874,8

6.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов изготовления изделия

Производим два сравнительных расчета изготовления элементов пожаротушения, по предлагаемым для сравнения вариантам (таблица.6.7):

- до внедрения НИР – механизированная сварка сварочной проволокой Св08Г2С эмалированной стали;

- после внедрения НИР – механизированная сварка в среде аргона бронзовой присадочной проволокой.

Затраты на материалы

Затраты на материалы (ЗМ), необходимые для изготовления сварной конструкции рассчитываются по формуле:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{техн.}} + ЗМ_{\text{всп.}} \quad (6.18)$$

где $ЗМ_{\text{техн.}}$ - затраты на технологические материалы, руб.;

$ЗМ_{\text{всп.}}$ - затраты на вспомогательные материалы, руб.

Затраты на технологические и вспомогательные материалы рассчитываются по следующим формулам:

$$ЗМ_{всп.} = З_{пр.} + З_{з.г.} \quad (6.19)$$

где $З_{пр.}$ - затраты на проволоку, руб.;

$З_{з.г.}$ - затраты на защитный газ, руб.

Затраты на проволоку рассчитываем по формуле:

$$З_{пр.} = Н_{пр.} \cdot Ц_{пр.} \quad (6.20)$$

где: $Н_{пр.}$ – норма расхода проволоки на одно изделие, кг;

$Ц_{пр.}$ – цена проволоки, руб. за 1 кг.

Норма расхода проволоки на изделие рассчитывается по формулам.

$$Н_{пр.} = У \cdot L_{ш} \quad (6.21)$$

где: $У$ - удельная норма расхода сварочных материалов по длине шва, кг/м;

$L_{ш}$ - длина сварного шва, м.

$$У = k_p \cdot M_{напл.мет.} \quad (6.22)$$

где: k_p - коэффициент расхода сварочных материалов, учитывающий потери электродного металла при сварке и наплавке;

$M_{напл.мет.}$ - расчетная масса наплавленного металла, кг/м.

При сварке массу наплавленного металла рассчитывают по формуле:

$$M_{напл.мет.} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3} \quad (6.23)$$

где ρ - плотность наплавленного металла, г/см³;

F_H - площадь поперечного сечения шва, мм².

Для проектного варианта:

$$M_{\text{напл.мет.}} = 7,8 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,04 \text{ кг/м}$$

$$U = 1,05 \cdot 0,04 = 0,04 \text{ кг/м}$$

$$H_{\text{пр.}} = 0,04 \cdot 0,05 = 0,002 \text{ м.}$$

$$Z_{\text{пр.}} = 0,002 \cdot 1250 = 2,5 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ определяются по формуле:

$$Z_{\text{з.г.}} = H_{\text{з.г.}} \cdot C_{\text{з.г.}} \quad (6.24)$$

где $H_{\text{з.г.}}$ - норма расхода защитного газа на 1 погонный метр сварного шва, литр/мин.;

$C_{\text{з.г.}}$ - цена защитного газа, руб./литр.

Норму расхода защитных газов рассчитывают по формуле:

$$H_{\text{з.г.}} = U_{\text{з.г.}} \cdot L_{\text{ш}} + U_{\text{доп.}} \quad (6.25)$$

где $U_{\text{з.г.}}$ - удельная норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва;

$U_{\text{доп.}}$ - дополнительный расход газа на подготовительно-вспомогательные операции (продувку газовых коммуникаций перед сваркой, защиту электрода и остывающего металла после сварки и настройку режимов), литр/мин.

Удельную норму расхода защитного газа на 1 погонный метр сварного шва можно определить по формуле:

$$U_{\text{з.г.}} = q_{\text{з.г.}} \cdot t_{01} \quad (6.26)$$

где $q_{\text{з.г.}}$ - норма расхода защитного газа при сварке, в зависимости от вида сварки, литр/мин;

t_{01} - основное (машинное) время сварки 1 погонного метра шва, (мин).

$$t_{01} = \frac{t_o}{L_{ш}} \quad (6.27)$$

где t_o – основное время сварки изделия, рассчитывается для механизированной сварки:

$$t_o = \frac{60 \cdot M_{напл. мет.} \cdot L_{ш(в)}}{I_{св.} \cdot \alpha_H} \quad (6.28)$$

где $I_{св.}$ - сила сварочного тока, А;

α_H - коэффициент наплавки, г/(А·час).

