

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сварки корпуса каталитического нейтрализатора  
легкового автомобиля»

Студент

А.Н. Егорцев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

«    »      20     г.

## АННОТАЦИЯ

Процесс забрызгивания газоподводящего сопла сварочной горелки приводит к ухудшению защиты зоны сварки и вызывает порообразование в материале сварного шва. Кроме того забрызгивание приводит к дополнительному нагреву сварочной горелки, это влечет выход из строя таких деталей, как сопло, изоляционные втулки и токоподводящие мундштуки. Брызги металла, которые остаются на поверхности свариваемой детали, достаточно трудно удалить. Они становятся концентраторами напряжений, повышают интенсивность коррозионных процессов. Это приводит к значительному снижению прочности и надежности сварных конструкций.

**Цель** выпускной квалификационной работы – повышение технологических свойств механизированной сварки в защитных газах при изготовлении каталитических нейтрализаторов выхлопных газов легкового автомобиля.

В работе решены следующие задачи: 1) повысить эффективность сварки плавящимся электродом в среде защитных газов на основе современных достижений сварочной науки и техники; 2) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений; 3) произвести оценку безопасности и экологичности предлагаемых технических решений; 4) выполнить экономическое обоснование предлагаемых технических решений.

Проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 31 %, увеличение производительности труда на 45 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 30 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 9,6 млн рублей.

Пояснительная записка состоит из 66 страницы, графическая часть включает в себя 7 листов формата А1.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СВАРКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ	
1.1 Описание объекта исследования	7
1.2 Описание и анализ свойств материала нейтрализатора	9
1.3 Базовая технология сборки и сварки нейтрализатора	11
1.4 Разработка проекта технических решений по улучшению базового технологического процесса сборки-сварки изделия	16
1.5 Анализ источников научно-технической информации	19
1.6 Постановка задач на проектирование	21
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ	
2.1 Использование преимуществ импульсного управления дугой для повышения эффективности механизированной сварки	22
2.2 Устройства для реализации импульсного управления дугой при механизированной сварке	25
2.3 Выбор оптимальных параметров режима сварки нейтрализатора	30
2.4 Повышение эффективности сварки за счёт импульсного управления горением дуги	34
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Составление технологической характеристики объекта	40
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	42

3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	44
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	45
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	46
3.6 Заключение по экологическому разделу	47
<b>4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ</b>	
4.1 Сбор исходных данных для проведения экономического обоснования	48
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	50
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	51
4.4 Вычисление заводской себестоимости при сварке в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии	53
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии	58
4.6 Определение капитальных затрат в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии	58
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности в соответствии с проектным вариантом технологии	61
4.8 Заключение по экономическому разделу	62
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	63
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	64

## ВВЕДЕНИЕ

Сварка в активных газах получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом [1]. До этого применению углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразование в швах, возникающее по причине кипения металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с увеличенным значением содержания кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён [2], что послужило широкому использованию углекислого газа в сварочном производстве.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. Данные литературного обзора [3...7] указывают на преобладание дуговой сварки в защитных газах среди других способов сварки плавлением. Что характерно, тенденция применения механизированных способов сварки как альтернатива ручной сварки штучными электродами сохраняется.

Процесс забрызгивания газоподводящего сопла сварочной горелки приводит к ухудшению защиты зоны сварки и вызывает порообразование в материале сварного шва. Кроме того забрызгивание приводит к дополнительному нагреву сварочной горелки, это влечет выход из строя таких деталей, как сопло, изоляционные втулки и токоподводящие мундштуки. Тяжело удаляемые металлические брызги, которые остались на свариваемой детали, выполняют в дальнейшем роль концентратора напряжений и очага начала распространения коррозии, приводя к существенному снижению показателей прочности и надежности получаемых сварных конструкций.

Данные анализа свидетельствуют о том, что первые симптомы виброболести рабочих, занятых при выполнении операций очистки поверхностей от брызг, появляются в промежутке 7...8 лет момента начала работы, а болезнь наступает примерно через 10 лет непрерывной работы.

Переход на сварку с применением роботизированных комплексов и повышение производительности режимов сварки актуализирует повышение борьбы с разбрызгиванием.

Работы, выполненные в ИЭС им. Е. О. Патона, позволили определить условия, обеспечивающие возможность активного воздействия на характер изменения физических процессов в разрядном промежутке. В результате был разработан новый способ импульсно-дуговой сварки (ИДС) плавящимся электродом в защитных газах с программным управлением образованием каждой капли плавящегося электрода и, как следствие, размерами и формой сварного шва во всех пространственных положениях [8, 9].

При ИДС наблюдается мелкокапельный перенос электродного металла, что не только позволяет производить сварку во всех пространственных положениях, но и упростить и облегчить сварочную аппаратуру для механизированной сварки различных материалов, снизить потери металла на угар и разбрызгивание, обеспечить высокие механические свойства металла шва и улучшить его формирование [9, 10].

**Цель** выпускной квалификационной работы – повышение технологических свойств механизированной сварки в защитных газах при изготовлении каталитических нейтрализаторов выхлопных газов легкового автомобиля.

# 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СВАРКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ

## 1.1 Описание объекта исследования

Конструкция катализатора отработанных газов (рис. 1.1) включает в себя впускной конус 1, корпус 2, выпускной конус 3. Корпус 2 изготавливается из нержавеющей стали, Впускной и выпускной конусы 1 и 3 присоединяют к корпусу при помощи сварки. Также к корпусу приваривают теплоотражатели, которые удерживают керамическую обшивку. Внутренне пространство корпуса заполняет керамический пористый монолит 4, зафиксированный с использованием колец или сетки из коррозионностойкой стали.

В катализаторе происходят химические реакции превращения в безопасные газы и водяной пар потенциально опасных углеводорода и окиси углерода, находящихся в выхлопных газах. Двигатель внутреннего сгорания выбрасывает в атмосферу продукты полного сгорания топлива, в том числе водяной пар, азот и неполного сгорания топлива, в том числе оксид углерода, а также оксиды азота и др. В общем объеме газов, можно насчитать более двухсот компонентов, большая часть из них вредна для организма человека. При проникновении отработанных газов через пористую поверхность монолита происходит их доокисление и нагрев поверхности монолита. Из оксида углерода  $CO$  получается нетоксичный углекислый газ  $CO_2$ ,  $C_nH_m$  переходит в  $CO_2$  и  $H_2O$ ,  $NO_x$  превращаясь в молекулярный  $N_2$ , который в большом объеме содержится в атмосфере, а также воду.

