

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 Модернизация режущего плазмотрона для плазменной сварки

Обучающийся

А.О.Федосеев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Э.Советкин

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

Тольятти 2023

## **Аннотация**

Название бакалаврской работы: «Модернизация режущего плазматрона для плазменной сварки».

Выпускная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 6 листах формата А1.

В данной выпускной работе рассматривается процесс модернизации режущего плазматрона для плазменной сварки. Описываются основные этапы работы режущего и сварочного плазматрона. Дается подробное описание предлагаемых изменений в конструкцию плазматрона. В заключении приводятся рекомендации по выбору оптимальных решений по выбору режимов для сварки и резки различных металлов. Цель выпускной квалификационной работы заключается в модернизации плазматрона для плазменной сварки с целью повышения эффективности и качества сварочных соединений.

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 bachelor's work is "Modernization of the Cutting Plasma Torch for Plasma Welding". The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, tables, a list of literature including foreign sources, and a graphic section on six A1 format sheets.

This work examines the process of modernizing the cutting plasma torch for plasma welding. The main stages of work for the cutting and welding plasma torch are described. A detailed description of proposed changes to the plasma torch design is provided. The conclusion presents recommendations for selecting optimal welding and cutting modes for different metals. The aim of this bachelor's work is to modernize the plasma torch for plasma welding in order to improve the efficiency and quality of welding joints.

Additionally, methods for ensuring personnel safety during the implementation of the developed technological process in the presence of hazardous and harmful production factors are presented.

## Содержание

Введение.....	6
1. Исследование применения плазменной резки металлов и сварки в промышленности.....	7
1.1. Современное состояние плазменной резки металлов.....	7
1.2. Принцип работы плазматрона для сварки и резки .....	8
1.3. Плазматроны по типу используемого газа .....	9
2. Модернизация режущего плазматрона для плазменной сварки.....	13
2.1 Обоснование выбора параметров и режимов .....	13
2.2 Режимы работы для режущего плазматрона .....	13
2.3 Режимы для сварки плазматроном .....	14
2.4 Конструкция плазматрона .....	16
2.5 Устройство плазматрона.....	17
2.6 Принцип действия.....	18
2.7 Модернизация режущего плазматрона для сварки .....	20
2.7.1 Описание особенностей и области применения плазменной сварки и резки	20
2.7.2 Доработка электрода .....	21
2.7.3 Использование газа для плазматрона.....	21
2.7.4 Установка защитного сопла на плазматрон .....	22
2.7.5 Принципы действия нового плазматрона .....	23
2.7.6 Модернизированный плазматрон плазматрона .....	24
3 Безопасность и экологичность плазматрона на производстве.....	26
3.1 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	27

3.2	Пожарная безопасность при работе с плазмотроном.....	30
3.3	Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	32
3.4	Заключение по разделу безопасность и экологичность плазмотрона на производстве.....	34
4	Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы.....	36
4.1	Исходная информация для выполнения экономических расчётов.....	37
4.2	Расчёт фонда времени работы оборудования .....	39
4.3	Расчёт штучного времени .....	40
4.4	Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.....	44
4.5	Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям .....	49
4.6	Расчёт показателей экономической эффективности .....	52
4.7	Выводы по экономическому разделу.....	54
	Заключение .....	54
	Список используемой литературы .....	56

## Введение

Выпускная квалификационная работа посвящена актуальной теме модернизации плазмотрона для плазменной сварки, которая имеет большое значение для различных отраслей промышленности.

В настоящее время плазменная сварка широко используется в различных отраслях промышленности, таких как автомобильное производство, судостроение, аэрокосмическая промышленность и другие. Однако существующие модели плазмотронов имеют некоторые недостатки, которые могут снижать эффективность и качество сварки.

Новые технологии позволяют использовать плазменную сварку для соединения материалов, ранее не поддающихся сварке.

Модернизация режущего плазмотрона для плазменной сварки позволит повысить эффективность процесса плазменной сварки, сократить время на выполнение работ, улучшить качество сварных соединений. Кроме того, улучшенный плазмотрон может быть полезен для производителей и пользователей плазменного сварочного оборудования при выборе оптимальных параметров резки и для сварки различных материалов.

Таким образом, цель бакалаврской работы, заключается в повышении эффективности плазменной сварки и резки, за счет модернизации конструкции режущего плазмотрона для плазменной сварки. Для достижения этой цели были проведены исследования в области технологий плазменной сварки, анализ существующих моделей плазмотронов и оптимизация параметров плазмотрона.

# **1. Исследование применения плазменной резки металлов и сварки в промышленности**

## **1.1. Современное состояние плазменной резки металлов**

Плазменная резка металлов является одним из наиболее эффективных методов резки, используемых в промышленности. Этот метод основан на использовании плазменного сгустка, который образуется при прохождении электрического тока через газовую смесь.

Современные технологии плазменной резки металлов позволяют работать с материалами различной толщины и типа. С помощью этого метода можно резать металлы, такие как сталь, алюминий, медь, латунь и другие.

«Одним из основных преимуществ плазменной резки является высокая скорость резки, что позволяет значительно сократить время производства и повысить эффективность работы. Также этот метод обладает высокой точностью и качеством резки, что позволяет получать высококачественные детали и изделия» [1].

Современные системы плазменной резки металлов обычно оснащены компьютерными системами управления, которые обеспечивают оптимальный выбор параметров резки в зависимости от типа и толщины материала. Также используются специальные газовые смеси, которые обеспечивают более чистую и точную резку.

Однако, несмотря на все преимущества, плазменная резка металлов имеет и некоторые недостатки. Один из них - это высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования. Также этот метод может потреблять большое количество энергии и газов.

В целом, современное состояние плазменной резки металлов позволяет использовать этот метод в различных отраслях промышленности, где требуется быстрая и точная резка металлов. С появлением новых

технологий и материалов, данный метод будет продолжать развиваться и улучшаться.

## 1.2. Принцип работы плазмотрона для сварки и резки

Плазмотрон для резки и сварки работает по принципу создания плазменной дуги, которая используется для разрезания или соединения металлических деталей. Для этого в реакторе плазмотрона создается плазма, которая выходит через сопло и образует плазменную дугу.

