

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении

(направленность (профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для сварки отвода в технологический трубопровод

Обучающийся

Е.С. Осипов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Название дипломной работы: «Технология и оборудование для сварки отвода в технологический трубопровод».

Выпускная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 5 листах формата А1.

В данной выпускной работе рассматривается процесс сварки отвода в технологический трубопровод. Описываются основные этапы работы, необходимые инструменты и оборудование. Дается подробное описание типов сварки, используемых материалов и способов контроля качества сварных соединений. Также обсуждаются основные проблемы, возникающие при сварке отводов, и методы их решения. В заключении приводятся рекомендации по выбору оптимального метода сварки для конкретной задачи. Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности сварных работ отвода в трубопровод.

В заключении, также были представлены способы обеспечения безопасности персонала при внедрении разработанного технологического процесса в условиях наличия опасных и вредных производственных факторов.

## **Abstract**

The title of the graduation work is «Technology and equipment for welding a branch into a process pipeline».

The senior paper consists of an introduction, five parts, a conclusion, tables, list of references including foreign sources and the graphic part on 5 A1 sheets.

In this final work, the process of welding a branch into a process pipeline is considered. The main stages of work, the necessary tools and equipment are described. A detailed description of the types of welding, materials used and methods of quality control of welded joints is given. It also discusses the main problems that arise in the welding of bends, and methods for their solution. In conclusion, recommendations are given for choosing the optimal welding method for a specific task. The purpose of the final qualifying work is to increase the productivity of welding work of the branch into the pipeline.

Finally, also ways to ensure the safety of personnel during the implementation of the developed technological process in the presence of dangerous and harmful production factors were presented.

## Содержание

Введение.....	6
1.1 Описание технологического отвода трубопровода.....	7
1.2 Характеристика материала отвода.....	9
1.3 Выполнение базового варианта изготовления сварки отвода в трубопровод.....	10
1.4 Анализ возможных способов сварки отвода с трубопроводом .....	12
1.4.1 Механизированная сварка в среде защитного газа .....	12
1.4.2 Автоматическая сварка в среде защитного газа .....	14
1.4.3 Сварка порошковой проволокой .....	15
2.1 Подготовка к сварке кромок труб и отвода .....	17
2.2 Сварка отвода и трубопровода .....	18
2.3 Контроль качества сварки трубопровода .....	19
2.4 Опрессовка.....	19
3 Выбор оборудования для сборки и сварки отвода с трубопроводом .....	21
3.1 Подготовка и зачистка кромок к сварке .....	21
3.2 Центровочное оборудование для сборки трубопровода и отвода.....	23
3.3 Источник питания для механизированной сварки .....	24
3.4 Контроль качества сварки отвода и трубопровода .....	26
4 Безопасность и экологичность проекта .....	30
4.1 Сущность технологического процесса .....	30
4.2 Идентификация профессиональных рисков .....	30
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	31
4.4 Обеспечение пожарной безопасности .....	32
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	34
4.6 Заключение по разделу безопасность и экологичность технического объекта выпускной квалификационной работы бакалавра.....	35
5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы.....	36

5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчётов .....	36
5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования .....	37
5.3 Расчёт штучного времени .....	38
5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии .....	42
5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям .....	47
5.6 Расчёт показателей экономической эффективности.....	50
Заключение .....	52
Список используемой литературы и используемых источников.....	53

## Введение

В рамках выпускной квалифицированной работе, рассмотрим технологический процесс сварки отвода с технологическим трубопроводом. Данная тема актуальна всегда, так как узел труба-отвод, часто изготавливается в производстве и необходима для улучшения проходимости на сложных участках.

«Отвод — это соединительная деталь, предназначенная для поворота оси трубопровода» [1]. Технологические трубопроводы – это трубопроводы, применяемые в промышленности для перемещения различных веществ, например, сырье, полуфабрикаты, готовые продукты, пар, вода, топливо, реагенты и другие, которые необходимы для проведения технологических процессов и обеспечения эксплуатации оборудования. Также в эту категорию входят межзаводские трубопроводы. В представленной работе, рассмотрим трубопровод, который предназначен для подачи воды в рабочий цех, возьмем сталь 09Г2С. Представленная марка, часто применяется для сварных видов конструкций, профильной и трубной продукции. «Эксплуатируют водяной технологический трубопровод, как правило, если температура воды не больше 120 градусов, а давление рассчитано до 0,07 Мпа» [1].

«В настоящее время для изготовления и монтажа технологических трубопроводов применяют различные виды сварки. Наибольшее применение, при изготовлении трубопроводов, получил способ, электродуговой сварки, которую производят на постоянном и переменном токе».

В данном дипломном проекте рассматривается сварка отвода в трубопровод.

Целью проекта, является повышение производительности сварки отвода в технологический трубопровод.

## **1 Анализ исходных данных и известных решений по сварке отвода в трубопровод**

### **1.1 Описание технологического отвода трубопровода**

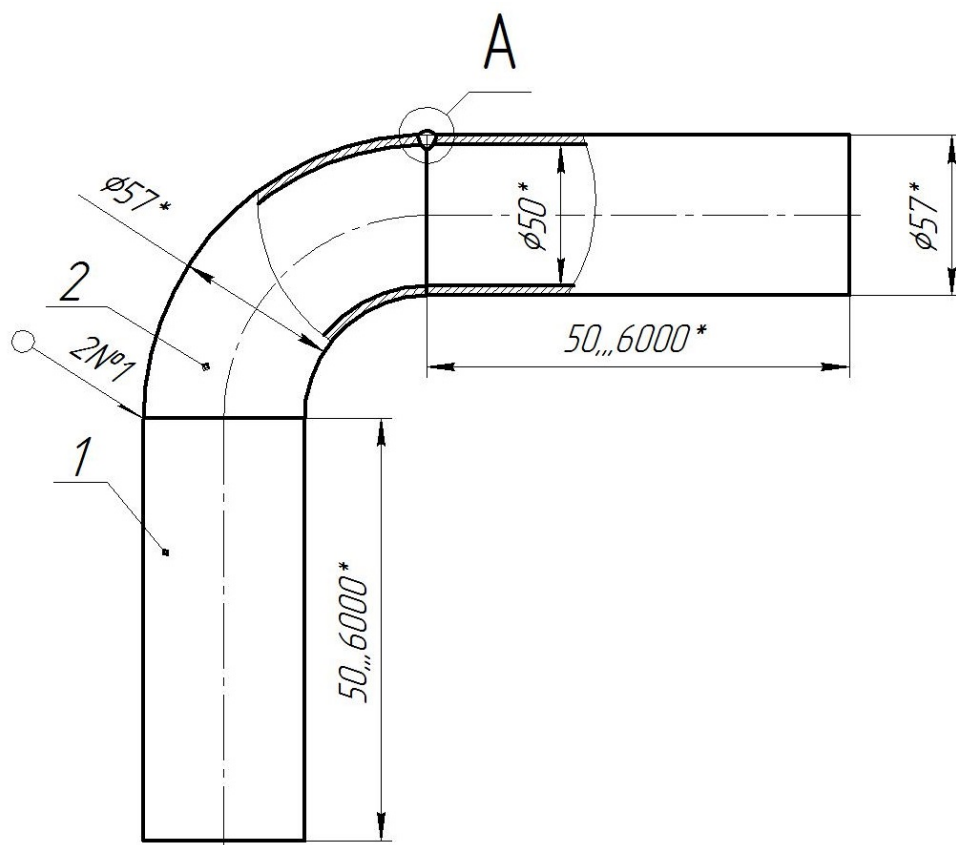
Технологический отвод трубопровода является неотъемлемой частью большинства конструкций (рисунок 1), и используется для изменения направления потока среды и обеспечения более гибкой системы. Он является одной из соединительных деталей трубопроводов, имеющей изогнутую форму. Существуют различные типы отводов, включая крутоизогнутые (с углом изгиба в 90 градусов), сварные секторные (с углом изгиба в 30, 45, 60, 90 и 180 градусов) и штампосварные (изготавливаются методом сварки двух штампованных заготовок). «Бесшовные крутоизогнутые отводы имеют малый радиус изгиба, одинаковую толщину стенки и компактные габариты, что позволяет экономить производственное пространство и обеспечивает более удобное расположение трубопроводов и оборудования» [16].