Для проектного варианта:

$$t_o = \frac{60 \cdot 0,04 \cdot 0,27}{140 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 0,58 \text{ мин}$$

$$t_{01} = \frac{0,58}{0,27} = 2,2 \text{ мин}$$

$$Y_{з.г.} = 20 \cdot 2,2 = 44 \text{ литр.}$$

$$Y_{доп} = 0,05 \cdot 15 = 0,75 \text{ литр/мин.}$$

$$H_{з.г.} = 44 \cdot 0,05 + 0,75 = 3,0 \text{ литр/мин}$$

$$З_{з.г.} = 3 \cdot 30 = 90 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы, необходимые для изготовления изделия по проектному варианту:

$$ЗМ = 2,5 + 90 = 92,5 \text{ руб.}$$

Затраты на покупные комплектующие изделия

Заготовки представляют собой трубы диаметром 108 мм. Затраты на них определим по формуле:

$$Z_{\text{к. из.}} = 2C_{\text{тр.}} \quad (6.29)$$

Где $C_{\text{тр.}}$ – цена трубы, руб.

Для базового варианта: $Z_{\text{к. из.}} = 2 \cdot 100 = 200$ руб.

Для проектного варианта: $Z_{\text{к. из.}} = 2 \cdot 100 = 200$ руб.

Затраты на электрическую энергию

Для дуговой сварки затраты на электроэнергию рассчитывают исходя из полезной мощности оборудования:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об.}} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot C_{\text{э-э}} \quad (6.30)$$

где $P_{\text{об.}} = I_{\text{св.}} \cdot U_{\text{д}}$ – полезная мощность оборудования, кВт;

η – коэффициент полезного действия оборудования;

$I_{\text{св.}}$ – сила сварочного тока, А;

$U_{\text{д}}$ – напряжение на дуге, В;

$C_{\text{э-э}}$ – цена 1 кВт·часа электроэнергии.

Для проектного варианта:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{140 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,11}{0,9 \cdot 60} \cdot 2,5 = 0,01 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

$$Z_{\text{об.}} = A_{\text{об.}} + P_{\text{т.р.}} \quad (6.31)$$

где $A_{\text{об.}}$ – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{\text{т.р.}}$ - затраты на текущий ремонт оборудования, руб.

а) амортизационные отчисления на оборудование:

$$A_{\text{об.}} = \frac{\sum_{i=1}^m (\Pi_{\text{об.}i} \cdot N_a \cdot t_{\text{шт}i})}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot k_{\text{вн}}} \quad (6.32)$$

где $\Pi_{\text{об.}i}$ - цена единицы технологического оборудования на i -той операции, руб.;

N_a - норма амортизационных отчислений на технологическое оборудование;

$k_{\text{вн}}$ - коэффициент выполнения норм, $k_{\text{вн}} = 1,1$;

$t_{\text{шт}i}$ - время изготовления одного изделия на i -той операции, рассчитывается

по формуле: $t_{\text{шт.}} = t_o + t_v$ (6.33)

t_v - вспомогательное время, необходимое для сборки изделия и обработки его после сварки, мин.

$\Phi_{\text{эф}}$ - эффективный фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\text{эф.}} = (D_{\text{раб.}} \cdot T_{\text{см.}} - D_{\text{пред.}} \cdot T_{\text{сокр.}}) \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.п.}}) \quad (6.34)$$

где $D_{\text{раб.}}$ - количество рабочих дней в году;

$D_{\text{пред.}}$ - количество предпраздничных дней в году;

$T_{\text{см.}}$ - продолжительность рабочей смены, час;

$T_{\text{сокр.}}$ - сокращенная рабочая смена ($T_{\text{см.}} - 1$), час;

S - количество рабочих смен;