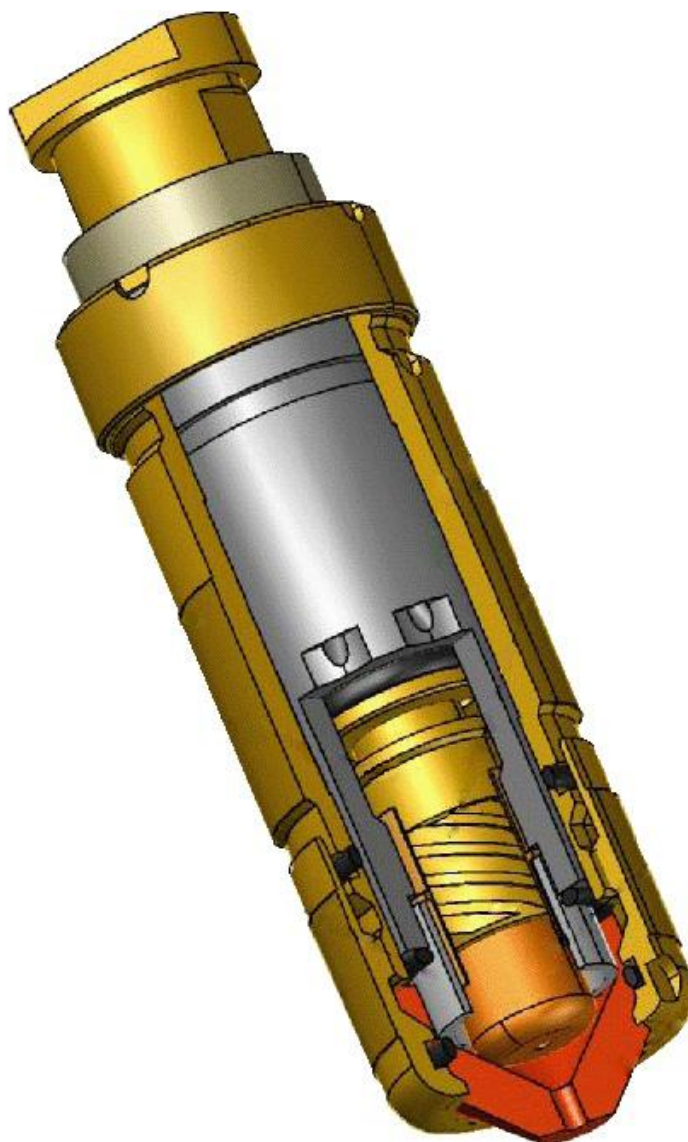


Рисунок 1 - Схема плазменной горелки



Для резки металла плазменная дуга направляется на поверхность материала, который быстро раскаляется и расплавляется под воздействием высокой температуры плазмы. При этом струя движется по заданной траектории, обеспечивая точное и чистое разрезание.

Для сварки металла плазменная дуга используется для создания высокотемпературной зоны, в которой происходит расплавление материала. Две детали металла прижимаются друг к другу и под воздействием плазменной струи происходит соединение металлических поверхностей.

Важным параметром при работе плазмотрона для резки и сварки является скорость движения дуги и ее температура. Эти параметры должны быть оптимально настроены для каждого конкретного материала и толщины детали.

### **1.3. Плазмотроны по типу используемого газа**

Различные газы, в том числе инертные, восстановительные, химически активные и их смеси, используются в работе плазмотронов. Выбор газа зависит от типа металла, который обрабатывается:

-Сжатый воздух – черные металлы и медь толщиной до 60 мм, алюминий до 70 мм.

-Азот – алюминий и медь толщиной до 20 мм, малоуглеродистые низколегированные стали до 30 мм, с высоким содержанием легирующих элементов до 75 мм, латуни до 90 мм, титан неограниченной толщины.

-Азотоводород – медь, алюминий и их сплавы толщиной до 100 мм.

-Смесь на основе азота и аргона – высоколегированные материалы толщиной до 50 мм.

-Аргон и водород – высоколегированные стали, алюминиевые и медные сплавы толщиной до 100 мм.

#### **1.4. Плазморезы по типу поджига дуги**

Для работы плазмотронов используются различные газы и их смеси, в зависимости от типа металла, который обрабатывается. Для этого используются дуги прямого и косвенного действия. Дуга прямого действия возбуждается при протекании электрического тока между катодом и анодом, который представляет собой металлическую заготовку. Дуга косвенного действия поджигается между катодом и соплом, но такие устройства применяются редко.

«При работе плазмотронов газ или газовая смесь подается в область дуги, где происходит ионизация газа и образование плазмы. Плазма имеет высокую температуру и может использоваться для различных процессов обработки материалов, таких как резка, сварка, напыление и т.д. В зависимости от используемого газа и параметров работы плазмотрона можно контролировать свойства плазмы и достигать определенных результатов обработки материалов» [4]. Например, использование аргоновой плазмы позволяет получить высокое качество поверхности при напылении, а использование кислородной плазмы может использоваться для очистки поверхностей от органических загрязнений.

#### **1.5. Типы охлаждения плазмотрона**

«Охлаждение плазмотронов – это процесс снижения температуры внутри устройства для предотвращения перегрева и повреждения его элементов» [2]. «Плазмотроны – это устройства, которые используются

для генерации плазмы, которая используется в различных процессах, таких как резка металла, сварка, нанесение покрытий и др.» [3].

Один из способов охлаждения плазмотронов – это водяное охлаждение. Этот метод используется в основном профессиональными моделями плазмотронов, которые работают непрерывно в течение длительного времени. Для обеспечения циркуляции жидкости в таких устройствах применяется специальный насос. Вода циркулирует по каналам, расположенным внутри плазмотрона, и охлаждает его элементы.

Воздушное охлаждение – это другой способ охлаждения плазмотронов. Оно используется в полупрофессиональных и бытовых моделях плазмотронов. Внутренние элементы горелок охлаждаются за счет прохождения сжатого воздуха или газа по каналам. Такие устройства имеют меньший ПВ (производительность в час) и требуют перерывов в процессе работы, чтобы охладиться.

Выбор метода охлаждения зависит от типа плазмотрона и его предназначения. Профессиональные модели, которые работают в течение длительного времени, требуют более эффективного охлаждения, чем бытовые модели, которые используются только время от времени.

Выводы по разделу:

Таким образом, в результате проведенного анализа работы плазмотрона.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обосновать выбор параметров и режимов плазматрона для сварки и резки.

2. Модернизировать конструкцию плазмотрона «FY-A200H».

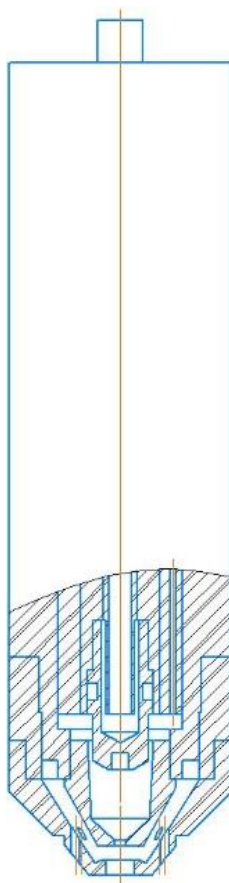


Рисунок 2 – Базовый вариант плазматрона «FY-A200H»

## **2. Модернизация режущего плазматрона для плазменной сварки**

### **2.1 Обоснование выбора параметров и режимов**

Технологический процесс плазменной резке – характеристика параметрами:

$$I_p, U_p, O_3, d_c, V_{резки}, Q_{H2O}$$

Технологические параметры плазменной сварки:

$$I_d, U_d, O_3, d_c, V_{св}, Q_{H2O}$$

Сравнение параметров процессов показало, что они одинаковы для плазменной и сварки. Приведем сравнение режимов режущего плазматрона и плазматрона для сварки.