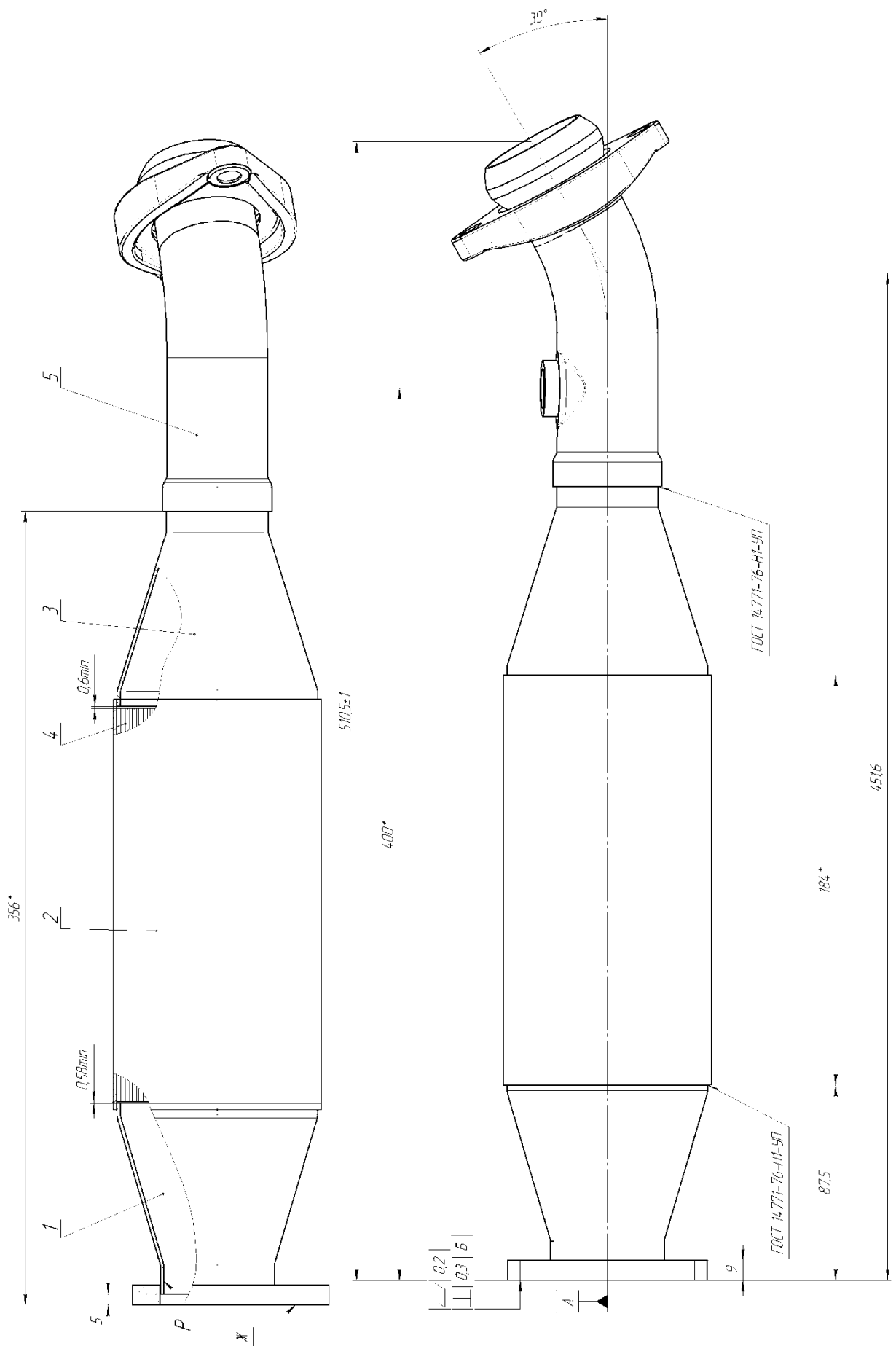


Рисунок 1.1 – Корпус нейтрализатора в сборе



## 1.2 Описание и анализ свойств материала нейтрализатора

В качестве заготовок для деталей нейтрализатора автомобиля используется листовая и трубный прокат из нержавеющей стали 08X18H10T с толщиной стенки 1,5 мм. Детали получают методом штамповки и с применением трубогибочного оборудования.

Сталь 08X18H10T характеризуется повышенным содержанием хрома, никеля, титана. Данная сталь является сталью аустенитного класса, относится к типу коррозионно-стойких и жаростойких. Основное предназначение данного материала - среды повышенной агрессивности.

Таблица.1.1 – Химический состав стали 08X18H10T, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,08	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,5-0,7	0,020	0,035	0,30

Титан относится к ферритообразующим химически активным элементам, и повышение содержания никеля (порядка 10%) необходимо для предотвращения появления двухфазности в стали. При отсутствии учета этого фактора появляется ферритная фаза, которая в материале проката располагается в виде волокон, вытянутых вдоль направления проката.

Для предотвращения появления  $\alpha$ -фазы рекомендовано обращать внимание не только на элементы, образующих феррит и аустенит, они определяются химическим анализом, но и на повышенное содержание алюминия, являющегося элементом образующим в стали феррит. Наличие  $\alpha$ -фазы отрицательно сказывается при использовании в технологическом процессе операций обработки давлением и особенно на обработке трубного проката. Длительный нагрев при умеренных температура способствует превращению в  $\sigma$ -фазу феррита основного металла и сварного шва.

Коррозионная стойкость стали 08X18H10T в наибольшей степени зависит от углерода. Он образует с титаном карбиды переменной растворимости, которые зависят от температуры.

Основными трудностями для сварки высоколегированных, в том числе и коррозионностойких сталей являются:

- необходимость обеспечения трещиностойкости металла шва и околошовной зоны;
- необходимость обеспечения стойкости (коррозионной) сварных соединений к воздействию агрессивных сред;
- необходимость получения и сохранения при длительных периодах эксплуатации требуемых механических свойств сварного соединения;
- необходимость получения плотных швов.

При операции сварки коррозионностойких сталей есть ряд технологических ограничений, присущих только высоколегированным сталям. Для конструкций из таких материалов характерно усиленное коробление. Это связано с низким коэффициентами теплопроводности данной группы сталей и высоким коэффициентом линейного расширения. Ввиду этих факторов для таких материалов применяют режимы с максимальной локализацией пятна нагрева. Для таких материалов механизированная сварка является фактически единственным способом сварки.

При одних и тех же значениях силы тока глубина проплавления аустенитной стали выше, чем для углеродистой, для получения необходимой глубины проплавления величина тока снижается примерно на 10...15 %.

Сварку коррозионностойких сталей предпочтительно выполнять короткой дугой без существенных колебаний электрода ввиду большого химического сродства к кислороду и азоту высоколегированных сварочных проволок и электродных стержней, в данном случае содержащих легирующие элементы в виде титана, ниобия, хрома. Это приводит к уменьшению угара элементов и предотвращает попадание в металл шва оксидных и

нитридных включений, а также обеспечивает стабильный химический состав металла шва.