Рисунок 1 – «Отвод крутоизогнутый сталь 09Г2С» [16]

Рассмотрим технологический трубопровод, который состоит из узлов:

1. Отвод на 90°;
2. Трубы прямые.



1 – трубопроводы; 2 – отвод

Рисунок 2 – Участок технологического трубопровода

«Такие отводы изготавливают из бесшовных труб без прямых участков на концах способом горячей протяжки на специализированных гидравлических прессах или штамповкой. При применении крутоизогнутых отводов допускается расположение сварных соединений в начале изогнутого участка, а также сварка между собой отводов без прямых участков. Крутоизогнутые отводы можно устанавливать на технологических трубопроводах всех категорий» [11].



## 1.2 Характеристика материала отвода

«Технологические отводы в трубопроводах хорошо распространены и применение их может быть различно, то и подбор материала для изготовления труб будет зависеть от вида эксплуатации» [21].

Так как в нашей работе, рассматривается подача воды в цех, то изготовим отвод из низколегированной стали, марки 09Г2С и также трубы той же марки. «Детали, изготовленные из взятой стали, работают при температурах от минуса 70 до плюса 425 градусов, под давлением» [3].

В таблицах 1, 2, 3 и 4 ниже содержится информация о химическом составе и физико-механических свойствах этой стали.

Таблица 1 – «Свойства материала» [4]

Маркировка	Ст09Г2С
Аналог	Ст10Г2С
Систематизация	Сталь низкой легированности, используемая для создания сварных конструкций.
Используется	Различные элементы и составляющие сварных стальных конструкций, которые функционируют при различных температурах (от -70 до +425°С) и под давлением.

Таблица 2 – «Химический состав стали 09Г2С, в %» [4]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	от 0,5 до 0,8	от 1,3 до 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,010	до 0,3	до 0,08

Таблица 3 – «Механические свойства стали 09Г2С» [4]

Номенклатура	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$
Параметр	МПа	МПа	кДж/м <sup>2</sup>
Трубы ГОСТ 10705-80	490	343	20

Таблица 4 – «Технологические свойства стали 09Г2С» [4]

Свариваемость	Без ограничений
---------------	-----------------

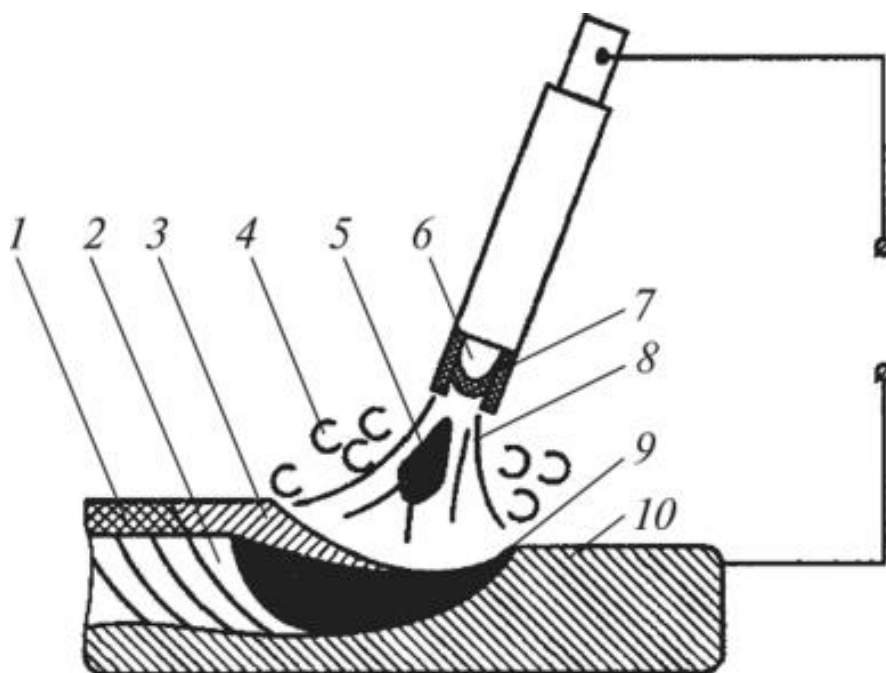
«Свариваемость сталей сильно зависит от наличия углерода, а также других добавок» [22]. При высоком содержании этих элементов свариваемость сталей снижается. Если уровень углерода в стали достаточно высокий, то возникает вероятность трещинообразования. Благодаря низкому содержанию углерода в данной стали, ее сварка является простой и не приводит к закалке или перегреву материала, что предотвращает снижение пластичности и увеличение зернистости. Эта сталь обладает высокой свариваемостью, что позволяет производить сварку без необходимости предварительного подогрева и последующей термообработки. Однако, для сварных соединений из низколегированной стали характерна сплошная коррозия при эксплуатации в среде, содержащей воду. Кроме того, преимуществом использования этой стали является ее устойчивость к отпускной хрупкости и сохранение высокой вязкости после отпуска. Заменителями стали 09Г2С являются марки: 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С..

### **1.3 Выполнение базового варианта изготовления сварки отвода в трубопровод**

Сварка покрытым электродом вручную считается наиболее универсальным методом сварки технологических трубопроводов, который позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях, включая труднодоступные места, используя мобильное оборудование. Однако, необходимо учитывать, что данный метод имеет некоторые недостатки, такие как низкая производительность процесса и зависимость качества сварного шва от опыта и мастерства сварщика. Однако, данный метод требует предварительной подготовки поверхности деталей, контроля за качеством электродов и защиты от атмосферных факторов. Кроме того, процесс сварки может быть медленным и зависеть от опыта сварщика. Если требуется выполнить большой объем работ, данный метод может оказаться

более затратным, чем другие методы сварки. В целом, выбор метода сварки зависит от условий и требований к качеству сварного соединения. Однако, для этого метода требуется предварительная подготовка поверхности деталей, контроль качества электродов и защита от атмосферных факторов. Также может возникнуть проблема с образованием шлака, который необходимо удалять после каждой сварочной операции.

В целом, выбор метода сварки зависит от условий и требований к качеству сварного соединения. Ручная дуговая сварка может быть более универсальным методом сварки, который позволяет работать с различными материалами и формами деталей.



«1- шлаковая корка; 2- шов; 3 -жидкая шлаковая пленка; 4 - газовая защита;  
5- капля электродного металла; 6 - электрод; 7- покрытие электрода; 8 – дуга  
9- сварочная ванна; 10 - основной металл» [17]

Рисунок 3 – «Принципиальная схема ручной дуговой сварки покрытыми электродами» [17]

Для сварки труб марки 09Г2с рекомендуется использовать электроды марки Э-50 или Э-50А, которые обеспечивают высокую прочность и пластичность соединения. При выборе электрода необходимо учитывать условия эксплуатации изделия и требования к его прочности и долговечности.

## **1.4 Анализ возможных способов сварки отвода с трубопроводом**

### **1.4.1 Механизированная сварка в среде защитного газа**

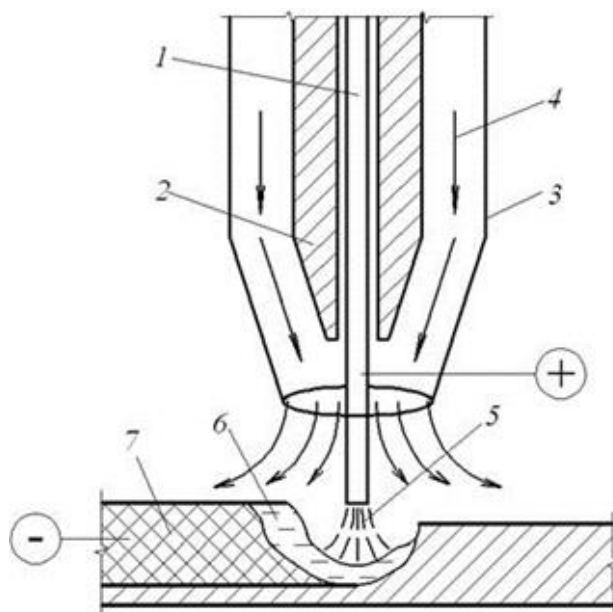
«Сварка трубопроводов и их элементов должна проводиться в соответствии с требованиями на изготовление, производственных инструкций или технологической документации, содержащей указания по применению конкретных присадочных материалов, флюсов и защитных газов» [12].