### **2.2 Режимы работы для режущего плазматрона**

Подбор режимов для резки плазматроном зависит от материала, который необходимо резать. Для каждого материала оптимальный режим работы может отличаться. В общем случае, для резки металлических материалов используется режим резки, который позволяет получить высокое качество реза и минимальную деформацию материала. «Для тонких металлических листов можно использовать режим маркировки, который позволяет получить тонкие линии на поверхности материала без его расплавления» [18]. Для сварки металлических деталей используется режим сварки, который позволяет получить прочный и качественный сварной шов. Для гравировки металлических поверхностей используется режим гравировки, который позволяет создать глубокие канавки на поверхности материала. При выборе режима работы плазменного

резака необходимо учитывать толщину материала, его свойства и требования к качеству реза.

Режимы работы для резки плазмотроном приведены в таблице 1.

Таблица 1 – «Режимы работы режущего плазмотрона» [6]

Материал	Толщина листа	Сила тока	Расход воздуха	Напряжение	Ширина реза
Низкоугл. сталь	1-3мм	30А	10л/мин	130В	1-1,5
	3-5мм	50А	12л/мин	110В	1,6-1,8
	5-7мм	100А	15л/мин	120В	1,8-2
	7-10мм	180А	10л/мин	40-60В	2-2,5
	6-15мм	от 300А	40-60л/мин		3-3,5
	15-25мм				3,5-4
	25-40мм				4-4,5
	40-60мм				4,5-5,5
Нерж. сталь	5-15мм	250-300А		40-60л/мин	140-160В
	10-30мм		160-180В		4
	30-50мм		170-190В		5
Медь	1-10мм	от 200А	160-180В		3
	10-20мм				3,5
	20-30мм			4	
	30-40мм			4,5	
	40-50мм			5,5	
	50-60мм	350А		6,5	
Алюминий	5-15мм	120-200А	70л/мин	170-180В	3
	30-50мм	280-300А	40-50л/мин	170-190В	7

### 2.3 Режимы для сварки плазмотроном

Материал, который необходимо сварить:

Первым и наиболее важным фактором, который необходимо учитывать при выборе метода сварки, является материал, который необходимо сварить. Различные материалы требуют различных

методов сварки, так как они имеют различные свойства и характеристики.

Толщины материала:

«Толщина материала также является важным фактором при выборе метода сварки. Толстые материалы требуют большей мощности и более продолжительного времени сварки, чем тонкие материалы. Кроме того, толстые материалы могут требовать использования специального оборудования для сварки» [19].

Свойств материала:

Свойства материала также играют важную роль при выборе метода сварки. Некоторые материалы могут быть более твердыми и менее пластичными, что может усложнить процесс сварки. Кроме того, некоторые материалы могут иметь высокую теплопроводность, что может привести к быстрому охлаждению сварного соединения и повреждению сварочной зоны.

Требований к качеству сварного соединения:

Требования к качеству сварного соединения также должны быть учтены при выборе метода сварки. «Например, если требуется высокая прочность сварного соединения, то необходимо выбрать метод сварки, который обеспечит максимальную прочность» [15]. Если важен эстетический вид сварного соединения, то необходимо выбрать метод сварки, который обеспечит минимальное количество дефектов и шлака. Если требуется герметичность сварного соединения, то необходимо выбрать метод сварки, который обеспечит высокую герметичность.

Таким образом можно понять, что режимы при сварке плазмотроном варьируются в большом диапазоне. Приблизительные режимы работы для сварки встык для нержавеющей сталей можно увидеть в таблице «Режимы работы для сварочного плазмотрона».

## 2.4 Конструкция плазматрона

Доработка конструкции нового плазматрона для сварки и резки, и свойств, производится на базе конструкции «FY-A200H».

Основные направления для доработки: электрод, сопло, защитный колпачок. То для модернизации плазматрона выбираем следующие параметры:

Конструктивно, плазматроны для резки листового металла и металлических заготовок состоят из таких компонентов:

- сопло;
- электрод;
- элемент для завихрения воздушного потока (завихритель);
- фторопластовый корпус;
- гайка сопла;
- изоляционная втулка;
- электродный узел;
- кожух.

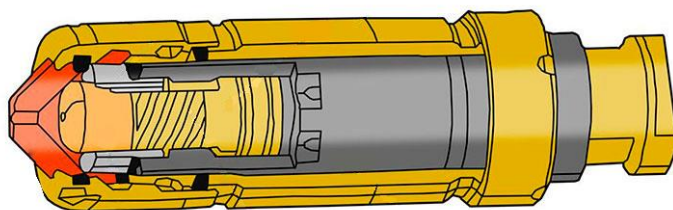


Рисунок 3 – Стандартная конструкция режущего плазматрона



## 2.5 Устройство плазмотрона

«Сопло используется для формирования формы плазменной струи и представляет собой наконечник резака. Оно изготавливается из меди, и его конструкция зависит от типа машины для плазменной резки» [7].



Рисунок 4 – Сопло режущего плазмотрона

«Электрод (катод) – элемент, который играет важную роль в поджиге и поддержании плазменной дуги. Он изготавливается из тугоплавких металлов и имеет вставку из циркония или гафния» [8]. Выбор материала и размеров электрода зависит от типа оборудования и свойств разрезаемого материала.



Рисунок 5 – Электрод (катод)

Для того, чтобы повысить давление и замедлить поток плазмы во время резки, используется завихритель (диффузор).



Рисунок 6 – Завихритель

## 2.6 Принцип действия

Плазмотроны работают по принципу введения плазмообразующего газа в разрядную камеру, где он ионизируется, а затем плазменная струя выводится за пределы промежутка между соплом и катодом на

поверхность металла, который требуется разрезать. Это позволяет осуществлять резку с высокой точностью и скоростью.

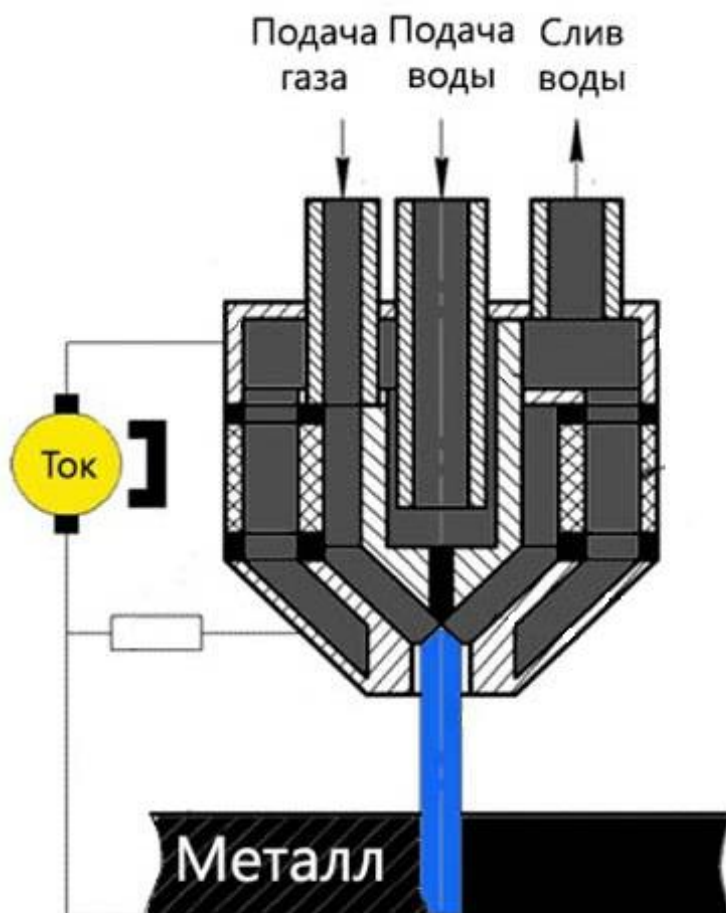


Рисунок 7 – Принцип действия плазморона

«Процесс плазменной резки начинается с создания дежурной (пилотной) дуги между катодом и соплом, которая затем переходит в основную (режущую) дугу при контакте с металлической заготовкой. С помощью небольшого отверстия в сопле формируется плазменная струя, которая истекает со скоростью до 3 км/секунду и достигает температуры 5000-30000 °С». [13] Путем направленного воздействия плазмы возможно мгновенное нагревание металла до температуры

плавления и удаление из области резки. Для изготовления деталей определенной формы и размера, плазмотрон следует по заданному контуру, а поддержание постоянного зазора между режущим материалом и соплом позволяет получить гладкие кромки с минимальным количеством шлака и окалины.