Основной особенностью сварки коррозионостойких сталей является необходимость борьбы с брызгами присадочного металла или сварочной ванны, которые могут попасть на основной металл и стать очагом межкристаллитной коррозии и привести к коррозионному растрескиванию. Лучшая коррозионная стойкость наблюдается у гладких швов с плавным переходом к основному металлу.

На основе анализа можно сделать вывод, что для сварки коррозионостойких сталей присущ ряд особенностей. Для выполнения конструкторских требований к надежности сварных конструкций и узлов из таких материалов технология сварки должна учитывать максимально возможное количество условий эксплуатации сварных соединений. В технологии должно быть отражено максимальное количество способов сварки при проектировании изделия.

### 1.3 Базовая технология сборки и сварки нейтрализатора

#### Подготовка деталей к сварке

Предварительная обработка свариваемых поверхностей деталей проводится для предупреждения и устранения негативного влияния оксидов и загрязнений на протекание процесса сварки и качество получаемого соединения.

Выбор метода и способа предварительной обработки поверхности зависит в первую очередь от свариваемой стали, исходного состояния свариваемых поверхностей детали, толщины свариваемого участка и геометрических размеров детали, а также от технических требований к сварному соединению и типу производства.

Предварительную обработку свариваемой поверхности выполняют либо механической, либо химической обработкой. В данном проекте предложено применить химическую очистку. Она эффективна в

крупносерийном и массовом производстве ответственных деталей, ввиду возможности получения чистых и малоактивных поверхностей с низкими значениями контактных сопротивлений почти для всех металлических материалов. Последовательность операций, составы растворов, их температура и продолжительность каждой отдельной операции химической обработки поверхности регламентирована производственными инструкциями и в технологической документации.

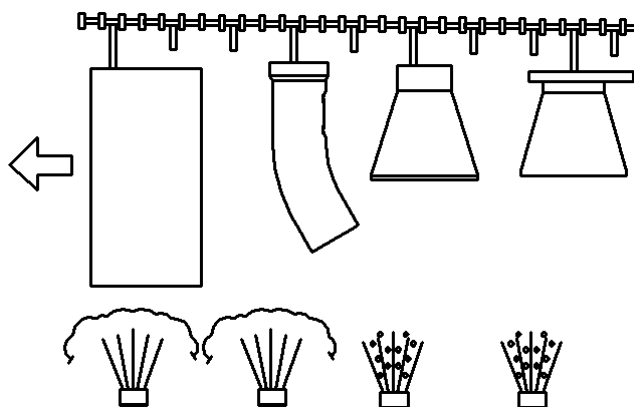


Рисунок 1.2 – Подготовка деталей к сварке

Таблица 1.2 – Проведение химической подготовки поверхностей деталей

Металл	Перечень операций по обработке, состав раствора его и температура	Проведение обработки по окончанию основной операции очистки
Конструкционные низко- и среднелегированные стали, хромистые стали после термообработки	<p align="center"><b>Обезжиривание</b></p> Тринатрийфосфата, г . . . . . 40...60 Кальцинированной соды, г . . 20...35 Едкого натра, г . . . . . 30...50 Температура раствора, °С . . .60...80	<p align="center"><b>Промывка</b></p> Горячая вода (температура 45...50 °С), затем проточная холодная вода
	<p align="center"><b>Травление</b></p> Серной кислоты, г . . . . . 125...250 Хлористого натрия, г . . . . . 20...30 Присадки 4М, г . . . . . 5...8 Температура раствора, °С . . 50...60	<p align="center"><b>Нейтрализация</b></p> Водный раствор едкого натра или калия (50...70 г), температура раствора (20...25 °С)

### Загрузка деталей в кондуктор

Определим последовательность работ. Непосредственно перед работой выполним загрузку заготовок и расходного материала в технологические емкости робота для сварки. Далее поместим заготовки в обратную тару рядом со вспомогательным роботом М-16 iВ. Выполним загрузку

механизмов подачи проволоки сварочных роботов АМ-50 iВ сварочной проволокой катушками по 200 кг. Далее робот М-16 iВ укладывает подготовленные к сварке детали в сварочный кондуктор.

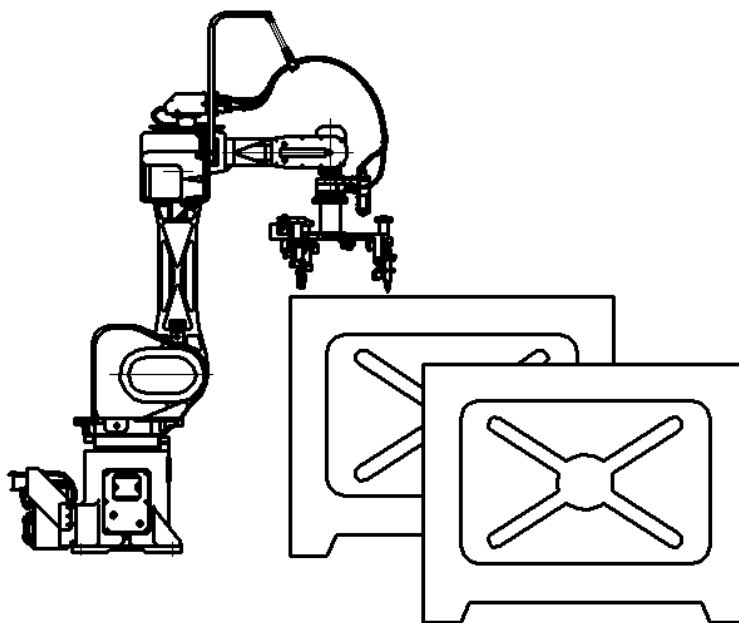


Рисунок 1.3 – Загрузка деталей в кондуктор

#### Сварка

В соответствии с технологией робот АМ-50 iВ производит простановку трёх сварных швов. Режимы сварки составят:  $I_{св}=80...120$  А,  $U_{\delta}=18...22$  В,  $Q=6...8$  м/мин, используется сварочная проволока Св-08Х18Н10Т диаметром 0,8 мм.

Сварка в активных газах получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом. До этого применению углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразованием швах, возникающее по причине кипения металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с повышенным содержанием кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён, что послужило расширению использования углекислого газа при производстве сварочных работ.

Среди промышленно развитых стран в Японии сохраняются устойчиво высокие объемы применения сварки в  $\text{CO}_2$  (около 70 % общего объема сварочных работ, выполняемых механизированной сваркой в защитных газах). Поскольку это страна с весьма ограниченными энергетическими ресурсами, то, по-видимому, повышенная энергоемкость производства аргона по сравнению с  $\text{CO}_2$  является основной причиной того, что работы по уменьшению недостатков процесса сварки в  $\text{CO}_2$  в Японии ведутся в направлении совершенствования источников питания или использования новых сварочных проволок как сплошного сечения, так и порошковых

### Сброс

После операции сварки порталый робот M-16 iB забирает готовую деталь из кондуктора и помещает в обратную тару. Параллельно с процессом сварки, который выполняется на первом посту, производится сборка и подгонка детали в технологической оснастке (кондукторе) на втором посту.