При сварке трубопроводов используют:

- ручную электродуговую сварку плавящимся электродом или порошковой проволокой;
- автоматическую и механизированную сварку в среде защитных газов;
- стыковую контактную сварку;
- газокислородную сварку.

«Для соединения стыков труб из углеродистых и кремнемарганцовистых сталей, особенно при создании трубопроводов, рекомендуется использовать механизированную сварку в среде углекислого газа» [19].

Так как, сталь 09Г2С относится к типу кремнемарганцовистых сталей, то выбор механизированной сварки оправдан нормативно-технической документацией.



1 – сварочная проволока; 2 – токоведущий мундштук; 3 – сопло;  
4 – струя защитного газа; 5 – сварочная дуга; 6 – сварочная ванна; 7 – шов

Рисунок 4 — Способ сварки в среде  $\text{CO}_2$

«Сварка в среде углекислого газа получила широкое применение при изготовлении и монтаже трубопроводов» [7]. «Механизированная сварка в углекислом газе является эффективным методом сварки трубопроводов различных диаметров и толщин стенок» [20]. Она позволяет сваривать как поворотные, так и прямые стыки без использования подкладных колец. Для обеспечения качественного соединения необходимо производить сборку и прихватку стыков в специальных приспособлениях, а также контролировать процесс сварки. Для автоматизированной дуговой сварки используется специальное оборудование, которое оснащено системой подачи электродов и обеспечивает стабильное горение дуги. Вместо использования коротких электродов, применяется электродная проволока большой длины, которая постепенно подается в зону дуги в процессе её плавления.

Следовательно, данный метод сварки является подходящим для достижения цели выпускной квалификационной работы.

#### **1.4.2 Автоматическая сварка в среде защитного газа**

Сварка в среде защитного газа имеет несколько преимуществ перед другими методами, такие как надежная защита расплавленного металла от окисления кислородом воздуха, отсутствие необходимости использования флюсов и обмазок, что упрощает и удешевляет процесс, высокая производительность, возможность механизации в разных положениях и хороший внешний вид сварного шва, а также высокие механические свойства соединения. Кроме того, сварка труб без внутренних подкладных колец или ручной подварки также возможна при использовании этого метода.

«Для выполнения сварочных работ на трубопроводах, заполненных углекислым газом, применяются механизированная дуговая сварка и малоуглеродистые проволоки марок СВ-08ГС и СВ-08Г2С, которые содержат повышенное количество марганца и кремния» [18]. Чтобы обеспечить стабильность процесса, необходимо использовать специальные сварочные генераторы с жесткой или возрастающей внешней характеристикой, а также выпрямители. Автоматическая сварка в среде защитных газов является эффективным вариантом для серийного производства сварных изделий, но для небольшого количества деталей лучше использовать обычный ручной метод сварки. Ручной метод позволяет получать качественные и прочные соединения без дополнительной обработки. Однако, для достижения оптимальных результатов необходимо правильно настроить сварочное оборудование и выбрать оптимальные параметры сварки. При работе с газовыми баллонами необходимо соблюдать правила безопасности и проводить сварочные работы только в хорошо проветриваемых помещениях или на открытом воздухе.

### **1.4.3 Сварка порошковой проволокой**

При возможности вращения прямолинейных участков трубных заготовок, определенные элементы могут быть сварены в цехах или на трубозаготовительных базах. Во время монтажа производится сварка неповоротных стыков на прямолинейных участках и приварка трубных узлов, таких как отводы. Сварка порошковой проволокой является одним из наиболее эффективных методов сварки трубопроводов в углекислом газе. Данный метод позволяет получать высококачественные и прочные соединения, а также ускоряет процесс сварки благодаря использованию автоматического оборудования.

Для сварки порошковой проволокой используются специальные сварочные аппараты, которые позволяют контролировать температуру и скорость сварки. Проволока содержит порошковую смесь, которая при нагревании превращается в защитный газ, который предотвращает окисление металла и образование пор.

Однако для достижения оптимальных результатов необходимо правильно выбрать тип порошковой проволоки и настроить сварочное оборудование в соответствии с требованиями технологического процесса. Также необходимо соблюдать правила безопасности при работе с газовыми баллонами и проводить сварочные работы только в хорошо проветриваемых помещениях или на открытом воздухе.

Для подготовки трубы к сварке используется специальное оборудование, например, центрирующие детали. Сварку производят при помощи покрытых электродов. Для сварки узлов трубопроводов, работающих под давлением 15-20 атм, успешно применяется метод сварки порошковой проволокой. Этот метод позволяет повысить производительность труда на

40% по сравнению с ручной сваркой и улучшить качество технологических трубопроводов.



Рисунок 5 — Сварка порошковой проволокой

### **Выводы по разделу:**

Таким образом, в результате проведенного анализа возможных способов сварки для сварки отвода в трубопровод можно применить механизированную сварку в среде защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать технологии сборки и приварки отводов к трубопроводу;
2. Подобрать оборудование в соответствии с разработанной технологией.



## 2 Технологический процесс сборки и сварки отвода в трубопровод

### 2.1 Подготовка к сварке кромок труб и отвода

Перед тем, как производить состыковку и сварку отвода в трубопровод, сначала требуется подготовить кромки трубопровода и отвода. Зачищаем, до чистого металла на месте сварки. Для выполнения этой задачи применяем соответствующее оборудование:

Угловая шлифовальная машина марки «Makita GA6021C», 1450 Вт и круг зачистной «луга» с размером 150х6х22.



Рисунок 6 – Подготовка кромок трубопровода к сварке

Проделанная операция, включает в себя:

- зачистку металла;
- очистку произведенных кромок;
- отчистку от загрязнений.

После произведенных операций, следует обезжирить поверхность кромок, во избежание попадания различного рода загрязнений.

## 2.2 Сварка отвода и трубопровода

Для сборки и прихватки стыков необходимо использовать специальные сборочные приспособления, которые обеспечивают соосность элементов и необходимый зазор между ними. Сначала необходимо состыковать первую трубу с отводом, затем - после сварки - состыковать вторую трубу с отводом и приступить к сварке. Для сварки в защитных газах с использованием плавящегося электрода рекомендуется использовать сварочную проволоку, которая имеет схожий химический состав с материалом, который требуется соединить.



Рисунок 7 — Сварка отвода и технологического трубопровода

«Так, сталь 09Г2С сваривают сварочной проволокой Св-08Г2С» [10]. Выбор защитного газа зависит от того, насколько он инертен к металлу, который необходимо сварить, или насколько его активность способствует очищению металла в процессе сварки. Сварку с использованием плавящегося электрода и защитных газов проводят при использовании постоянного тока обратной полярности. Скорость подачи сварочной проволоки 300 м/час, ток 150-170 А, напряжение 20-21 и расход газа 8 л/мин.

Таким образом, после завершения сварочных работ необходимо провести проверку качества.

### **2.3 Контроль качества сварки трубопровода**

После завершения сварочных работ и остывания изделия необходимо проверить внешний вид сварного шва с помощью лупы и осветительной лампы. Для выявления дефектов, таких как трещины, непровары и кратеры, можно использовать универсальный шаблон сварщика (УШС-3) (рисунок 8).



Рисунок 8 — Проверка шва УШС-3

Следующая процедура проверки-опрессовка. Произведем, данную проверку, с помощью компрессора «Fini TIGER 265M» (рисунок 17).