$k_{р.п.}$ - коэффициент потерь времени работы оборудования на ремонт и переналадку, принимаем 0,06.

$$\Phi_{эф.} = (D_{раб.} \cdot T_{см.} - D_{пред.} \cdot T_{сокр.}) \cdot S \cdot (1 - k_{р.п.}) \quad (6.35)$$

$$\Phi_{эф.} = (365 \cdot 8 - 8 \cdot 7) \cdot 2 \cdot (1 - 0,06) = 5384,32 \text{ час.}$$

Для проектного варианта:

$$t_{шт.} = 0,11 + 0,4 = 0,51 \text{ мин.}$$

$$A_{об.} = \frac{29132 \cdot 20 \cdot 0,51}{5384,32 \cdot 100 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

б) затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р.} = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{об.i} \cdot H_{т.р.} \cdot k_{zi})}{\Phi_{эф.} \cdot 100} \quad (6.36)$$

где $H_{т.р.}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 24\%$;

k_{zi} - коэффициент загрузки оборудования на i -той операции.

Коэффициент загрузки оборудования рассчитываем по формуле:

$$k_{zi} = \frac{n_{об.расч.i}}{n_{об.прин.i}} \quad (6.37)$$

где $n_{об.расч.i}$ – расчетное количество оборудования на i -той операции;

необходимое для выполнения заданной производственной программы $N_{Г.}$,

$$n_{\text{об.расч.}i} = \frac{N_{\Gamma} \cdot t_{\text{шт}i}}{\Phi_{\text{эф.}} \cdot k_{\text{в.н.}} \cdot 60} \quad (6.38)$$

$k_{\text{в.н.}}$ – коэффициент выполнения норм = 1,1;

N_{Γ} – годовая производственная программа выпуска изделий, шт.

Округляя $n_{\text{об.расч.}}$ до ближайшего бóльшего целого числа, получаем

$n_{\text{об.прин.}}$, т.е. целое число единиц оборудования.

Для проектного варианта:

$$n_{\text{об.расч.}} = \frac{6000 \cdot 0,51}{5384,32 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,29$$

$$k_{zi} = \frac{0,29}{1} = 0,29$$

$$P_{\text{м.р.}} = \frac{29132 \cdot 24 \cdot 0,29}{5384,32 \cdot 100} = 0,38 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{об.}} = 0,01 + 0,38 = 0,39 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$З_{\text{пл.}} = \frac{\sum (S_{\text{пл.}i} \cdot Ц_{\text{пл.}i} \cdot На_{\text{пл.}} \cdot k_{\text{д.пл.}i} \cdot k_{zi})}{100 \cdot N_{\Gamma}} \quad (6.39)$$

где $S_{\text{пл.}i}$ – производственная площадь, занимаемая оборудованием на i -той операции, м^2 ;

$Ц_{\text{пл.}}$ – цена 1 м^2 занимаемой площади;

$N_{\text{а площ.}}$ - норма амортизационных отчислений на производственные площади;

$k_{\text{доп.пл.}}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь.

Для проектного варианта:

$$З_{\text{площ.}} = \frac{3 \cdot 450 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 0,29}{100 \cdot 200000} = 0,01 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды

Фонд заработной платы основных производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы.

$$\Phi ЗП = ЗП_{\text{осн.}} + ЗП_{\text{доп.}} \quad (6.40)$$

а) основная заработная плата определяется по формуле:

$$ЗП_{\text{осн.}} = \sum (C_{\text{чi}} \cdot t_{\text{штi}} \cdot k_{\text{зпл}}) \quad (6.41)$$

где $C_{\text{чi}}$ - часовая тарифная ставка рабочего на i-той операции, руб./час;

$t_{\text{штi}}$ - время изготовления одного изделия на i-той операции, (час);

$k_{\text{зпл}}$ - коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (6.42)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_y = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_H = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,067 \cdot 1,133 = 1,828$$

Для проектного варианта:

$$ЗПЛ_{осн.} = 50 \cdot 0,51 / 60 \cdot 1,828 = 0,78 \text{ руб.}$$

б) дополнительная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле:

$$ЗПЛ_{доп.} = \frac{k_D}{100} \cdot ЗПЛ_{осн.} \quad (6.43)$$

где k_D – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой, %.