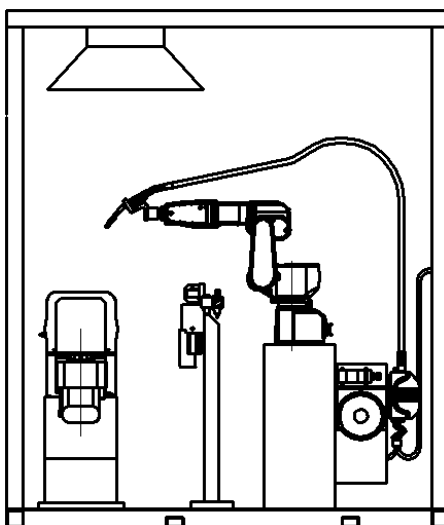


Рисунок 1.4 - Сварка

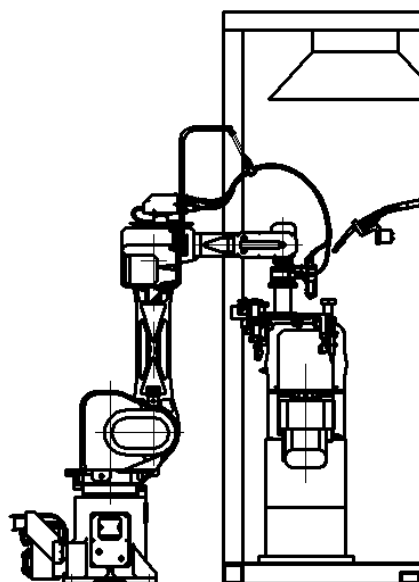


Рисунок 1.5 – Сброс сваренных деталей

### Контроль качества сварки

Опишем основные дефекты, возможные при выполнении операции сварки.

Трещины - самый опасный из дефектов, в особенности для конструкций, которые работают при знакопеременных нагрузках. Различают горячие трещины, которые возникают при кристаллизации от действия растягивающих напряжений, и холодные, которые возникают при температурах примерно 200...300°С. География трещины значительна. Велика вероятность образования в околосшовной зоне, в самом шве, а также поперек или вдоль сварного шва.

Шлаковые включения – представляют собой макроскопические включения, возникающие вследствие некачественной предварительной обработки (наличие окалины, окислов, загрязнений) поверхности сварки. Данный дефект характеризуется снижением прочности и уменьшением сечения сварного соединения. Микроскопические включения — это окиси железа, нитриды, фосфиды, легкоплавкая эвтектика. Характеризуются снижением пластичности сварного шва.

Непровар – отсутствие заполнения металлом необходимого сечения шва и несплавление металла сварного шва с основным металлом

свариваемого объекта. Связано с вероятным наличием между металлами шва и свариваемого объекта тонкой окисной пленки или слоя шлака. Вследствие снижения прочности шва является опасным дефектом.

Прожоги – очень часто появляются при сварке изделий с малой толщиной по причине различия в скоростях сварки, превышении энергии дуги, а также задержке дуги на одном участке. Данный дефект исправим подваркой если соблюдать всех требуемые технические условия на конечное изделие.

Кратеры – появление связано с обрывом дуги. В сечении представлены в виде углублений в шве. Зачастую являются концентраторами напряжения. Данный дефект исправим местной подваркой.

Поры и раковины – в сечении имеют округлую или продолговатую форму. Образуются при повышенном содержания во флюсах или защитных газах влаги, недостаточной предварительной обработке кромок свариваемого объекта, длинной дуги, превышенной скорости сварки. Расположение не статично. Зачастую представлены в виде цепочек с отдельными локальными не зависимыми друг от друга группами или единично. Вызывают ослабление сечения шва и снижение его прочности.

#### 1.4 Разработка проекта технических решений по улучшению базового технологического процесса сборки-сварки изделия

Первоначально для определения путей по повышению эффективности базовой технологии и повышению производительности труда в условиях действующего производства необходимо выделить основные резервы повышения эффективности.

Можно выделить два основных вида резервов совершенствования базовой технологии:

- 1) резервы основных фондов и технологические резервы;
- 2) планово-организационные резервы.



К резервам основных фондов и технологическим резервам можно отнести:

1) интенсивное использование оборудования:

- внедрение комплексной автоматизации и механизации производственных процессов;
- совершенствование технологических процессов с целью их интенсификации;
- модернизация оборудования;
- устранение отклонений от нормального протекания технологических процессов;
- ликвидация брака;
- мероприятия по экономии материалов, топлива, энергии.

2) экстенсивное использование оборудования:

- повышение сменности работы оборудования;
- совершенствование эксплуатации оборудования и организация его текущего обслуживания;
- сокращение простоев оборудования;
- совершенствование организации и технологии ремонта оборудования;
- ликвидация ненужного и устаревшего оборудования;

3) использование производственных площадей:

- рациональная планировка участков и организация рабочих мест;
- организация комплектующих пролётов (участков);
- уменьшение площади, занимаемой вспомогательными службами;
- совершенствование организации внутрицехового транспорта;
- рациональная организация складского хозяйства.

К планово-организационным резервам можно отнести:

1) резервы снижения трудоёмкости сварной конструкции:

- повышение технологичности сварной конструкции;
- развитие специализации производства;
- улучшение организации труда;

- совершенствование подготовки и повышения квалификации и культурного уровня работников;
  - повышение качества нормирования труда.
- 2) резервы лучшего использования рабочего времени:
- улучшение организации обслуживания рабочих мест;
  - совершенствование управления сварочным производством;
  - укрепление трудовой дисциплины;
  - улучшение условий труда;
  - ликвидация брака;
  - снижение текучести кадров.
- 3) общие организационные мероприятия:
- совершенствование управления, планирования и организации сварочного производства;
  - внедрение научной организации труда;
  - научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Исходя из анализа базовой технологии можно выделить несколько её основных недостатков сдерживающих рост производительности труда и эффективности производства в целом:

- 1) низкий уровень автоматизации и механизации сборочно-сварочных работ;
- 2) нерациональное использование основных материалов для изготовления заготовок (коэффициент использования материала 0,6 – 0,7);
- 3) нерациональная планировка производственных площадей;
- 4) нерациональная организации сборочно-сварочных операций (применяется последовательная схема сборки-сварки);
- 5) недостаточная обеспеченность внутрицеховым транспортом и грузоподъёмными средствами на рабочих местах.

## 1.5 Анализ источников научно-технической информации

Для достижения поставленной цели необходимо провести ряд исследований, качество которых определяется глубиной анализа имеющихся научно-технических работ по данной тематике. Поиск будет вести в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «механизированная сварка», «импульсное управление», «диссертация», «Автоматическая сварка журнал», «Сварочное производство журнал».