### **2.4 Опрессовка**

«Опрессовка трубопроводов относится к операции по контролю целостности и качеству монтажа труб и фитингов. Система испытывается

повышенным давлением, граничащим с допустимым. Если она выдерживает испытание и сохраняет свою герметичность, то трубопровод признается годным для дальнейшей эксплуатации.



Рисунок 9 — Процесс опрессовки

Сама опрессовка происходит следующим образом. Перекрывается запорная арматура в конце и начале участка. Затем подключается источник давления через специальный отвод, предусмотренный ещё на этапе проектирования. Теперь наступил этап закачки воздуха. Закачка идет сквозь клапан обратного давления, который не позволяет воздуху уходить из проверяемой системы. Контроль герметичности системы осуществляется обычным манометром, установленным за клапаном обратного давления. Давление поднимается до нужного уровня и контролируется в течение заданного времени» [4].

#### **Выводы по разделу:**

Таким образом, в результате проектирования технологического процесса сборки и сварки отвода трубопровода была определена последовательность операций и требования к качеству выполняемых работ. В результате правильного проектирования технологического процесса была

достигнута высокая эффективность производства и обеспечена надежность эксплуатации отвода трубопровода.

### 3 Выбор оборудования для сборки и сварки отвода с трубопроводом

#### 3.1 Подготовка и зачистка кромок к сварке

Чтобы начать сварку отвода и трубопровода, нужно подготовить его кромки, путем создания разделки С2.

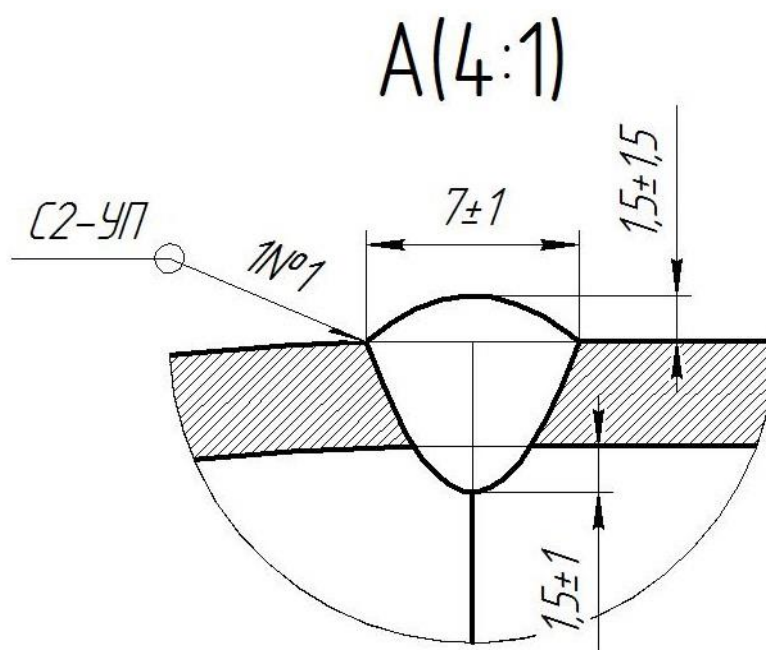


Рисунок 10 — Разделка кромок

Для производства данной операции, используем такое оборудование как:

- угловая шлифовальная машина «Makita GA6021C» (рисунок 11);
- диск «Луга»;
- сварочные краги;
- защитные очки;

- штангенциркуль.



Рисунок 11 — Угловая шлифовальная машина «Makita GA6021C»

После окончания операции, проводим контрольные замеры сделанной разделки, с помощью штангенциркуля. Если размеры не соответствуют заданным, то стоит исправить данную погрешность. Зачищаем до металлического блеска поверхности кромок, чтобы убрать лишние загрязнения, используя кордщетку «МАКИТА» 75 мм. (рисунок 12).



Рисунок 12 — Кордщетка «МАКИТА»

После проделанных действий, нужно осмотреть зачищаемую поверхность, на предмет прочих загрязнений. Если такие присутствуют, то проводим повторную зачистку и обезжириваем.

### 3.2 Центровочное оборудование для сборки трубопровода и отвода

Чтобы начать сварку отвода и технологического трубопровода, после зачистки требуется центрирующее устройство. Центрирующее устройство - это устройство, позволяющее сваривать цилиндрические поверхности двух деталей.



Рисунок 13 — Центровочное оборудование

Центровка - это не только выравнивание двух деталей, но и их фиксация таким образом, чтобы они не смещались и не поворачивались относительно одной из координатных осей. Сборка трубного соединения является наиболее важной задачей, которая в значительной степени влияет на качество сварного шва. При сборке необходимо следить за тем, чтобы трубы были выровнены, чтобы свариваемые концы совпадали и чтобы в стыке был равномерный зазор, чтобы сварочный канал мог быть проварен по всему периметру. Для соединения труб диаметром от 57 мм до 2200 мм мы используем внешние цепные звенья (рисунок 13). Этот центр звеньев, изготовленный компанией

Massey Diamant, соединяет и выравнивает свариваемые трубы, тройники и колена, обеспечивая при этом полную безопасность сварщика.

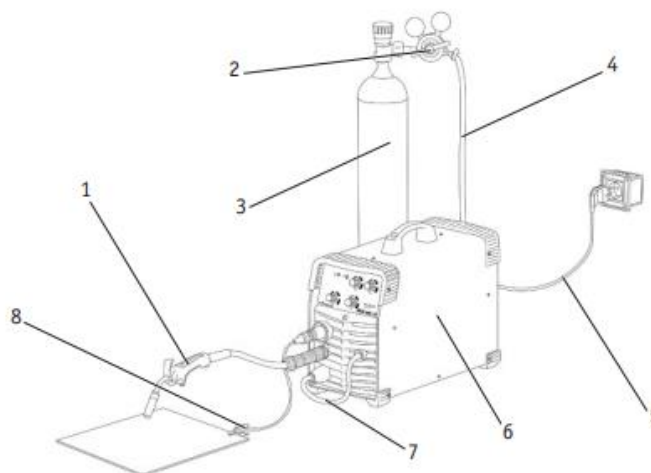
### **3.3 Источник питания для механизированной сварки**

Сварочный аппарат «Сварог MIG 200 REAL Black» применяющийся для выполнения сварочных работ в полуавтоматическом режиме с использованием защитных газов (MIG/MAG), сварки порошковой проволокой и ручной дуговой сварки с покрытым электродом.



Рисунок 14 — Сварочный инвертор «Сварог MIG 200 REAL Black»





1 – горелка; 2 – редуктор; 3 – баллон; 4 – газовый шланг; 5 – сетевой кабель;  
6 – сварочный аппарат; 7 – кабель переключения полярности; 8 – клемма заземления

Рисунок 15 – Схема подключения оборудования

Таблица 5 — Технические характеристики, «Сварог MIG 200 REAL Black»

Характеристика	Значение
Сетевое напряжение	220 В
Вырабатываемый ток	35 А
Коэффициент мощности	7,7 кВа
Номинальный ток сварки	30-200 А
Рабочее напряжение	15,5-23,5 В
Напряжение холостого хода	52 В
Диаметр сварочной проволоки	0,6мм/0,8мм/1,0мм
Скорость подачи проволоки	1,5-14 м/мин
Габаритные размеры источника	502×225×375 мм
Вес источника	13 кг

Этот сварочный инвертор имеет широкий спектр применения, что является его преимуществом. Он может использоваться для сварки низкоуглеродистых, нержавеющей, разнородных сталей, а также алюминия и его сплавов. Встроенный металлический механизм подачи проволоки является конструктивной особенностью данного оборудования. Технические характеристики «Сварог MIG 200 REAL Black» можно найти в таблице 5. При работе с этим сварочным аппаратом необходимо соблюдать правила безопасности и выбирать оптимальные параметры сварки для достижения наилучших результатов.