Для проектного варианта:

$$ЗПЛ_{доп.} = \frac{12}{100} \cdot 0,78 = 0,09 \text{ руб.}$$

в) отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц.} \cdot ФЗП}{100} \quad (6.44)$$

где $H_{соц.}$ – норма отчислений на социальные нужды = 26,2%.

Для проектного варианта:

$$ФЗП = 0,78 + 0,09 = 0,87 \text{ руб.}$$

$$O_{с.н.} = \frac{26,2 \cdot 0,87}{100} = 0,23 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость изготовления изделия

Рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{тех.}} = 3M + 3_{\text{к.из.}} + 3_{\text{э-э}} + 3_{\text{об.}} + 3_{\text{пл.ощ.}} + \Phi 3П + O_{\text{с.н.}} \quad (6.45)$$

Для проектного варианта:

$$C_{\text{тех.}} = 201,5 + 100,0 + 0,01 + 0,39 + 0,3 \cdot 10^{-3} + 0,87 + 0,23 = 303,0 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{цех.}} = C_{\text{тех.}} + P_{\text{цех.}} \quad (6.46)$$

где $P_{\text{цех.}}$ - общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.

$$P_{\text{цех.}} = k_{\text{цех.}} \cdot 3П_{\text{осн.}} \quad (6.47)$$

где $k_{\text{цех.}}$ - коэффициент общепроизводственных расходов.

Для проектного варианта:

$$P_{\text{цех.}} = 2,15 \cdot 0,78 = 1,68 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цех.}} = 303 + 1,68 = 304,68 \text{ руб.}$$

Производственная (общезаводская) себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{произв.}} = C_{\text{цех.}} + P_{\text{произв.}} \quad (6.48)$$

где $P_{\text{произв.}}$ - общехозяйственные (общезаводские) расходы, руб.

$$P_{\text{произв.}} = k_{\text{произв.}} \cdot 3П_{\text{осн.}} \quad (6.49)$$

где $k_{\text{произв.}}$ - коэффициент общехозяйственных расходов.

Для проектного варианта:

$$P_{\text{произв.}} = 1,9 \cdot 0,78 = 1,48 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{произв.}} = 304,68 + 1,48 = 306,16 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{полн.}} = C_{\text{произв.}} + P_{\text{вн.}} \quad (6.50)$$

где $P_{\text{вн.}}$ - сумма внепроизводственных расходов, руб.

$$P_{\text{вн.}} = k_{\text{вн.}} \cdot C_{\text{произв.}} \quad (6.51)$$

где $k_{\text{вн.}}$ - коэффициент внепроизводственных расходов.

Для проектного варианта:

$$P_{\text{вн.}} = 0,05 \cdot 306,16 = 10,31 \text{ руб}$$

$$C_{\text{полн.}} = 306,16 + 10,31 = 416,47 \text{ руб.}$$

6.5. Составление калькуляции себестоимости изготовления изделия

Таблица 6.8 - Калькуляция себестоимости выполнения 1 погонного метра шва.

Статьи затрат	Условные обозначения	Проектный вариант
1. Затраты на материалы	ЗМ	201,5
2. Затраты на электрическую энергию	З _{э-э}	0,01
3. Затраты на комплектующие изделия	З _{к.из.}	100
4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования	З _{об.}	0,39
5. Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей	З _{плоч.}	0,01
6. Затраты на заработную плату основных производственных рабочих (ФЗП)	ФЗП	0,87
7. Отчисления на социальные нужды	О _{с.н.}	0,23
Технологическая себестоимость	С _{тех.}	303,0
Общепроизводственные (цеховые) расходы	Р _{цех.}	1,68
Цеховая себестоимость	С _{цех.}	304,68
Общехозяйственные (общезаводские) расходы	Р _{произв.}	1,48
Производственная себестоимость	С _{произв.}	306,16

$$\Delta C_{\text{полн}} = \frac{412,02 - 306,16}{412,02} * 100\% = 26,8\%$$

6.6 Расчет капитальных вложений в оборудование

Расчет капитальных вложений имеет целью сравнение альтернативных вариантов изготовления продукции на существующем и на новом оборудовании.