В **первой** работе [11] проанализированы основные сварочно-технологические свойства защитных чистых газов и газовых смесей при сварке различных материалов плавящимся и неплавящимся электродом. Подчеркнуто, что знание свойств компонентов защитных газов позволяет сделать их рациональный выбор с точки зрения оптимизации процесса сварки, повышения показателей качества и служебных характеристик сварных изделий, улучшения условий труда и повышения его производительности, а также обеспечения экологической безопасности работ. На основании приведенных данных сделан вывод, что в ближайшем и более отдаленном будущем этот способ останется одним из ведущих технологических процессов соединения материалов.

Материалы этого источника научно-технической информации будут применены при составлении проектной технологии сварки и анализе возможных способов сварки.

Во **второй** работе [12] рассмотрена математическая модель, описывающая зависимость тока дугового процесса и соответственно скорости плавления электродной проволоки от изменяющегося характера ее движения в процессе сварки плавящимся электродом, в частности, при коротких замыканиях дугового промежутка.

Материалы этого источника научно-технической информации будут применены при составлении проектной технологии сварки для выбора сварочного оборудования.

В **третьей** работе [8] приведены результаты испытаний на усталость тавровых соединений нержавеющей стали 12Х18Н10Т на воздухе и в коррозионной среде, а также определено влияние поверхностного упрочнения на повышение прочностных свойств и долговечности сварных элементов крыльевых устройств судов на подводных крыльях.

Материалы этого источника научно-технической информации будут использованы при составлении проектной технологии сварки.

В **четвёртой** работе [25] предложена физико-математическая модель дуговой сварки в углекислом газе с управлением каплепереноса металла электрода при использовании периодического короткого замыкания дугового промежутка. В работе установлено, что наилучшие результаты получаются при управляемом процессе переноса капель, обеспечивающем стабилизацию напряжения источника питания которым на стадии формирования капли, и подачу импульса тока в момент разрыва возникающей шейки от электрода к ванне. Разработана методика расчётного определения параметров процесса сварки с управляемыми короткими замыканиями, обеспечивающих стабильность получения размеры шва, равных заданным. Был разработан инверторный источник для сварки, который может быть включён в состав оборудования для автоматической и механизированной сварки.

Материалы этого источника научно-технической информации планируется использовать в ходе анализа состояния вопроса и составления проектной технологии сварки с импульсным управлением сварочной дугой.

В **пятой** работе [26] доказываемся эффективность применения механизированной дуговой сварки при импульсной подаче электродной проволоки. Установлено существенное влияние постоянной времени сварочной цепи на различные характеристики при образовании капли электродного металла, в частности скорость. Эта постоянная сварочной цепи может служить в качестве элемента регулирования процесса каплеобразования, для чего необходимо установить в сварочной цепи управляемый дроссель.

Материалы этого источника научно-технической информации применим при анализе состояния вопроса, когда будем рассматривать способы повышения эффективности механизированной сварки в углекислом газе.

## 1.6 Постановка задач на проектирование

Исходная технология сварки осуществляется с использованием сварки плавящимся электродом в защитных газах. Недостатками такого подхода являются высокое разбрызгивание электродного металла. Процесс забрызгивания газоподводящего сопла сварочной горелки приводит к ухудшению защиты зоны сварки и вызывает образование пор в металле шва. Также забрызгивание приводит к дополнительному нагреву сварочной горелки, что сопровождается выходом из строя таких деталей, как сопло, изоляционные втулки и токоподводящие мундштуки. Тяжелоудаляемые брызги металла, которые остались на свариваемом изделии, становятся концентраторами напряжений и очагами при распространении коррозии, это в дальнейшем значительно снижает прочность и долговечность сварных узлов. Эти недостатки должны быть устранены. Для этого предлагается решение следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

- 1) повысить эффективность сварки плавящимся электродом в среде защитных газов на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений;
- 3) произвести оценку безопасности и экологичности предлагаемых технических решений;
- 4) выполнить экономическое обоснование предлагаемых технических решений.

## 2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ

### 2.1 Использование преимуществ импульсного управления дугой для повышения эффективности механизированной сварки

Типы переноса металла, как и силы, действующие на металл электрода в дуге, подробно представлены в литературных источниках [10, 11, 12]. Каждый рассматриваемый тип характеризуется наличием ряда преимуществ и недостатков. Тип переноса напрямую влияет на технологические характеристики процесса сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, к примеру, на диапазон свариваемых толщин.

Для каждого типа переноса металла электрода характерны свои диапазоны напряжения на дуге, а также значения сварочного тока (рис. 2.1).

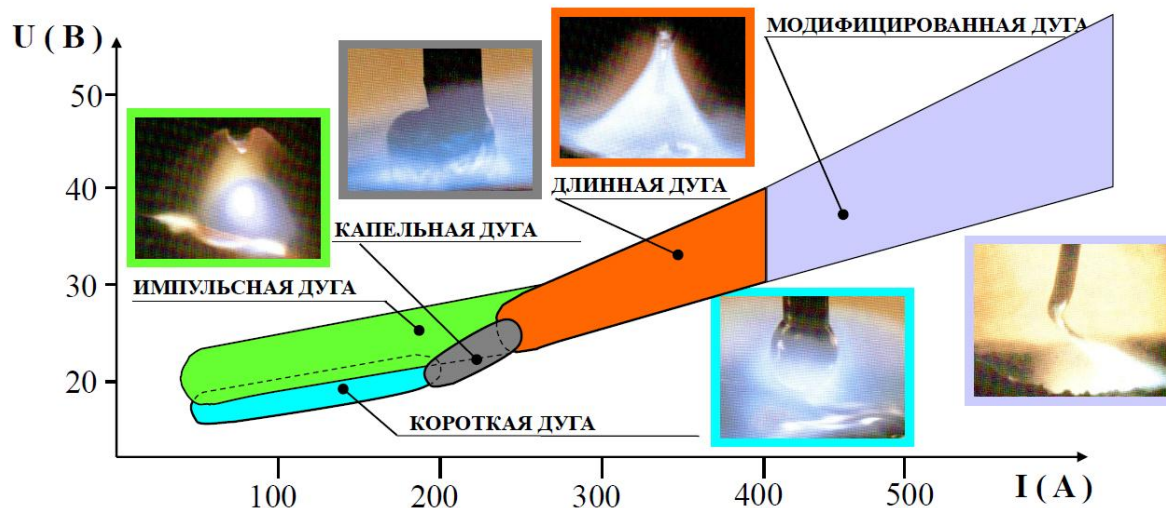


Рисунок 2.1 - Типы дуги при сварке плавящимся  
электродом в защитных газах

Возникновение и распространение быстродействующих силовых транзисторов позволяет управлять процессом переноса, который удовлетворяет необходимым требованиям снижения разбрызгивания, и требованиям обеспечения устойчивости технологического процесса.