## **2.7 Модернизация режущего плазмотрона для сварки**

### **2.7.1 Описание особенностей и области применения плазменной сварки и резки**

«Плазменная резка металлов и сварка являются высокотехнологичными методами обработки металлических изделий, которые нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Основными преимуществами плазменной резки и сварки являются высокая точность, скорость и качество обработки материала, а также возможность работы с металлами различной толщины» [9].

«Плазменная резка металлов используется в автомобильной, строительной, машиностроительной, аэрокосмической и других отраслях промышленности для резки металлических листов, труб и профилей» [10]. При этом возможна обработка металлов различной толщины и жесткости, а также резка материалов с высокой поверхностной твердостью, таких как нержавеющая сталь и титан.

«Плазменная сварка также нашла широкое применение в различных отраслях промышленности, включая автомобильную, судостроительную, нефтегазовую и другие» [10]. Она позволяет соединять металлические изделия различной толщины и конфигурации, а также обеспечивает высокую прочность и качество соединения.

Одним из особенностей плазменной сварки является возможность работы в условиях высоких температур и агрессивных сред, что позволяет использовать ее для сварки металлов в условиях экстремальных температур и давлений. «Кроме того, плазменная сварка может быть использована для сварки металлов, которые трудно сваривать другими методами, например, алюминия и его сплавов» [17]. Таким образом, плазменная резка металлов и сварка являются эффективными методами обработки металлических изделий, которые нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Они обладают рядом преимуществ перед другими методами обработки материала и имеют большой потенциал для дальнейшего развития и усовершенствования.

### **2.7.2 Доработка электрода**

При плазменной резки, используется гафний - гадолиниевые электроды, потому что в качестве плазмообразующего газа используется сжатый воздух, в котором присутствует кислород, и он сильно окисляет электрод.

При плазменной сварке в качестве плазмообразующего и защитного газа используется аргон и можно использовать более дешевый материал электрода-вольфрам, поскольку окисляться он не будет. Поэтому, в модернизированном плазматроне, будем использовать вольфрамовый электрод.

### **2.7.3 Использование газа для плазматрона**

Плазмообразующий газ для плазматрона может быть различным, но наиболее часто воздух. Он обеспечивает стабильность плазмы и защиту от воздействия внешней среды. Кроме того, иногда используются

смеси газов для достижения определенных свойств сварочного шва. Например, добавление кислорода может улучшить проникающую способность сварочной дуги, а добавление водорода - увеличить скорость сварки.

«Кроме того, выбор газа зависит от толщины и типа разрезаемого материала» [14]. Например, для резки алюминия часто используют аргон или гелий. Также могут использоваться специальные газы, такие как водород или углекислый газ, для определенных типов резки. Важно правильно настроить параметры газа, чтобы достичь оптимального результата резки.

#### **2.7.4 Установка защитного сопла на плазмотрон**

Для плазменной сварки предполагается использование защитные сопла из керамики или тефлона. Они обеспечивают высокую защиту от воздействия окружающей среды и помогают сохранять стабильный поток газа. Кроме того, они могут иметь различные формы, что позволяет выбирать оптимальный вариант для конкретного типа сварки. «Например, для точной сварки мелких деталей используются сопла с узкими отверстиями, а для сварки толстых материалов - сопла с более широкими отверстиями» [16]. Важно также учитывать размеры сопла, чтобы оно соответствовало размеру горелки и не создавало дополнительных проблем при работе.

Кроме того, защитные сопла для плазменной сварки могут быть разных длин и диаметров, что позволяет выбрать оптимальный вариант для работы в труднодоступных местах или при сварке материалов разной толщины. Важно также правильно подбирать материал сопла, чтобы оно было устойчиво к высоким температурам и не деформировалось в процессе работы. Некоторые сопла могут иметь специальные покрытия, которые улучшают их свойства и продлевают срок службы.

В целом, правильный выбор защитного сопла для плазменной сварки является важным условием для получения качественного результата и безопасной работы.

### **2.7.5 Принципы действия нового плазматрона**

Плазматрон «FY-A200H» работает на основе принципа генерации плазмы высокочастотным электрическим разрядом. Внутри плазматрона находится вольфрамовый электрод. При подаче тока в плазматроне возникает электрический разряд, который ионизирует газ внутри плазматрона, превращая его в плазму.

Плазма, образованная в плазматроне, имеет высокую температуру и может использоваться для различных процессов, таких как напыление пленок, очистка поверхностей, изменение свойств материалов и т.д.

При работе плазматрона «FY-A200H» газ подается внутрь плазматрона через специальный входной порт. Электрический разряд ионизирует газ, который затем превращается в плазму. Плазма выходит из плазматрона через выходной порт и может быть направлена на обрабатываемую поверхность.

Управление параметрами плазмы (такими как температура, плотность и состав) происходит путем регулирования параметров высокочастотного тока, подаваемого на электрод плазматрона. Также можно контролировать параметры газа, подаваемого в плазматрон, чтобы добиться оптимальных условий для конкретного процесса.

Модернизированный плазматрон на базе «FY-A200H» имеет компактный размер и легок в установке, что позволяет использовать его в различных областях промышленности. Он обеспечивает высокую эффективность процессов обработки поверхностей, а также сварки и

резки металлов. Кроме того, плазматрон «FY-A200H» имеет низкий уровень шума и вибрации, что делает его более комфортным в использовании.

### 2.7.6 Модернизированный плазматрона

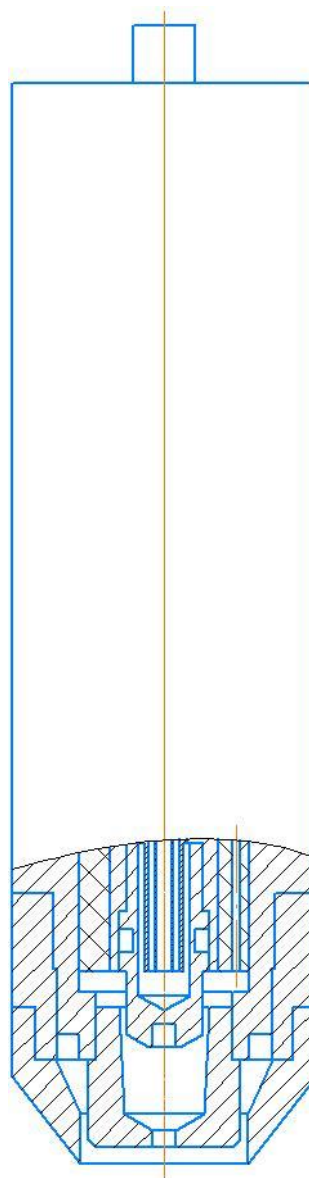


Рисунок 8 - Модернизированный плазматрон

Таким образом, модернизированный плазматрон для резки и сварки – это устройство, которое используется для генерации плазмы, которая может использоваться для резки и сварки металлических материалов.