Общие капитальные вложения в оборудование:

$$K_{\text{общ.}} = K_{\text{пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (6.52)$$

где $K_{\text{пр.}}$ - прямые капитальные вложения в оборудование, руб.

$K_{\text{соп.}}$ - сопутствующие капитальные вложения в приобретенное оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываем для двух сравниваемых вариантов по формуле:

$$K_{\text{общ.}}^{\text{баз}} = \Sigma n_{\text{об.}} \cdot \Pi_{\text{об.}} \cdot k_3 = 2 \cdot 18900 \cdot 0,58 = 21924 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{пр.}}^{\text{нр.}} = (3950 + 24180) \cdot 0,29 = 8157,7 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп.}} = K_{\text{монт.}} + K_{\text{дем.}} \quad (6.53)$$

где $K_{\text{монт.}}$ - затраты на монтаж нового оборудования, руб.;

$K_{\text{дем.}}$ - затраты на демонтаж старого оборудования, руб.;

$$K_{\text{монт.}} = \Sigma (n_{\text{об.}} \cdot \Pi_{\text{об.}} \cdot k_{\text{монт.}}) \quad (6.54)$$

$$K_{\text{монт.}} = (3950 + 24180) \cdot 0,2 = 5626 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{монт.}}$ – коэффициент монтажа = 0,2.

$$K_{\text{дем.}} = \Sigma(n_{\text{об.}} \cdot \Pi_{\text{об.}} \cdot k_{\text{дем.}}) \quad (6.55)$$

Поскольку демонтаж не производился $K_{\text{дем.}} = 0$ руб.

$$K_{\text{соп.}} = 5626 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 8157,7 + 5626 = 13783,7 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование (капитальные вложения в одно изделие):

$$K_{\text{уд.}}^{\text{баз.}} = \frac{K_{\text{общ.}}^{\text{баз.}}}{N_{\Gamma}} \quad (6.56)$$

$$K_{\text{уд.}}^{\text{баз.}} = \frac{21924}{200000} = 0,11 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд.}}^{\text{пр.}} = \frac{K_{\text{общ.}}^{\text{пр.}}}{N_{\Gamma}} \quad (6.57)$$

$$K_{\text{уд.}}^{\text{пр.}} = \frac{13783,7}{200000} = 0,07 \text{ руб.}$$

где $K_{\text{общ.}}^{\text{баз.}}$ и $K_{\text{общ.}}^{\text{пр.}}$ - общие капитальные вложения в оборудование по базовому и проектному вариантам соответственно.

Дополнительные капитальные вложения в оборудование рассчитываются для определения более капиталоемкого варианта:

$$K_{\text{доп.}} = K_{\text{общ.}}^{\text{пр.}} - K_{\text{общ.}}^{\text{баз.}} \quad (6.58)$$

$$K_{\text{доп.}} = 21924 - 13783,7 = 8140,3 \text{ руб.}$$

Следовательно, базовый вариант является более капиталоемким, поэтому срок окупаемости капитальных вложений не рассчитываем.

6.7 Расчет показателей экономической эффективности предлагаемого проекта

Годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования

Рассчитываем по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год.}} = \left[\left(C_{\text{полн.}}^{\text{баз.}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд.}}^{\text{баз.}} \right) - \left(C_{\text{полн.}}^{\text{пр.}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд.}}^{\text{пр.}} \right) \right] \cdot N_{\text{г}} \quad (6.59)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности. В сварочном производстве $E_{\text{н}} = 0,33$;

$C_{\text{полн.}}^{\text{баз.}}$ и $C_{\text{полн.}}^{\text{пр.}}$ - полная себестоимость продукции (базовая и проектная), т.е. до и после внедрения нового оборудования, руб.

$$\mathcal{E}_{\text{год.}} = [(432,62 + 0,33 \cdot 0,11) - (316,47 + 0,33 \cdot 0,07)] \cdot 6000 = 696960$$