### 3.4 Контроль качества сварки отвода и трубопровода

При проверке качества сварного шва нужно убедиться, что он соответствует требованиям, изложенным в нормативных документах и технологической карте. Для проверки сварного шва используется шаблон для универсальных сварочных работ (рисунок 16). Для рабочего визуального контроля сварных соединений предназначены специальные измерительные приборы с несколькими делениями. Универсальный шаблон сварщика, необходим для самоконтроля критических параметров, влияющих на прочность сварного шва (угол скоса, зазор между заготовками, параметры сварочной фаски). Простейший инструмент для неразрушающего контроля, изготовленный из нержавеющей стали, с метками, покрытыми износостойкой краской. Этот стандартизированный инструмент является частью набора контрольных инструментов для визуального контроля сварных соединений. Универсальный шаблон сварщика (УШС- 3) проверяет до 11 параметров, проверяя положение детали (определяется зазором, отклонением детали относительно горизонтальной линии) и подготовку сварного шва (измеряется скос кромок).

Проверяется сварной шов:

- размер дефекта (глубина) и усиление шва;
- основные параметры сварной фаски (выпуклость и вогнутость); притупление;
- подрезы у основания шва (кромки не соответствуют запланированному положению).

Рекомендуется, чтобы зона контроля располагалась в наиболее освещенном месте с естественным освещением. Для оптимизации контраста между фоном и дефектами в зоне контроля следует использовать дополнительный переносной источник света (т.е. комбинированное освещение). Освещенность

проверяемой поверхности должна быть достаточной для надежного обнаружения дефектов.

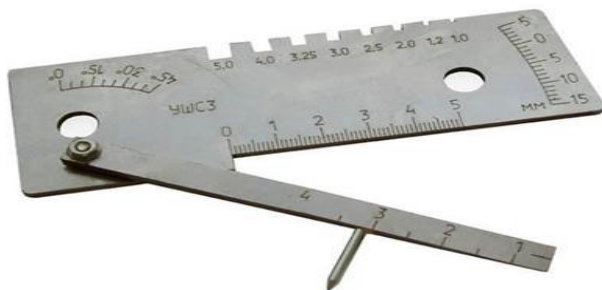


Рисунок 16 — «Универсальный шаблон сварщика» (УШСЗ)

После визуального контроля, финальной проверкой стыка сварного шва отвода и трубопровода, проводится опрессовка. Данная операция необходима и важна, она позволяет выявить слабые места в собранном трубопроводе.



Рисунок 17 — Компрессор «Fini TIGER 265M»

Таблица 6 — Технические характеристики «Fini TIGER 265M»

Характеристика	Значение
Производительность	250 л/мин
Давление	10 бар
Мощность	1,5 кВт
Напряжение	230 В
Габариты	580x310x620 мм
Вес	24 кг

Опрессовка трубопровода - это процедура, выполняемая на отдельном участке трубопровода, который изолирован от остальной системы. В ходе этой процедуры производится специальное испытание, при котором на участок трубопровода подается повышенное давление, которое близко к предельно допустимому. Проведение опрессовки позволяет убедиться в целостности

участков и стыков трубопровода. В представленной операции, воспользуемся компрессором «Fini TIGER 265M».

**Выводы по разделу:**

Таким образом, выбор оборудования для сборки и сварки отвода с трубопроводом был осуществлен на основе анализа технических характеристик, производительности и надежности оборудования, что позволит достичь оптимальных результатов в работе.

## 4 Безопасность и экологичность проекта

### 4.1 Сущность технологического процесса

Таблица 7 – «Технологический паспорт объекта» [6]

Технологический процесс	Технические операции, виды выполняемых работ	Технические процессы, названия должностей сотрудников, выполняющих операции	Оборудование, технические устройства, приспособления и арматура	Используемые материалы, вещества
Механическая обработка	Зачистка, до металлического блеска поверхности кромок	Слесарь-сборщик	Угловая шлифовальная машина «Makita GA6021C»	защитные очки; кордщетка «МАКИТА» круг абразивный
Сварка труб с отводом	Сварка 1 и 2 трубы с отводом	Электрогазосварщик	Сварочный инвертор «Сварог MIG 200 REAL Black»	сварочные краги; сварочная маска;
Опрессовка	Повышенное давление	Слесарь-опрессовщик	Компрессор «Fini TIGER 265M»	Перчатки, защитные очки

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 8 – «Идентификация профессиональных рисков» [6]

Производство - техническое или эксплуатация - техническая операция, вид выполняемой работы	Опасные или вредные производственные факторы	Вредные производственные факторы или источники вредных производственных факторов
1	2	3
Подчистка, до металлического блеска поверхности кромок	Опасности в производстве: движущиеся и вращающиеся механизмы, перемещающиеся компоненты, вылетающие детали, шум, опасные вещества и возможность возгорания.	Угловая шлифовальная машина «Makita GA6021C»

Продолжение таблицы 8

1	2	3
Сварка 1 и 2 трубы с отводом	Металлическая поверхность горячая, напряженная и излучает инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, что может вызвать распыление металла. Также вокруг могут быть высокие концентрации газов, пыли и сварочных аэрозолей.	Сварочный инвертор «Сварог MIG 200 REAL Black»
Процесс опрессовки	заусенцы, шероховатость, острые кромки - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.	Компрессор «Fini TIGER 265M»

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 9 – «Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков» [6]

Опасные или вредные производственные факторы	Способы и инструменты для обеспечения безопасности на рабочем месте, которые включают в себя организационные меры и технологические решения, направленные на предотвращение, снижение или исключение возможных опасных или вредных факторов в производственной среде.	Средства индивидуальной защиты для работников
1	2	3
передвигающиеся и вращающиеся детали и узлы	Использование ограждений для ограничения доступа персонала к опасным зонам; установка информационных плакатов и знаков в специально отведенных местах	Защитные очки
усиленный уровень вибрации	Применение вибропоглощающих покрытий, приводящих к снижению интенсивности пространственной вибрации конструкции за счет рассеяния энергии механических колебаний, общее время контакта с вибрирующими машинами на протяжении смены не должно превышать 2/3 длительности рабочего дня	Рукавицы с защитными прокладками
повышенный уровень шума	применение средств индивидуальной защиты органов слуха от воздействия шума, проведение предварительных и периодических медицинских осмотров	Противошумные наушники
возможность поражения электрическим током	Организовать защитное заземление, регулярно проводить инструктаж по технике безопасности и периодически проверять изоляцию и сопротивление контура заземления	Специальная рабочая одежда

Продолжение таблицы 9

1	2	3
острые кромки, заусенцы и не обработанные края металлической конструкции	Плакаты и указатели, а также инструктажи по технике безопасности для персонала	Защитный кожух, рукавицы х/б

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 10 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [6]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Очистка и дефектация мест отбора проб дефектов	Угловая шлифовальная машина «Makita GA6021C»	Возгорания, вызванные горением материалов и веществ в электроустановках, находящихся под напряжением (Е)	Пламя, жар и искры	Преобразование (перенос) высокого уровня электрического напряжения на элементы, способные проводить электрический ток, включая компоненты технических систем, оборудования, машин, изделий и других объектов.
Зона сборки и сварки отвода и трубопровода	Сварочный инвертор «Сварог MIG 200 REAL Black»	С: Пожары, вызванные возгоранием и сгоранием газовых веществ. Е: Пожары, связанные с возгоранием и горением материалов и веществ в электроустановках, находящихся под напряжением.	пламя и искры; тепловой поток; воздуха/окружающей среды; снижение видимости в дыму (в задымленных пространствах).	В случае короткого замыкания на оборудовании с высоким напряжением или продукты, используемые для тушения пожаров, начинают гореть, то это может привести к возникновению опасности для жителей района.



Таблица 11- «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [6]

Основные средства пожаротушения	Маневренные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкости для песка, переносные углекислотные огнетушители	Пожарные автомобили (вызываются)	Нет потребности	Нет потребности	Нет потребности	Эвакуационный план	Конусные ведра, ломы, штыковые лопаты	Оповещающая кнопка при пожаре

Таблица 12 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [6]

Наименование участка	«Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
Технологические отделения, станции сборки и сварки трубопроводов	«Проинструктировать персонал производственной площадки по технике безопасности и действиям в случае короткого замыкания или пожара»	Для предотвращения возможных опасностей необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, периодически контролировать изоляцию и сопротивление заземляющей цепи, а также установить искрозащитный барьер для уменьшения распространения искр.