В настоящее время совершенствование сварочных процессов и оборудования для механизированной сварки в основном происходит с учетом возможностей, которые можно получить, используя инверторные источники сварочного тока и разнообразие алгоритмов управления переносом электродного металла и циклом сварки.

В 1960-е годы получил достаточно широкое распространение импульсно-дуговой процесс сварки, суть которого заключалась в использовании импульсных алгоритмов управления источником сварочного тока процессом переноса электродного металла

Для импульсной сварки можно выделить следующие особенности процесса:

- В течение единичного импульса ток возрастает до области длинной дуги;
- Переход одной капли металла в сварочную ванну за единичный импульс;
- Частота импульсов напрямую связана со скоростью подачи проволоки, все импульсы подаются с заданной частотой порядка (30...330 Гц);
- Нижний ток поддерживает горение дуги, дуга горит и очищает поверхность свариваемых деталей;
- Дуга горит из-за продолжения реакции импульсного тока и напряжения.

Проведённое исследование быстропротекающих процессов при сварке с короткими замыканиями были выполнены с применением методов физико-математического моделирования, при этом использовались различные алгоритмы управления источником питания для сварки. Полученные экспериментальные данные подтверждают результаты теоретических исследований. Проводилась запись осциллограмм тока и напряжения сварочной дуги, одновременно с этим выполняли синхронизированную скоростную киносъёмку процесса горения сварочной дуги (скорость съёмки составляла 3600 кадров/с). Оценку качества сварных соединений проводили с использованием металлографических исследований.

Импульсный перенос металла при сварке позволяет:

- сократить до минимума ЗТВ;

- максимально сократить разбрызгивание металла электрода;
- уменьшить количество подрезов, непроваров, несплавлений, пор;
- увеличить показатели качества выполнения шва,
- обеспечить гарантированное проплавление и обратный валик с необходимыми размерами.

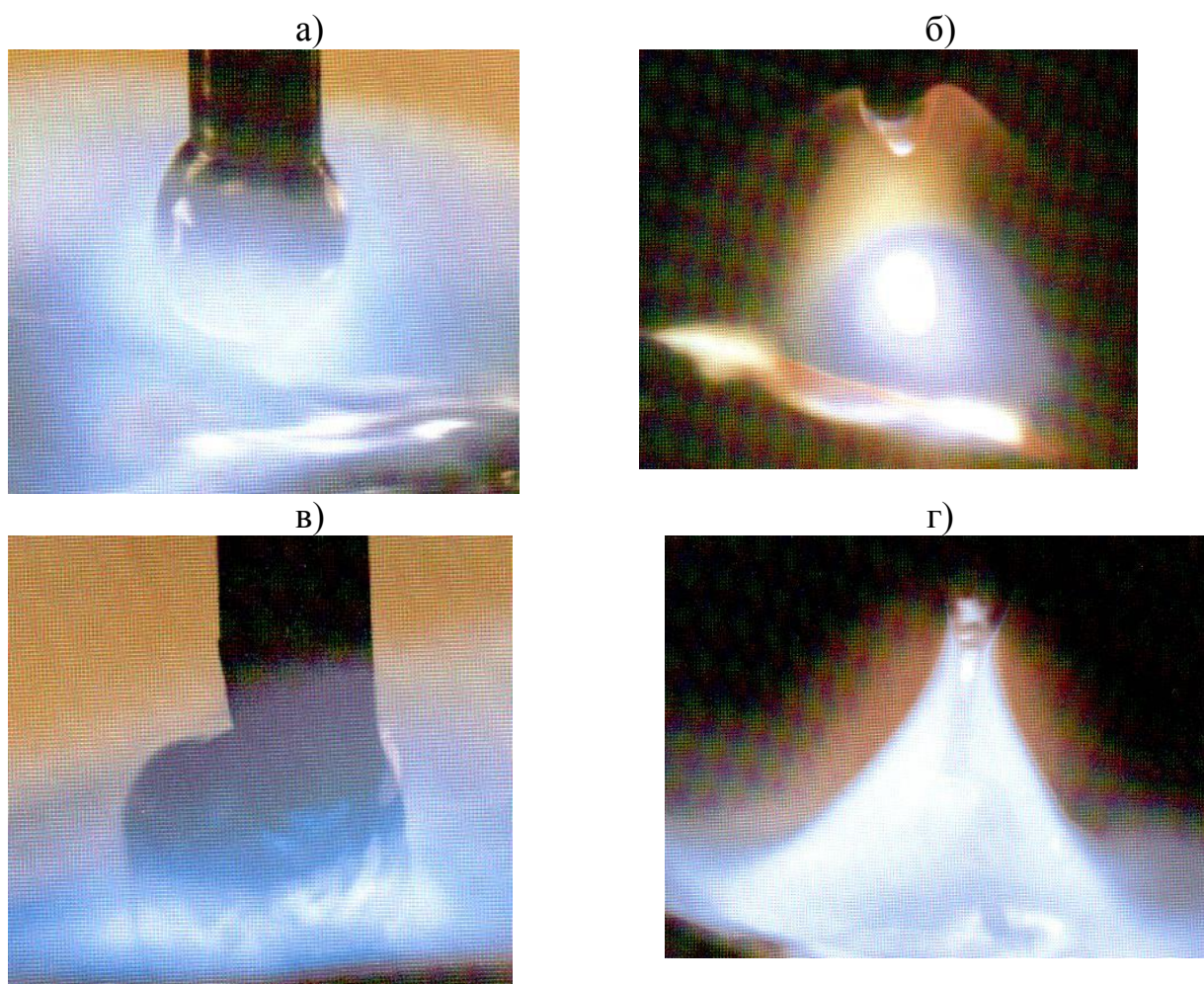


Рисунок 2.2 – Форма горения дуги в случае различного типа переноса электродного металла: а) при сварке короткой дугой; б) при сварке импульсной дугой; в) при крупнокапельном переносе; г) при сварке длинной дугой

Анализ операции сварки с управлением каплепереноса показывает, что наилучшее саморегулирование каплепереноса достигается при получении равных длительностей на стадии формирования и стадии успокоения капель. Минимальный ток сварки на стадии успокоения капель и короткого



замыкания определяют при соблюдении условия сохранения объёма единичной капли. Максимальная амплитуда импульса тока в процессе коротких замыканий ограничивается условием недопустимости нагрева расплавленного металла в перемычке до температуры кипения.

Таким образом, была решена проблема начального возбуждения сварочной дуги в процессе механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе, проводимом с использованием управляемого каплеперноса электродного металла. что достигнуто возбуждением дуги на жесткой ВАХ источника, далее происходит переход к управляемому каплепереносу.