Он состоит из нескольких ключевых замененных компонентов, таких как:

- вольфрамовый электрод
- защитный колпачок
- сопло
- использование плазмообразующего газа (аргон)

Это позволяет повысить эффективность и точность процесса резки и сварки. Также они могут быть использованы для обработки различных материалов, включая сталь, алюминий, медь и титан. Кроме того, они имеют компактный и портативный дизайн, что позволяет использовать их на различных объектах и в условиях ограниченного пространства.

Таблица 2 «Режимы работы для сварочного и режущего плазмотрона»  
[6]

Толщина листа	Ток сварки	Напряжение	Расход аргона
1мм	30-60А	10-18В	2,5-3,0л/мин
2мм	35-75А		
3мм	40-75А		
4мм	50-110А		от 10л/мин
5мм	85-130А		

### **3      Безопасность и экологичность плазмотрона на производстве.**

Плазмотрон - это сварочный инструмент, который работает на основе высокотемпературной плазмы. Он может использоваться для сварки различных материалов, включая металлы, нержавеющей сталь, алюминий и т.д. Однако, помимо своих преимуществ, плазмотрон также имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать с точки зрения безопасности и экологичности.

Во-первых, при работе с плазмотроном необходимо использовать защитное оборудование, такое как маски, перчатки и специальная одежда, чтобы защитить кожу и глаза от высокотемпературной плазмы, и ультрафиолетового излучения. Также необходимо обеспечить хорошую вентиляцию помещения, чтобы избежать ингаляции дыма и газов, которые могут быть опасными для здоровья.

Во-вторых, при использовании плазмотрона необходимо следить за температурой сварочной зоны, чтобы избежать перегрева материала. Это может привести к образованию окалины и грата, а также повредить сварочный инструмент.

Наконец, важно учитывать экологические аспекты использования плазмотрона. При сварке могут выделяться вредные газы и пары, которые могут негативно влиять на окружающую среду. Поэтому необходимо обеспечить правильную утилизацию отходов и соблюдать все нормы и правила, связанные с безопасностью и охраной окружающей среды.

В целом, плазмотрон - это эффективный инструмент для сварки различных материалов, однако его использование требует соблюдения определенных мер безопасности и экологичности. Важно учитывать все особенности работы с плазмотроном и обеспечивать правильную эксплуатацию сварочного оборудования.

Также стоит учитывать, что плазмотрон может быть довольно шумным, поэтому необходимо использовать защиту для слуха. Кроме того, при работе с плазмотроном необходимо следить за тем, чтобы он не попал в руки детей или неквалифицированных работников, так как это может привести к серьезным травмам. Наконец, перед началом работы с плазмотроном необходимо провести проверку сварочного оборудования и убедиться в его исправности, чтобы избежать непредвиденных ситуаций и повреждения материала.

### **3.1 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Для снижения профессиональных рисков при работе с плазмотроном необходимо применять следующие методы и средства:

1. Использование индивидуальных средств защиты, таких как маски, очки, перчатки, халаты и т.д. Эти средства помогают защитить кожу и дыхательные пути от вредных веществ.
2. Регулярная проверка и обслуживание оборудования. Перед началом работы необходимо убедиться, что все системы работают исправно и безопасно.
3. Организация перерывов для отдыха и восстановления. Работа с плазмотроном может быть физически и эмоционально напряженной, поэтому необходимо предусмотреть перерывы для отдыха и восстановления сил.
4. Обучение персонала правилам работы с плазмотроном и мерам безопасности. Персонал должен знать, как правильно использовать устройство и как обеспечивать безопасность при работе с ним.
5. Организация системы контроля за качеством работы и безопасностью. Необходимо разработать процедуры контроля за

качеством работы и безопасностью, а также проводить регулярные проверки и аудиты.

Соблюдение этих мер поможет снизить профессиональные риски при работе с плазмотроном и обеспечить безопасность персонала и окружающей среды.

Таблица 3 – «Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков» [1]

Опасный и или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
-движущиеся и вращающиеся детали и узлы	Использование барьеров, которые запрещают доступ персонала в зону риска, а также размещение информационных плакатов и табличек в специально выделенных местах.	Очки защитные
-повышенный уровень вибрации	Использование специальных покрытий, которые поглощают вибрации и уменьшают интенсивность колебаний конструкции путем рассеивания механической энергии. Кроме того, необходимо ограничивать время контакта с вибрирующими машинами на рабочем месте, чтобы оно не превышало 2/3 длительности рабочего дня.	Рукавицы с защитными прокладками

Продолжение таблицы 3

1	2	3
-повышенный уровень шума	Применение индивидуальных средств защиты от воздействия шума и проведение регулярных медицинских осмотров для предотвращения негативного воздействия шума на органы слуха.	Противошумные наушники
-возможность поражения электрическим током	Для предотвращения негативных последствий шума на органы слуха необходимо использовать индивидуальные средства защиты и регулярно проходить медицинские осмотры. Также важно организовать защитное заземление, проводить периодический инструктаж по технике безопасности и контролировать изоляцию и сопротивление заземляющей цепи.	Спецодежда
-острые кромки, заусенцы и не обработанные края металлической конструкции	Чтобы предотвратить негативные последствия шума на органы слуха, необходимо использовать индивидуальные средства защиты и регулярно проходить медицинские осмотры. Кроме того, важно организовать защитное заземление, контролировать изоляцию и сопротивление заземляющей цепи, а также разместить информационные плакаты и таблички в отведенных местах и провести инструктаж по технике безопасности с персоналом.	Защитный кожух, рукавицы х/б

### **3.2 Пожарная безопасность при работе с плазмотроном**

Плазмотрон - это устройство, которое используется для обработки различных материалов путем нагрева ионизированным газом. В процессе работы плазмотрон может выделять значительное количество тепла и света, что может привести к возгоранию горючих материалов в рабочей зоне.