Расчет прибыли от снижения себестоимости изготовления продукции

Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия):

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{полн.}}^{\text{баз.}} - C_{\text{полн.}}^{\text{пр.}} \right) \cdot N_{\text{г}} \quad (6.60)$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = (432,62 - 316,47) \cdot 6000 = 696900 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости НИР рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{Z_{\text{прив}}}{\text{Пр}_{\text{ож}}} \quad (6.61)$$

где $Z_{\text{прив.}}$ - общие затраты на проведение НИР;

$\text{Пр}_{\text{ож}}$ - ожидаемая прибыль.

$$T_{\text{ок.}} = \frac{313825.4}{696960} = 0,452$$

6.8 Расчет снижения трудоемкости и повышения

производительности труда в проектном варианте изготовления изделия

Для определения эффективности предлагаемой технологии, необходимо рассчитать величину снижения трудоемкости ($\Delta t_{шт.}$). Расчет производим по формуле:

$$\Delta t_{шт.} = \frac{t_{шт.}^{баз.} - t_{шт.}^{пр.}}{t_{шт.}^{баз.}} \cdot 100\% \quad (6.62)$$

где $t_{шт.}^{баз.}$ – штучное время изготовления изделия по базовому варианту, мин;

$t_{шт.}^{пр.}$ – штучное время изготовления изделия по проектному варианту, мин.

$$\Delta t_{шт.} = \frac{1,03 - 0,51}{1,03} \cdot 100\% = 51\%$$

При снижении трудоемкости изготовления изделия на некоторую величину, обязательно происходит повышение уровня производительности труда на несколько большую величину, поскольку трудоемкость изготовления продукции и уровень производительности труда являются величинами обратными, но не пропорциональными.

Поэтому, исходя из значения величины снижения трудоемкости изготовления изделия, рассчитываем повышение производительности труда ($\Delta ПТ$):

$$\Delta ПТ = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт.}}{100 - \Delta t_{шт.}} (\%) \quad (6.63)$$

$$\Delta ПТ = \frac{100 \cdot 51}{100 - 51} = 104,08\%$$

Выводы по разделу экономика

Проведено организационно – экономическое обоснование НИР. Наибольшая статья расходов при проведении научных исследований - это фонд оплаты труда научно-исследовательского персонала.

Капитальные вложения в оборудование, созданное для проведения исследований, составили 38130 рублей. Общие затраты на проведение исследований составили 313825,4 рублей.

Расчет прибыли от снижения себестоимости изготовления продукции показал, что чистая прибыль будет равна 696900 рублей.

Годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования составит 696960 рублей.

В проектом варианте изготовления изделия наблюдается снижение трудоемкости на 51%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы были проанализированы способы сварки труб с эмалевым покрытием и установлено, что при всех способах сварки, применяемых в промышленности, создаются условия, при которых эмалевое покрытие разрушается в зоне сварки. Причина разрушения – высокотемпературное воздействие при сварке с использованием стальных электродов и присадочных материалов. Разрушение эмалевого покрытия приводит к снижению коррозионной стойкости всего трубопровода. Применяемые мероприятия для повышения коррозионной стойкости значительно повышают стоимость строительства трубопроводов и не всегда эффективны.

В бакалаврской работе предложено использовать при сварке труб с эмалевым покрытием электродные материалы на основе меди и медных сплавов, которые обладают более высокой коррозионной стойкостью, чем сталь и не требуют защиты от коррозии при сварке.

Для исследования процессов сварки труб с эмалевым покрытием с применением электродных материалов на основе меди и медных сплавов была разработана методика, скомпоновано оборудование и оснастка.

Проведенные исследования показали наибольшую целесообразность применения в качестве электродных материалов марганцовистую бронзу, применение которой не разрушает эмаль в зоне термического влияния, обеспечивает приемлемые показатели прочности и пластичности металла шва, а также неплохие показатели коррозионной стойкости при испытаниях в растворах пенообразователей.

На основании проведенных исследований была разработана технология сварки труб с эмалевым покрытием с применением электродного материала на основании марганцовистой бронзы CuMn13Al7.