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 13 – «Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса» [6]

Анализируемый технологический процесс	Операции, выполняемые в рамках анализируемого процесса.	Показатели, неблагоприятно воздействующие на атмосферу	Показатели, неблагоприятно воздействующие на гидросферу	Показатели, неблагоприятно воздействующие на литосферу
Монтаж и сварка технологических отводов и трубопроводов	Операции сопутствующие сборочные и сварочные работы трубопровода Сборка стыков в условиях Стыковая сварка Контроль сварных соединений Контроль стыков	Частицы сажи и вредные газы, образующиеся в процессе сварки	Химические средства	Остатки наполнителей упаковок, остатки бытовых и промышленных отходов

Таблица 14 - «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [6]

Название технического объекта	Механизированная сварка в газовой среде сплошной проволокой
Процесс по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оборудуйте вентиляционные системы дополнительными фильтрующими устройствами
Процесс по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Нет потребности
Процесс по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на рабочих местах контейнеров для сбора и удаления отходов в соответствии с классом опасности отходов

#### **4.6 Заключение по разделу безопасность и экологичность технического объекта выпускной квалификационной работы бакалавра**

В этом разделе представлены рекомендации по обеспечению безопасности работников и имущества компании от возможного возгорания, а также предложены типовые инструменты для решения возможных проблем. Сварка отвода в технологический трубопровод может иметь как положительные, так и отрицательные экологические последствия. С одной стороны, сварка отвода может способствовать улучшению экологической эффективности трубопровода, поскольку позволяет создать более герметичное соединение, которое уменьшает вероятность утечки газов или жидкостей. Это может привести к снижению рисков загрязнения окружающей среды и повышению безопасности эксплуатации трубопровода.

С другой стороны, сварочные работы могут потреблять большие количества энергии, что может приводить к увеличению выбросов парниковых газов и других вредных веществ в атмосферу. Кроме того, некачественная сварка может привести к повреждению трубопровода и утечке опасных веществ в окружающую среду.

Таким образом, для достижения максимальной экологической эффективности сварки отвода в технологический трубопровод необходимо использовать современные технологии сварки, обеспечивающие высокое качество соединения, а также минимизировать потребление энергии и контролировать выбросы вредных веществ в атмосферу.

## 5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

### 5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчётов

В данной работе был предложен улучшенный технологический процесс сборки и сварки технологического трубопровода и отвода, который заменяет ручную дуговую сварку на более эффективную механизированную сварку в среде защитных газов. Это было необходимо, так как базовый вариант имел недостатки, такие как низкая производительность сварочных работ, трудные условия для сварщика, требования к профессиональному мастерству и большой расход материалов.

Таблица 15 – «Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений в технологических операциях»

Название экономического показателя	Условное обозначение в расчетах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_p$	-	$V$	$V$
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	руб/час	300	300
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_{д}$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Норма амортизации оборудования	$Н_а$	%	21,5	21,5
Норма амортизации площади	$Н_а.пл.$	%	-	-
Площадь под оборудование	$S$	$м^2$	-	-
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	руб/ $м^2$	0	0

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5
Стоимость эксплуатации площадей	Сзксп	(руб/м <sup>2</sup> )/год	0	0
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	Кмонт Кдем	%	0	0
Стоимость оборудования	Цоб	руб.	132000	155000
Коэффициент дополнительной производственной площади	Кпл	–	–	–
Мощность оборудования	Муст	кВт	10	10
Стоимость электрической энергии	Цэ-э	руб/ кВт	3,23	3,23
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,80	0,85
Коэффициент эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

## 5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

«Размер временного резерва, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе, по основным и конструктивным возможностям можно определить по формуле» [2]:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см}. \quad (1)$$

«где  $T_{см}$  – продолжительность рабочей смены в часах» [5];

« $D_p$  – общее число рабочих дней в календарном году» [5];

« $D_n$  – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [2];

« $T_{\text{п}}$  – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [2];

« $K_{\text{см}}$  – количество рабочих смен» [2].

«Значения параметров и коэффициентов» [2]:

$D_{\text{р}} = 247$  дней,  $T_{\text{см}} = 8$  часов,  $D_{\text{п}} = 7$  дней,  $T_{\text{п}} = 1$  час  $K_{\text{см}} = 1$ .

«После подстановки в формулу (1) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$F_{\text{н}} = (247 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 1969 \text{ ч.}$$

«Расчет эффективного фонда наработки сварочного оборудования, участвующего в выполнении операций технологического процесса по основным и конструктивным возможностям, можно определить по формуле» [2]:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}}(1 - B/100). \quad (2)$$

«где  $B$  – процент планируемых потерь рабочего времени» [5].

«Значения параметров и коэффициентов»:

$F_{\text{н}} = 1969$  ч,  $B = 7\%$ .

«После подстановки в формулу (2) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$F_{\text{э}} = 1969 \cdot (1 - 7/100) = 1831 \text{ ч.}$$

### 5.3 Расчёт штучного времени

«Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы» [2]:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{ОСН}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}} \quad (3)$$

«где  $t_{\text{шт}}$  – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2];

« $t_{OCH}$  – основное время - количество времени в часах, которое сотрудники затрачивают на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями. Определяется по формуле» [2]:

$$t_{um} = L_{шв} / V_{св} \quad (4)$$

«где  $L_{шв}$  - сумма длин всех швов, м  $\sum L_{шв} = 0,34$ м» [2];

« $V_{св}$  — скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{св} = 5$  м/ч.» [2];

« $V_{св}$ - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{св} = 12$  м/ч» [2];

Для обоих вариантов основное время определяется в соответствии с уравнением (4):

$$t_{OCHбаз} = 0,34/5 = 0,068 \text{ч.}$$

$$t_{OCHпроект} = 0,34/12 = 0,028 \text{ч.}$$

« $t_{ВСП}$  – вспомогательное время - количество времени в часах, которое сотрудники будут затрачивать на выполнение подготовительных операций технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ВСП} = 10\%$  от  $t_{OCH}$ » [2];

« $t_{ОБСЛ}$  – наработка - количество времени в часах, которое будет определять обслуживающий персонал, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ОБСЛ} = 5\%$  от  $t_{OCH}$ » [2];

« $t_{ОТЛ}$  – время личный досуг - объем-время в часах, которое будет затрачено работником на обеспечение личных потребностей в отпуске при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ОТЛ} = 5\%$  от  $t_{OCH}$ » [2];

« $t_{П-3}$  – время подготовки-финальное - количество времени в часах, которое будет определено сотрудником для выполнения подготовки -

окончательная операция технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{оп-з} = 1\%$  от  $t_{осн.}$ » [2].

«После подстановки в формулу (3) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$t_{ум.баз} = 0,068 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,082 \text{ ч.}$$

$$t_{ум.проектн.} = 0,028 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,034 \text{ ч.}$$

«Расчет годовой программы сварочных работ по рассматриваемому технологическому процессу по основному и конструктивному вариантам возможен по формуле» [2]:

$$П_г = F_э / t_{ум.} \quad (5)$$

«где  $F_э$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2];

« $t_{шт}$  – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [2];

«После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$П_{г.баз.} = 1831 / 0,082 = 22329 \text{ сварных стыков трубопровода за год ;}$$

$$П_{г.проектн.} = 1831 / 0,034 = 53852 \text{ сварных стыков трубопровода за год.}$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе годовой программы  $П_г = 22000$  сварных стыков трубопровода в год» [2].

«Необходимое количество сварочного оборудования, которое будет использовано при выполнении операций технологического процесса согласно основным и конструктивным возможностям, рассчитывается по формуле» [2]:

$$n_{расч} = t_{ум} \cdot П_г / (F_э \cdot K_{вн}). \quad (6)$$

«где  $П_г$  – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении



операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2];

« $t_{шт}$  – штучное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение всех операций технологического процесса согласно базовым и проектным возможностям» [2];

« $Fэ$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2];

« $K_{вн}$  – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы, (для базового и проектного варианта технологий принимаем  $K_{вн} = 1,03$ )» [2].