Для обеспечения безопасности при работе с плазмотроном необходимо соблюдать следующие меры:

1. Проверьте, что рабочая зона свободна от горючих материалов и легковоспламеняющихся жидкостей. Убедитесь, что на рабочем столе нет бумаг, тканей, картонных коробок и других горючих материалов. Также убедитесь, что в рабочей зоне нет легковоспламеняющихся жидкостей, таких как растворители, краски или лаки.
2. Имейте под рукой огнетушитель и знайте, как им пользоваться. Огнетушитель должен быть расположен в непосредственной близости от рабочей зоны. Перед началом работы с плазмотроном убедитесь, что вы знаете, как использовать огнетушитель в случае возникновения пожара.
3. Следите за тем, чтобы пламя плазмотрона не попадало на горючие материалы и не вызывало возгорания. При работе с плазмотроном убедитесь, что его пламя не направлено на горючие материалы. Также следите за тем, чтобы пламя не было слишком близко к горючим материалам, таким как бумага или ткань.
4. Если возникнет пожар, немедленно прекратите работу с плазмотроном и вызовите пожарную команду. Если пожар возник в результате работы с плазмотроном, немедленно выключите устройство

и вызовите пожарную команду. Не пытайтесь потушить пожар самостоятельно, если вы не уверены в своих способностях.

Соблюдение мер безопасности при работе с плазмотроном является крайне важным для предотвращения возникновения пожара и защиты жизни и здоровья работников. При работе с плазмотроном всегда следуйте инструкциям производителя и не забывайте о мерах предосторожности.

Таблица 4 - «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [1]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные 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.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители	Пожарные автомобили (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Нет необходимости	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения

Таблица 5 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [1]

Наименование участка	«Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий»	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты»
Участок сварки и резки плазмотроном	«Инструктаж сотрудников производственного участка по технике безопасности при замыкании электрических цепей или возгорании и действиям к устранению происшествий	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, и проводить периодический контрольный замер изоляции и сопротивления заземляющей цепи, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр

### 3.3 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Кроме мер безопасности, необходимо также обеспечивать экологическую безопасность при работе с плазмотроном. В процессе работы плазмотрон может выделять вредные газы и пары, которые могут быть опасны для окружающей среды и здоровья людей.

Для обеспечения экологической безопасности при работе с плазмотроном необходимо соблюдать следующие меры:

1. Проводите работы в хорошо вентилируемом помещении. Убедитесь, что в помещении установлена система вентиляции, которая



обеспечивает поступление свежего воздуха и отвод вредных газов и паров.

2. Используйте специальные фильтры для очистки воздуха от вредных газов и паров. Фильтры должны быть установлены на выходе из системы вентиляции и регулярно заменяться.

3. Используйте специальные материалы и оборудование для сбора и утилизации отходов, которые могут содержать вредные вещества. Не выбрасывайте отходы в обычный мусорный контейнер.

4. Обучайте персонал правилам работы с плазмотроном и мерам экологической безопасности. Персонал должен знать, как правильно использовать устройство и как обеспечивать экологическую безопасность при работе с ним.

Таблица 6 – «Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса» [1]

Анализируемый тех. процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварка и резка плазмотроном	Операции, связанные с резкой и сваркой	Частицы сажи и неблагоприятные газы, выделяемые процессом сварки трубопровода	Химические средства	Остатки от упаковок с присадочным материалом, остатки бытового и производственного мусора

Таблица 7 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [1]

Наименование технического объекта	Механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Добавление фильтрующих элементов в вентиляционную систему
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Нет необходимости
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Сбор и утилизация отходов с рабочего места в соответствии с классом отходов

### **3.4 Заключение по разделу безопасность и экологичность плазмотрона на производстве**

В современном мире безопасность и экологичность являются одними из ключевых принципов в любой сфере деятельности, включая работу с плазмотроном. Правильное применение методов и средств защиты, контроль за качеством работы и безопасностью, а также обучение персонала правилам работы с плазмотроном – все это позволяет снизить профессиональные риски и обеспечить безопасность персонала и окружающей среды. Важно помнить, что уважение к безопасности и экологии – это не только законодательные требования, но и наша ответственность перед собой и окружающим миром.

Кроме того, экологичность работы с плазмотроном связана с минимизацией отходов и выбросов вредных веществ. Для этого используются специальные системы очистки и фильтрации воздуха, а также переработка отходов. Это не только снижает негативное воздействие на окружающую среду, но и экономит ресурсы и снижает затраты на утилизацию отходов.

Кроме того, важно следить за техническим состоянием оборудования и проводить регулярное техническое обслуживание, чтобы избежать возможных аварий и поломок. Это также позволяет снизить риски для персонала и окружающей среды.

В целом, соблюдение принципов безопасности и экологичности является неотъемлемой частью работы с плазмотроном и гарантирует эффективность и долговечность оборудования, а также сохранение здоровья и благополучия персонала и окружающей среды.

#### **4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы**

Оценка экономической эффективности работы с плазмотроном может проводиться на нескольких уровнях.

На первом уровне оценивается эффективность использования плазмотрона в конкретном производственном процессе. Это может быть, например, процесс нанесения покрытий на поверхности изделий. Здесь оцениваются затраты на приобретение и установку оборудования, затраты на энергию и расходные материалы, а также увеличение производительности и качества продукции. Результаты оценки могут быть использованы для принятия решения о целесообразности внедрения плазмотрона в производственный процесс.

На втором уровне оценивается экономическая эффективность использования плазмотрона в целом для предприятия. Здесь оцениваются не только затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования, но и потенциальное увеличение объемов производства и снижение затрат на утилизацию отходов. Результаты оценки могут быть использованы для принятия решения о внедрении плазмотрона на предприятии и определения его экономической эффективности.

На третьем уровне оценивается экономическая эффективность использования плазмотрона на уровне отрасли или региона. Здесь оцениваются не только затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования, но и потенциальное увеличение объемов производства и снижение затрат на утилизацию отходов на уровне отрасли или региона. Результаты оценки могут быть использованы для принятия

решения о внедрении плазмотрона в отрасль или регион и определения его экономической эффективности.

В целом, экономическая эффективность работы с плазмотроном зависит от многих факторов, таких как объем производства, стоимость энергии и расходных материалов, стоимость утилизации отходов и т.д. Однако, при правильном использовании и соблюдении принципов безопасности и экологичности, плазмотрон может стать эффективным инструментом для повышения производительности и качества продукции, а также снижения затрат на утилизацию отходов.

#### **4.1 Исходная информация для выполнения экономических расчётов**

Для модернизации плазмотрона необходимо провести анализ его текущего состояния и выявить возможности для улучшения его работы. Например, можно установить новые электроды или улучшить систему охлаждения, чтобы повысить эффективность работы и сократить затраты на обслуживание.

Также можно рассмотреть возможность добавления новых функций, которые позволят расширить спектр применения плазмотрона. Например, можно добавить функцию нанесения покрытий на поверхности различных материалов или функцию очистки поверхностей от загрязнений.

Для успешной модернизации необходимо также учитывать современные технологии и требования к безопасности и экологичности производства. Важно выбрать оптимальные решения, которые позволят повысить эффективность работы плазмотрона и при этом снизить затраты на его эксплуатацию.

Таблица 8 – «Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса» [3]

Наименование 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	$K_d$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
Норма амортизации площади	$Н_{a.пл.}$	%	-	-
Площадь под оборудование	$S$	$m^2$	-	-
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	руб/ $m^2$	0	0
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{зксп}$	(руб/ $m^2$ )/год	0	0
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	7,1	5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборуд.	$K_{монт}$ $K_{дем}$	%	0	0

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5
Стоимость оборудования	Цоб	руб.	132000	15500
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

#### 4.2 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»[1] :

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

где « $T_{cm}$  – продолжительность рабочей смены в часах» [1] ;

« $D_p$  – общее число рабочих дней в календарном году» [1] ;

« $D_n$  – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [1] ;

« $T_n$  – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [1] ;

« $K_{см}$  – количество рабочих смен» [1] .