В данной работе проанализированы опасные и вредные факторы при сварке эмалированных труб и разработаны мероприятия по их снижению.

В бакалаврской работе произведен расчет затрат на проведения НИР и рассчитана экономическая эффективность предлагаемых мероприятий.

Список использованных источников

1. Варгин, В. В. Эмалирование металлических изделий. Л.; Машиностроение, 1972. - 377 с.
2. http://www.npokz.ru/shop/group_594/uim-2/
3. Стеклов, О.И. Технология сварки трубопроводов с двухсторонним эмалевым покрытием / О.И. Стеклов, Сюй Шиго, Ли Гаочаго, А.М. Лошаков, Н.П.Кармазинов, Е.В.Петрусенко // Сварочное производство. – 1998. - № 2. - С. 29-34.
4. Стеклов О. И. Свариваемость металлов и сплавов // Итоги науки и техники. Сварка. Т. 14. М.: ВИНТИ. 1982. 70 С.
5. Варгин, В. В. Технология эмали и эмалирования металлов / В. В. Варгин, Е. А. Антонова, Л. Л. Гуторова и др. М.: Машиностроение, 1958 342с.
6. Металлографическое травление металлов и сплавов: Справочник. М.: Металлургия, 1986. - 256 с.
7. Савицкий А. М. Особенности сварки изделий с защитным эмалевым покрытием / А. М. Савицкий, В. Н. Ващенко, И. В. Бобров // Автоматическая сварка.- 2006.- №3.-С.37-39.
8. Бут В. С. Дуговая сварка труб с внутренним защитным покрытием / В.С.Бут // Сварщик.-2003. - №2. – С. 8-11
9. Дудко Д.А. Особенности тепловых процессов при сварке с термоциклированием / Д.А.Дудко, А.М.Савицкий, М.М.Савицкий, Е.М. Олейник // Автоматическая сварка.- 1998.- №4.-С.8-12.
10. Вагнер Ф. А. Термоциклирование при сварке вольфрамовым электродом / Ф. А. Вагнер // Сварочное производство.- 1980. - №2. - С.4-6.
11. Макара, А. М. Сварка высокопрочных сталей / А. М. Макара. М. А. Мосндз. - Киев : Техника, 1976. - 140 с.
12. Прохоров Н. Н. Физические процессы в металлах при сварке / Н. Н. Прохоров. - М.: Металлургия, 1976. Т.2. - 600с.

13. Ковтунов, А. И. Применение медной присадочной проволоки при сварке стали с алюмокремниевым покрытием / А. И. Ковтунов, Т. В. Чермашенцева, П. Н. Селянин, Ю. Ю. Хохлов // Сварочное производство.- 2010. - №8. - С. 37-39.
14. Уткин, Н. И. Металлургия цветных металлов / Н. И. Уткин. – М. : Металлургия, 1985. – 440 с.
15. Кубашевски, О. Диаграммы состояния двойных систем на основе железа / О. Кубашевски.; пер. с англ. – М. : Металлургия, 1985. – 184 с.
16. Al-Cu-Fe (Aluminum-Copper- Iron) / V. Raghavan // Journal of Phase Equilibria and Diffusion. – 2005. – Vol. 26, № 1. – P. 59–64.
17. Al-Cu-Fe (Aluminum-Copper- Iron) / V. Raghavan // Journal of Phase Equilibria and Diffusion. – 2010. – Vol. 31, № 5. – P. 449–452.
18. Калмыков, К.Б. Фазовые равновесия в системе Al-Cu-Fe при температуре 853К в области, богатой алюминием / К.Б. Калмыков и др. // Вестник Московского университета. – 2009. – серия 2. Химия, – Т.50. – стр. 122–128
19. Al-Cu-Fe (Aluminum-Copper- Iron) / V. Raghavan // Journal of Phase Equilibria and Diffusion. – 2010. – Vol. 31, №5. – P. 449–452.
20. Елагин, В. И. Легирование деформируемых алюминиевых сплавов переходными металлами / В.И. Елагин. – М. : Металлургия, 1975. – 248 с.