«После подстановки в формулу (6) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$n_{расч. б.} = 0,082 \cdot 22000 / (1831 \cdot 1,03) = 0,96;$$

$$n_{расч. пр.} = 0,034 \cdot 22000 / (1831 \cdot 1,03) = 0,40.$$

«Исходя из расчета по определению эффективного функционального рабочего времени на единицу оборудования, времени, которое будет затрачено рабочими на выполнение всей работы технологического процесса, основных возможностей и возможностей в проекте, можно сделать вывод о необходимом количестве и сварочное оборудование. Для реализации ключевой технологии необходимо использовать штучное производственное оборудование. Для реализации технологии проекта необходимо использовать единое производственное оборудование» [2].

«Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле» [2]:

$$K_z = n_{расч} / n_{пр.} \quad (7)$$

«Где  $n_{расч}$  – полученное согласно (6) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2];

« $n_{пр}$  – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2].

«После подстановки в формулу (7) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$Kзб = 0,96/1 = 0,96;$$

$$Kзн = 0,40/1 = 0,40.$$

#### 5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

«Сварочные изделия являются подходящими сварочными материалами. Базовая технология сварки предполагает использование ручной дуговой сварки покрытым электродом. Технология проекта предусматривает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Стоимость сварочных материалов, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей проекта, рассчитывается по формуле» [2]:

$$M = Ц_{м} + K_{Т-З}, \quad (8)$$

«где  $Ц_{м}$  – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ» [2];

« $K_{Т-З}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы» [2];

«После подстановки в формулу (8) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$M_{баз.} = 142 + 7,1 = 149,1 \text{ рублей}$$

$$M_{проектн.} = 100 + 5 = 105 \text{ рублей}$$

«Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы  $Z_{осн}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$ » [2].

«Объём  $Z_{осн}$  основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [2]:

$$Z_{осн} = t_{итт} \cdot C_{ч} \cdot K_{д}. \quad (9)$$

«где  $C_{ч}$  – утверждённая часовая тарифная ставка работника» [2];

« $K_{д}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [2].

«После подстановки в формулу (9) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$Z_{осн.баз.} = 0,082 \cdot 300 \cdot 1,88 = 26,48 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 0,034 \cdot 300 \cdot 1,88 = 19,176 \text{ руб.}$$

«Объём  $Z_{доп}$  дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100. \quad (10)$$

«где  $K_{доп}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [2].

«После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, получим» [2]:

$$Z_{доп.базов.} = 26,48 \cdot 12 / 100 = 3,18 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.проектн.} = 19,176 \cdot 12 / 100 = 2,30 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{базов.} = 26,48 + 3,18 = 29,66 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 19,176 + 2,30 = 21,47 \text{ руб.}$$

«Объём  $O_{сн}$  отчислений на страховые взносы определим расчётным путём с использованием формулы» [2]:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100. \quad (11)$$

«где  $K_{сн}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на страховые взносы» [2].

«После подстановки в формулу (11) численных значений соответствующих переменных, имеем» [2]:

$$O_{сн баз.} = 29,66 \cdot 30 / 100 = 8,898 \text{ руб.}$$

$$O_{сн проектн.} = 21,47 \cdot 30 / 100 = 6,441 \text{ руб.}$$

«Объём  $Z_{об}$  финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (12)$$

«где  $A_{об}$  – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5];

« $P_{ээ}$  – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам»

«Финансовые потери от износа оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2]:

$$A_{об} = Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш} / F_э \cdot 100. \quad (13)$$

«где  $Ц_{об}$  – цена оборудования, задействованного в операциях технологического процесса, по основным и конструктивным возможностям, определяемая по каталогам компаний в сети Интернет» [2];

« $H_a$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [2];

« $t_{маш}$  – машинное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями» [2];

« $F_э$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2].

«После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, имеем» [2]:

$$A_{об. баз.} = 132000 \cdot 21,5 \cdot 0,33 / (1831 \cdot 100) = 5,11 \text{ руб.};$$

$$A_{об. пр.} = 155000 \cdot 21,5 \cdot 0,53 / (1831 \cdot 100) = 9,65 \text{ руб.}$$

«Стоимость электроэнергии при проведении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определяется расчетным методом по формуле» [2]:

$$P_{э\text{э}} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э\text{э}} / КПД. \quad (14)$$

«где  $M_{уст}$  – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2];

« $Ц_{э\text{э}}$  – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [2];

«КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [2].

«После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем» [2]:

$$P_{э\text{э} \text{ баз}} = 10 \cdot 0,33 \cdot 3,23 / 0,80 = 13,32 \text{ руб.};$$

$$P_{э\text{э} \text{ пр}} = 10 \cdot 0,53 \cdot 3,23 / 0,85 = 20,14 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 5,11 + 13,32 = 18,43 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 9,65 + 20,14 = 29,79 \text{ руб.}$$

«Значение  $C_{тех}$  показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [2]:

$$C_{тех} = M + ФЗП + Осн + Зоб. \quad (15)$$

«После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, имеем» [2]:

$$C_{ТЕХБаз.} = 149,1 + 29,66 + 8,898 + 18,43 = 206,179 \text{ руб.};$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 105 + 21,47 + 6,444 + 29,79 = 162,704 \text{ руб.}$$

«Значение  $C_{цех}$  показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [2]:

$$C_{цех} = C_{тех} + Зосн \cdot K_{цех}. \quad (16)$$

«где  $K_{ЦЕХ}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю производственных затрат при выполнении операций технологического процесса по основным и проектным возможностям» [5].

«После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, имеем» [2]:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 206,179 + 1,5 \cdot 26,48 = 206,179 + 39,72 = 245,899 \text{ руб.};$$

$$C_{ЦЕХПроектн.} = 162,704 + 1,5 \cdot 19,176 = 162,704 + 28,764 = 191,468 \text{ руб.}$$

«Значение  $C_{зав}$  показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [2]:

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{осн} \cdot K_{зав.} \quad (17)$$

«где  $K_{ЗАВ}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [2].

«После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, имеем» [2]:

$$C_{ЗАВБаз.} = 245,899 + 1,15 \cdot 26,48 = 245,899 + 30,452 = 276,351 \text{ руб.};$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 191,468 + 1,15 \cdot 19,176 = 191,468 + 22,0524 = 213,5204 \text{ руб.}$$

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 17» [2].

Таблица 16 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [2]

Показатели	Условное обозн.	Калькуляция, руб.	
		Базовый	Проектный
1. Материалы/расходники	М	149,1	105
2. Фонд заработной платы	ФЗП	29,66	24,47
3. Отчисление на соц. нужды	Осн	8,898	6,444
4. Затраты на оборудование	Зоб	18,43	29,79
5. Себестоимость технологическая	Стехн.	206,179	162,704
6. Себестоимость цеховая	Сцех.	245,899	191,468
7. Себестоимость заводская	Сзав	276,351	213,5204

## 5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

«Значение  $K_{\text{общ}}$  капитальные затраты, которые потребуются для выполнения технологических операций над базовыми и проектными вариантами, определяются расчетным путем по формуле» [2]:

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (18)$$

«где  $K_{\text{з}}$  – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [2];

« $C_{\text{ОБ.Б.}}$  – остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования» [2];

« $n$  – приобретенное ранее количество единиц технологического оборудования, для выполнения технологических операций в базовом и конструктивном вариантах» [2].

«Величину  $C_{\text{ОБ.Б.}}$  остаточная стоимость технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [2]:

$$C_{\text{об.б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100). \quad (19)$$

«где  $C_{\text{ПЕРВ}}$  – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [2];

« $T_{\text{СЛ}}$  – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту» [2];

« $H_A$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [2].