Значения параметров и коэффициентов:

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

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

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

«Расчет эффективного фонда наработки сварочного оборудования, участвующего в выполнении операций технологического процесса по основным и конструктивным возможностям, можно определить по формуле» [1] :

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (2)$$

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

Значения параметров и коэффициентов:

$F_n = 1969$  ч,  $B = 7\%$ .

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

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

### 4.3 Расчёт штучного времени

«Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы» [1] :

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з} \quad (3)$$

«где  $t_{шт}$  – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1] ;

« $t_{осн}$  – 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» [1] :

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

где  $L_{шв}$  - сумма длин всех швов, м  $\sum L_{шв} = 0,34$ м;

$V_{св}$  — скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{св} = 5$  м/ч.

$V_{св}$ - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{св} = 12$  м/ч;

Определяем основное время по формуле (4) для обоих вариантов:

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

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

« $t_{ВСП}$  – 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  $t_{ОСН}$ » [1] ;

« $t_{ОБСЛ}$  – 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  $t_{ОСН}$ » [1] ;

« $t_{ОТЛ}$  – 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  $t_{ОСН}$ » [1] ;

« $t_{П-3}$  – 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:  $t_{П-3} = 1\%$  от  $t_{ОСН}$ .» [1] .

«После подстановки в формулу (3) численных значений соответствующих переменных, получим» [1] :

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

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

«Расчет годовой программы сварочных работ по рассматриваемому технологическому процессу по основному и конструктивному вариантам возможен по формуле» [1] :

$$P_z = F_3 / t_{\text{ит.}} \quad (5)$$

«где  $F_3$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1] ;

« $t_{\text{шт}}$  – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [1] ;

«После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим» [1] :

$$P_{z.\text{баз.}} = 1831 / 0,082 = 22329 \text{ сварных швов за год ;}$$

$$P_{z.\text{проектн.}} = 1831 / 0,034 = 53852 \text{ сварных швов за год.}$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе годовой программы  $P_g = 22000$  сварных швов в год» [1] .

«Необходимое количество сварочного оборудования, которое будет использовано при выполнении операций технологического процесса согласно основным и конструктивным возможностям, рассчитывается по формуле»[1]:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{ит.}} \cdot P_z / (F_3 \cdot K_{\text{вн}}). \quad (6)$$

где « $P_g$  – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1] ;

« $t_{шт}$  – штучное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение всех операций технологического процесса согласно базовым и проектным возможностям» [1] ;

« $Fэ$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1] ;

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

«После подстановки в формулу (6) численных значений соответствующих переменных, получим» [1] :

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

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

«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» [1] .

«Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле» [1] :

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

где « $n_{расч}$  – полученное согласно (6) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1] ;

« $n_{пр}$  – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1] .

«После подстановки в формулу (7) численных значений соответствующих переменных, получим» [1] :

$$Kзб = 0,96/1 = 0,96;$$

$$Kзн = 0,40/1 = 0,40.$$

#### 4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

«Сварочные изделия являются подходящими сварочными материалами. Базовая технология предполагает отдельное использование плазмотрона для резки и плазмотрона для сварки. Технология проекта предусматривает использование резки и сварки с использованием одного плазмотрона. Стоимость оборудования, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей проекта, рассчитывается по формуле» [1] :

$$M = Ц_M + K_{Т-З}, \quad (8)$$

где  $Ц_M$  – «цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ» [1]

$K_{Т-З}$  – «принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы» [1]

«После подстановки в формулу (8) численных значений соответствующих переменных, получим» [1] :

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

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

«Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы  $Z_{осн}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$ » [1] .

«Объём  $Z_{осн}$  основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [1] :

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

где « $C_{ч}$  – утверждённая часовая тарифная ставка работника» [1] ;

« $K_{д}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [1] .

«После подстановки в формулу (9) численных значений соответствующих переменных, получим» [1] :

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

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

«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» [1] .

«После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, получим» [1] :

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

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

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

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

«Объём  $O_{сн}$  отчислений на страховые взносы определим расчётным путём с использованием формулы» [1] :

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

где « $K_{сн}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на страховые взносы» [1] .

«После подстановки в формулу (11) численных значений соответствующих переменных, имеем» [1] :

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

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

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

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

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

« $P_{э.э.}$  – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1]

«Финансовые потери от износа оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1] :

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

где « $C_{об}$  – цена оборудования, задействованного в операциях технологического процесса, по основным и конструктивным возможностям, определяемая по каталогам компаний в сети Интернет» [1] ;

« $H_a$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [1] ;

« $t_{\text{маш}}$  – машинное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями» [1] ;

« $F_э$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1].

«После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, имеем» [1]:

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

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

«Стоимость электроэнергии при проведении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определяется расчетным методом по формуле» [1]:

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

где « $M_{уст}$  – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1];

« $Ц_{э\text{э}}$  – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [1];

«КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [1].

«После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем» [1] :

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

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

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

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

«Значение  $C_{тех}$  показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [1] :

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

«После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, имеем» [1] :

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

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

«Значение  $C_{\text{цех}}$  показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [1] :

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

где « $K_{\text{ЦЕХ}}$  – 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» [1] :

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 206,179 + 1,5 \cdot 26,48 = 206,179 + 39,72 = 245,899 \text{ руб.};$$
$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 162,704 + 1,5 \cdot 19,176 = 162,704 + 28,764 = 191,468 \text{ руб.}$$

«Значение  $C_{\text{зав}}$  показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [1] :

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

где « $K_{\text{ЗАВ}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [1] .

«После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, имеем» [1] :

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 245,899 + 1,15 \cdot 26,48 = 245,899 + 30,452 = 276,351 \text{ руб.};$$
$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 191,468 + 1,15 \cdot 19,176 = 191,468 + 22,0524 = 213,5204 \text{ руб.}$$

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 17» [1] .



Таблица 9 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [3]

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектный
1. Материалы	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 технологич.	Стехн.	206,179	162,704
6. Себестоимость цеховая	Сцех.	245,899	191,468
7. Себестоимость заводская	Сзав	276,351	213,5204

#### 4.5 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» [1] :

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

где « $K_{\text{з}}$  – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [1] ;

« $Ц_{\text{ОБ.Б.}}$  –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования» [1] ;

« $n$  – приобретенное ранее количество единиц технологического оборудования, для выполнения технологических операций в базовом и конструктивном вариантах» [1] .

«Величину  $\Pi_{\text{ОБ.Б.}}$  остаточная стоимость технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [1] :

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

где « $\Pi_{\text{ПЕРВ.}}$  – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [1] ;

« $T_{\text{СЛ}}$  – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту» [1] ;

« $N_A$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [1] .