## 2.2 Устройства для реализации импульсного управления дугой при механизированной сварке

### Устройство для сварки [13]

Первый вариант устройства (рис. 2.3) включает собой источник постоянного тока 14. К источнику 14 с положительного вывода присоединяют обкладку фильтрующего конденсатора 1, силовой тиристор 10, а также коммутирующий дроссель 9. Силовой тиристор и коммутирующий дроссель включают в цепь по последовательной схеме. Кроме этого по последовательной схеме к источнику в сварочной цепи подключают дроссель 13 и диод 11, которые зашунтированы резистором 12. Следует учесть, что по параллельной схеме к коммутирующему дросселю 9 подключают вспомогательный тиристор 7, а также коммутирующий конденсатор 6. Коммутирующий конденсатор соединяют по параллельной схеме с цепью, которая включает зарядный дроссель 5 и диод 2 и по последовательной к зарядному дросселю 5, диоду 3 и зарядному тиристор 4, а также диоду 8, анод которого подключается к катоду диода 3, а также к фильтрующему конденсатору 1 и аноду зарядного тиристора 4, а катод - к катоду силового тиристора 10.

Подготовка схемы к для отключения тока нагрузки характеризуется режимом холостого хода для данного источника. Необходимым условием является зарядка за два и более циклов до требуемого напряжения конденсатора 6. При включении тиристора 4 выполняется зарядка конденсатора 6 по следующей цепи: источника питания (в данном случае является плюсом) 14, далее конденсатор 6, затем дроссель 5, диод 3, тиристор 4 и источник 14 питания (в данном случае выполняющий роль минуса). При переходе в включенное состояние тиристора 7 происходит разрядка на дроссель 9 конденсатора 6. При переходе через нулевое значение электрического тока происходит закрытие тиристора 7, В этом случае для конденсатора 6 характерна обратная полярность до времени включения тиристора 7, другими словами его нижняя обкладка имеет положительный потенциал. Разряд конденсатора 6 на дроссель 9 обуславливается его перезарядкой по следующей цепи: от конденсатора 6 к - дросселю 5 - диоду 2 - конденсатору 6 и по цепи: от источника питания 14 к - коммутирующему конденсатору 6 - дросселю 5 - диоду 3 - тиристор 4 - источнику 14. При регулировке момента запуска тиристора 4, появляется возможность автоматической регулировки поступления энергии от источника и поддержки напряжения на конденсаторе 6, необходимого для выключения подачи электрического тока, необходимого для возбуждении дуги. Режим горения дуги обусловлен автоматическим прекращением сигналов на запуск тиристора 4.

**В качестве недостатков** представленного устройства можно выделить невозможность прерывания процесса перезаряда коммутирующего конденсатора, а также следующий за этим процесс заряда через дуговой промежуток. В данном случае становится невозможно через управление током заряда процессами дуговой сварки, при том, что протекание зарядного тока идет через дуговой промежуток.

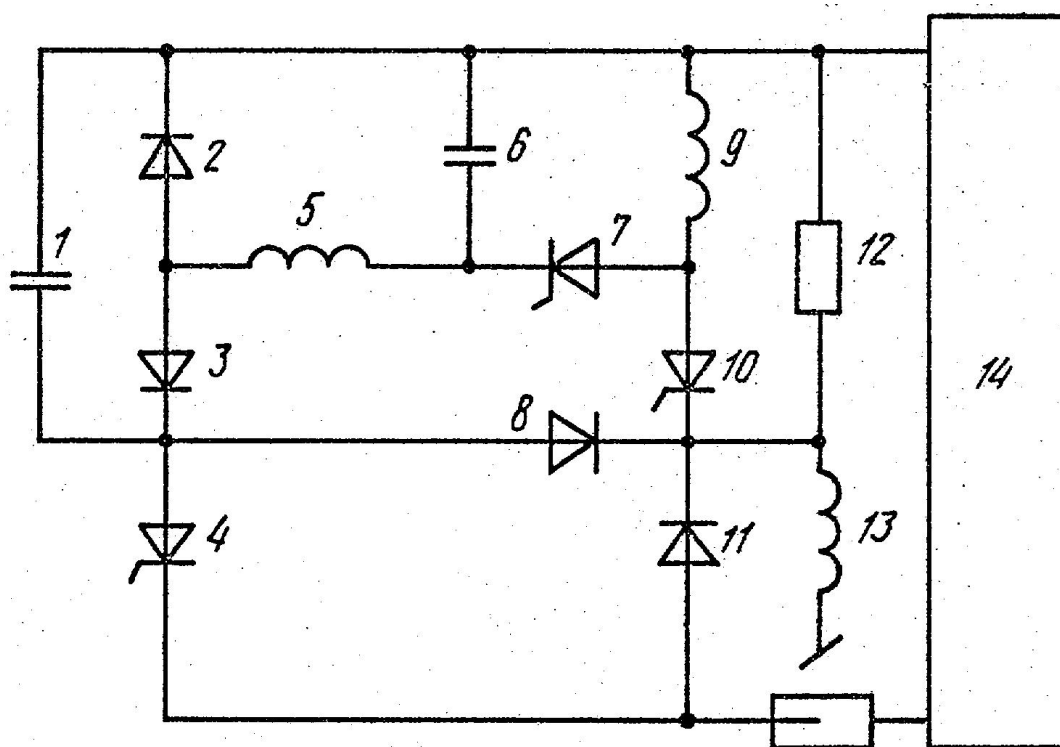


Рисунок 2.3 – Устройство для сварки [13]

Устройство для сварки [14]

Второй вариант - устройство для сварки с применением модулированного тока включает сварочный источник 1 питания постоянного тока, фильтрующий конденсатор 2, блокирующий диод 3, силовой тиристор 4, сглаживающий дроссель 5 коммутирующего контура. Последний включает коммутирующий конденсатор 6, вспомогательный тиристор 7, коммутирующий дроссель 8. Цепь заряда включает блокирующий диод 9 и зарядный дроссель 10.

При запуске источника 1, происходит зарядка конденсатора 2 до величины напряжения источника 1 с участием диода 3 и дросселя 5. Параллельно происходит зарядка конденсатора 6 с использованием диода 9 и дросселя 10.

При начале циклов коммутации, при которых происходит включение тиристора 7, выполняется раскачивание напряжения на конденсаторе 6 до значений, непосредственно зависящих от добротности коммутирующего контура.