«После подстановки в формулу (18) и (19) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$Ц_{ОБ.Баз.} = 132000 - (132000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 46860 \text{ руб.};$$

$$K_{ОБЩ.Баз.} = 46860 \cdot 0,96 = 44985,6 \text{ руб.}$$

«Величину  $K_{ОБЩ.ПР}$  суммарные капитальные затраты на выполнение операций технологического процесса в технологии проекта определяем расчетным способом по формуле» [2]:

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{пл. пр.} + K_{соп.} \quad (20)$$

«Где  $K_{ОБ.ПР}$  – оценочная сумма капитальных вложений в оборудование, используемое для выполнения технологических операций в технологии проекта» [2];

« $K_{ПЛ.ПР}$  – предполагаемый объем капитальных вложений в производственные мощности, которые используются для выполнения технологических операций по технологии проекта» [2];

« $K_{СОП.ПР}$  – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [2].

«Объём  $K_{ОБ.ПР}$  капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [2]:

$$K_{об. пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{зн.} \quad (21)$$

«После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [2].

$$Ц_{об. пр.} = 155000 \cdot 1,05 \cdot 0,40 = 65100 \text{ руб.}$$

«Объём  $K_{СОП}$  сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса в технологии проекта определяется расчетным методом по формуле» [2]:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт.} \quad (22)$$

«где  $K_{ДЕМ}$  – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии» [2];



« $K_{\text{МОНТ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [2].

«Затраты  $K_{\text{ДЕМ}}$  на демонтаж оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса на базовом исполнении, определяются расчетным способом по формуле» [2]:

$$K_{\text{ДЕМ}} = C_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}}. \quad (23)$$

«где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [2].

«После подстановки в формулу (23) численных значений соответствующих переменных, имеем» [2]:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 132000 \cdot 0 = 0 \text{ рублей.}$$

«Стоимость  $K_{\text{МОН}}$  на установку оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту, мы определяем расчетным способом по формуле» [2]:

$$K_{\text{МОНТ}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{М.}} \quad (24)$$

«где  $K_{\text{МОНТ}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [2].

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формулах (5.22) и (5.24) имеем» [2]:

$$K_{\text{МОНТ}} = 155000 \cdot 0 = 0 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 0 + 0 = 0 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ.ПР.}} = 65100 + 0 = 65100 \text{ руб.}$$

«Размер  $K_{\text{ДОП}}$  дополнительных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [2]:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР.}} - K_{\text{ОБЩ.Б.}} \quad (25)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (25) имеем» [2]:

$$K_{\text{ДОП}} = 65100 - 44985,6 = 20114,4 \text{ рублей.}$$

«Размер индивидуальных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [2]:

$$K_{уд} = K_{общ} / П_{Г}. \quad (26)$$

«где  $П_{Г}$  – принятое значение годовой программы» [2].

$$K_{удБаз} = 44985,6 / 22000 = 2,04 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн} = 65100 / 22000 = 2,96 \text{ руб./ед.}$$

## 5.6 Расчёт показателей экономической эффективности

«Сокращение трудозатрат при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [2]:

$$\Delta t_{ум} = (t_{ум б} - t_{ум пр}) \cdot 100 \% / t_{ум б}. \quad (27)$$

«После замены в формуле (27) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [2].

$$\Delta t_{ум} = (0,082 - 0,034) \cdot 100 \% / 0,082 = 58,5 \%$$

«Прирост производительности труда  $П_{Г}$  при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [2]:

$$П_{Г} = 100 \cdot \Delta t_{ум} / 100 - \Delta t_{ум}. \quad (28)$$

«После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [2].

$$П_{Г} = 100 \cdot 61 / (100 - 61) = 17 \%$$

«Снижение технологической себестоимости  $\Delta C_{тех}$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:» [2].

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100 / C_{тех.б.} \quad (29)$$

«После подстановки в формулу (29) численных значений соответствующих переменных, имеем» [2]:

$$\Delta C_{тех} = (245,899 - 191,468) \cdot 100 / 206,179 = 26 \%$$

«Условная годовая экономия затрат (ожидаемая прибыль) при внедрении предложенного решения в производство будет определяться расчетным способом по формуле» [2]:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{np}) \cdot Пг \quad (30)$$

«После замены в формуле (30) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [2].

$$Э_{у.г.} = (276,351 - 213,5204) \cdot 22000 = 1382273 \text{ руб.}$$

«Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [2]:

$$Ток = К_{доп} / Э_{у.г.} \quad (31)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (31) имеем:» [2].

$$Ток = 20114,4 / 1382273 = 0,14 \text{ года}$$

«Годовой экономический эффект Эг на участке при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [2]:

$$Эг = Э_{у.г.} - Ен \cdot К_{доп}. \quad (32)$$

«После подстановки в формулу (32) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [2]

$$Эг = 1382273 - 0,33 \cdot 20114,4 = 1375635 \text{ руб.}$$

### **Выводы по экономическому разделу**

Экономическо-вычислительные расчеты показали, что это эффективные меры, позволяющие увеличить производительность труда на 17 % и уменьшить технологическую себестоимость на 26 %. В результате внедрения новых решений, можно получить экономию в размере примерно 1,3 млн. рублей в год и окупить капитальные вложения за 0,14 года.

## Заключение

Таким образом, в выпускной работе были рассмотрены различные методы сварки отвода в технологический трубопровод, включая ручную дуговую сварку с использованием покрытого электрода, механизированную сварку в защитных газах, сварку порошковой проволокой и автоматическую сварку в среде защитных газов. Проанализировали, какие преимущества и недостатки у предоставленных способов. Сделали выбор, в пользу механизированной сварки в среде защитных газов. Такое использование сварки позволит повысить производительность сварочных работ. Существенно повысит качество, уменьшит время работы, которое затрачивают на исправление дефектов сварки.

Анализа характеристик созданного технологического процесса позволил выявить опасные и вредные факторы производства. Для решения этой проблемы был разработан список мероприятий и предложены стандартные средства и методы для их устранения.

Повышение производительности на 17 % свидетельствует о том, что внедрение новых методов и технологий было успешным. Уменьшение себестоимости на 26 %. является важным экономическим показателем, который позволяет снизить затраты на производство и увеличить прибыль компании.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что цель данной работы была успешно достигнута благодаря проведенному анализу, разработке мероприятий и их реализации. Полученные результаты позволяют улучшить условия труда, повысить производительность и качество процесса, а также снизить затраты на производство.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. ГОСТ 32569-2013. Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах.
2. Зубкова Н.В. – к.э.н., доцент. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Тольятти: ТГУ, 2020. – 123 с.
3. ГОСТ 27772-88 ПРОКАТ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.
4. Климов. А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение» /А.С. Климов. - Тольятти: ТГУ , 2014.
5. Краснопевцева И.В. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта производственно технологического характера для студентов специальности 150700.02.65 и направления подготовки 15.03.01 / И. В. Краснопевцева. –Тольятти: ТГУ, 2015. –С.3– 22
6. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021.
7. Моторин К.В. Методические указания по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. / К.В. Моторин. - Тольятти: ТГУ, 2021.
8. Патон, Б. Е., Римский, С. Т., Галинич, В. И. Применение защитных газов в сварочном производстве [Электронный ресурс] / Автоматическая сварка: науч.-произв. журн.

9. ПБ03-108-96: Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов [1]
10. Фоминых В. П., Яковлев А. П. Электросварка. Учебник для проф.-техн. училищ. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Высш. школа», 1976. 288 с. с ил.
11. ГОСТ 17380-2001 (ИСО 3419-81). Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Общие технические условия.
12. Козулин М. Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб.-метод пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ, 2008
13. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2020
14. ГОСТ 17380-2001 (ИСО 3419-81). Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Общие технические условия.
15. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата. - Тольятти: ТГУ, 2020-39 с.
16. Файловый архив для студентов [Электронный ресурс]. URL: <http://studfiles.ru>
17. Электронно-библиотечная система для учебных заведений [Электронный ресурс]. URL: <https://book.ru>
18. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999.
19. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992.
20. Satish Garg. Optimisation of High Frequency Seam Welding Parameters By Taguchi Method [Electronic resource] / Satish Garg, SS Banwait and Ravneet Kumar. - Asian Journal of Engineering and Applied Technology (2016). – Access mode: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11661-016-3335-8/>

21. Wilson, D.V. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel / D.V. Wilson, T.K. Tromans // Acta Metallurgica
22. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114-119.