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

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

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

«Величину  $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$  суммарные капитальные затраты на выполнение операций технологического процесса в технологии проекта определяем расчетным способом по формуле» [1] :

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

где « $K_{\text{ОБ.ПР}}$  – оценочная сумма капитальных вложений в оборудование, используемое для выполнения технологических операций в технологии проекта» [1] ;

« $K_{\text{ПЛ.ПР}}$  – предполагаемый объем капитальных вложений в производственные мощности, которые используются для выполнения технологических операций по технологии проекта» [1] ;

« $K_{СОП.ПР}$  – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [1] .

«Объём  $K_{ОБ.ПР}$  капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [1] :

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

«После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [1] .

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

«Объём  $K_{СОП}$  сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса в технологии проекта определяется расчётным методом по формуле» [1] :

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

где « $K_{ДЕМ}$  – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии» [1] ;

« $K_{МОНТ}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [1] .

«Затраты  $K_{ДЕМ}$  на демонтаж оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса на базовом исполнении, определяются расчётным способом по формуле» [1] :

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

где « $K_{ДЕМ}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [1] .

«После подстановки в формулу (23) численных значений соответствующих переменных, имеем» [1] :

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

«Стоимость  $K_{\text{МОН}}$  на установку оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту, мы

определяем расчетным способом по формуле» [1] :

$$K_{\text{монт}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (24)$$

где « $K_{\text{МОНТ}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [1] .

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формулах (5.22) и (5.24) имеем» [1] :

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

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

$$K_{\text{общ. пр.}} = 65100 + 0 = 65100 \text{ руб.}$$

«Размер  $K_{\text{ДОП}}$  дополнительных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [1] :

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

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (25) имеем» [1] :

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

«Размер индивидуальных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [1] :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / П_{\text{г}} \quad (26)$$

где « $П_{\text{г}}$  – принятое значение годовой программы» [1] .

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

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

#### **4.6 Расчёт показателей экономической эффективности**

«Сокращение трудозатрат при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [1] :

$$\Delta t_{um} = (t_{um \delta} - t_{um np}) \cdot 100 \% / t_{um \delta}. \quad (27)$$

«После замены в формуле (27) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [1] .

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

«Прирост производительности труда  $\Pi_T$  при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [1] :

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{um} / 100 - \Delta t_{um}. \quad (28)$$

«После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [1] .

$$\Pi_T = 100 \cdot 61 / (100 - 61) = 17 \%.$$

«Снижение технологической себестоимости  $\Delta C_{tex}$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:» [1] .

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

«После подстановки в формулу (29) численных значений соответствующих переменных, имеем» [1] :

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

«Условная годовая экономия затрат (ожидаемая прибыль) при внедрении предложенного решения в производство будет определяться расчетным способом по формуле» [1] :

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

«После замены в формуле (30) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [1] .

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

«Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [1] :

$$Tок = Kдоп / Эу.г. \quad (31)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (31) имеем:» [1]  $Tок = 20114,4 / 1382273 = 0,014 \text{ года}$

«Годовой экономический эффект Эг на участке при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [1]  $Эг = Эуг - Ен \cdot Kдоп.$  (32)

«После подстановки в формулу (32) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [1]

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

#### 4.7 Выводы по экономическому разделу

В результате проведенных экономических расчетах было выявлено, что модернизация режущего в сварочный не требует больших финансовых вложений и трудозатрат, следовательно, данная модернизация может являться рациональной.

Экономические расчеты показали, что это эффективные меры, позволяющие уменьшить технологическую себестоимость на 53%. В результате внедрения новых решений, можно получить годовую экономию в размере около 3,8 млн. рублей. Капитальные вложения окупятся за три года.

Показатели	Калькуляция, руб	
	Базовый	Проектный
1. Оборудование	ЧПУ плазменный резак Сварочный ЧПУ пост 8 900 000руб.	ЧПУ станок с модернизированным плазматраном 4 300 000руб.
2. Отчисления работникам (при сред. ЗП 400 руб./час)	153 600руб.	76 800руб.
3. Расходные материалы	312 100руб.	184 900руб.
4. Затраты на обслуживание	28 700руб.	12 200руб.
5. Стоимость оборудования в минуту	74 рубля	39 рублей
6. Выгода при переходе на проектный вариант плазматрона	35 рублей в минуту	

1 Экономическая эффективность работы с модернизированным плазматраном по сравнению с базовым вариантом работы в часовой в день и графиком 5/2. Загрузка производства 50%  
2 Затраты рассчитаны из учета окупаемости оборудования за 3 года  
3 В таблице приведены показатели, отличающиеся между базовым и проектным вариантами.

236P.COMD.P1031074.00  
Экономика  
Пользователь: администратор  
Имя компьютера: ИВР  
Имя пользователя: ИВР  
Дата: 12.12.2011 12:00:00

Рисунок 9 – Экономический расчет

## Заключение

Таким образом, в бакалаврской работе был предложен вариант модернизации плазматрона, а также режимов его работы для разных типов материалов.

Важным аспектом в улучшении работы плазматрона является улучшение системы охлаждения плазматрона. Это может быть достигнуто за счет использования новых материалов для электродов и керамических элементов, а также установки дополнительных вентиляторов и систем охлаждения.

Проанализировав технические характеристики и конструкционные особенности режущего плазматрона был предложен вариант его модернизации для сварки различных материалов. Также были рассмотрены режимы работы для сварки и резки разных типов металлов.

Кроме того, при модернизации плазматрона необходимо учитывать требования к безопасности и экологичности производства. Например, использование более экологически чистых газов для резки и установка системы очистки выхлопных газов.

В целом, модернизация плазматрона является важным шагом для повышения эффективности производства и снижения затрат на обслуживание. При выборе оптимальных решений необходимо учитывать, как технические, так и экономические аспекты, а также требования к безопасности и экологичности производства.

## Список используемой литературы

1. 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.
2. Е. Г. Бурмистров, Т. А. Михеева Модернизация плазматрона стационарной машины плазменной резки на основе инновационных реноваций
3. 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.
4. К.А. Корсунов, Р.Н. Брожко Повышение эффективности работы электродуговых плазмотронов для обработки материалов
5. 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.
6. Кошляков В.В., Юкина Э.П., Воробьев А.О, Трещалин Л.Б. Модернизация конструкции сопла-анода промышленной установки плазматрона ПСМ-100
7. 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
8. Моторин К.В. Методические указания по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. / К.В.



Моторин .-Тольятти: ТГУ ,2021.

9. Н. Н. Баранов Модернизация машины термической резки с числовым программным управлением

10. Патон, Б. Е., Римский, С. Т., Галинич, В. И. Применение защитных газов в сварочном производстве [Электронный ресурс] / Автоматическая сварка: науч.-произв. журн.

11. Самотугин С.С. Гагарин В.А. ПРИНЦИПЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЛАЗМОТРОНА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНКОВ

12. С. В. Анахов, Ю. А. Пыкин, А. В. Матушкин ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАЗМОТРОНОВ ДЛЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

13. <https://asoik.com/modernizaciya-mashin-termicheskoy-rezki/>

14. <https://electricalschool.info/main/electrotehnolog/1267-preimushhestva-i-nedostatki-razlichnykh.html>

15. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41277020>

16. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119

17. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999.

18. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992.

19. 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/>

20. Wilson, D.V. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel / D.V. Wilson, T.K. Tromans // Acta Metallurgica