### Устройство для сварки [15]

Третий вариант устройства для сварки (рис. 2.3) представляет собой источник 1 постоянного тока. К нему, к положительному концу присоединяют по последовательной схеме коммутирующий дроссель 2, силовой тиристор 3. Их шунтируют к резистору 4 и сварочному дросселю 5. Что характерно, параллельную схему подключения к коммутирующему дросселю 2 используют для присоединения по последовательной схеме соединенных вспомогательного тиристора 6 и коммутирующего конденсатора 7, которые также соединены по параллельной схеме с цепью, которая включает зарядный дроссель 8 и первый диод 9, анод которого связан с анодом второго диода 10 за счет зарядного тиристора 11, а катод второго диода 10 связан с анодом третьего диода 13. Примечательно, что катод диода 13 подключен к катоду силового тиристора 3, а первая обкладка фильтрующего конденсатора 12 подключается к «+» выводу источника 1. Вторую обкладку фильтрующего конденсатора 12 связывают с точкой соединения катода второго диода 10 и анода третьего диода 13, а точку соединения анода второго диода 10 и катода зарядного тиристора 11 подключают к отрицательному выводу источника 1. Схема 14 отвечает за управление всего устройства.

Непосредственно перед началом работы тиристоры 3, 6 и 11 заблокированы, конденсатор 7 заранее заряжен. Верхняя обкладка конденсатора имеет положительную полярность. Ток паузы проходит последовательно через резистор 4, сварочный дроссель 5 и дугу. Включенный по параллельной схеме к резистору 4 конденсатор 12, через диод 13 заряжен до напряжения, которое по величине равно величине падения напряжения на резисторе 4.

При старте работы тиристора 3 импульсный ток протекает по следующей цепи: «+» источника 1 постоянного тока - дроссель 2 - тиристор 3 - дроссель 5 - дуга - «-» источника 1. При начале работы тиристора 3 конденсатор 12, который предварительно заряжен, разряжается через

дроссель 2, тиристор 3, дроссель 5, дугу, диод 13. Это способствует протеканию дополнительного тока через дугу, который в свою очередь стабилизирует ее горение.

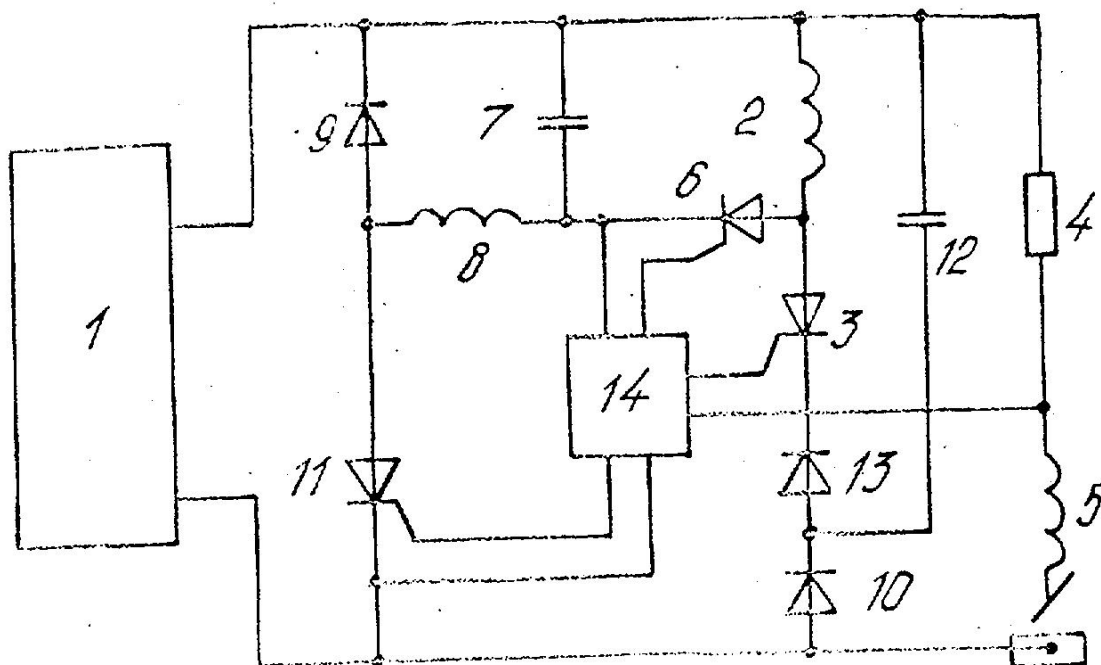


Рисунок 2.5 – Устройство для сварки [15]

**Главный обнаруженный недостаток** устройства - это невозможность использования коммутирующего конденсатора при его перезарядке для оптимизации управления процессом сварки, ввиду начала процесса перезаряда практически сразу после остановки работы силового тиристора.

### 2.3 Выбор оптимальных параметров режима сварки

нейтрализатора Рассмотрим основные параметры режима при сварке плавящимся электродом в защитной среде углекислого газа. Данный вид сварки производится и с постоянным током обеих полярностей, так и с применением осциллятора для переменного тока.

Характерной особенностью для процесса сварки при использовании постоянного тока прямой полярности является меньшая устойчивость дуги, увеличенная склонность к порообразованию в сварном соединении, меньшее

проплавление основного металла. Исходя из того почти всегда данная сварка производится с применением постоянного тока обратной полярности. Поэтому сварку детали надо выполнять на постоянном токе обратной полярности.

Химический состав используемых при сварке в среде углекислого газа низкоуглеродистых сталей проволок должен не менее чем на 80% по составу соответствовать основному материалу. При защите шва углекислым газом происходит выгорание углерода. При этом в сварных швах возникают поры. Для снижения интенсивности образования пор в сварочную ванну добавляют дополнительные элементы – раскислители. Их вводят непосредственно через применяемую электродную проволоку.

В таблице режимов для сварки в среде углекислого  $\text{CO}_2$  подбираем диаметр сварочной проволоки – 1,2 мм. Далее на основании выбранного диаметра проволоки, а также величины свариваемого металла выбираем вылет электродной проволоки. Так как мы выбрали диаметр проволоки 1,2 мм, то вылет электрода должен составить 9...11 мм.

Для подбора сварочного тока необходимо выполнить условия:

- получить качественное сварное соединение без сварных дефектов и по механическим свойствам соответствующее техническим требованиям;
- производить сварку на высоких скоростях (до 22 м/мин) за счет применения сварочного робота;
- учитывать критическое значение тока, при котором возможен процесс сварки данным диаметром электрода и характерным для данной марки проволоки.

При диаметре проволоки  $d_{np}$ , равном 1,2 мм, величина сварочного тока  $I_{св}$  берется из диапазона 180...220 А.

Наиболее важный параметр режима сварки - напряжение дуги  $U_0$ . Его величина прямо пропорциональна диаметру электрода. Возрастание напряжения происходит при уменьшении диаметра электрода и наоборот. Общая длина дуги, ширина шва, увеличиваются с повышением напряжения.

Также при этом уменьшается высота усиления и улучшается форма шва. Негативным фактором на дуге является увеличение потерь электродного металла (разбрызгивание), а также окисление основного свариваемого материала. Для получения необходимой формы провара, внешнего вида сварного соединения и малых потерь на разбрызгивание, а так же высокой производительности, сварку рекомендуется выполнять при оптимальном напряжении дуги (рис. 2.6, табл. 2.1).

Для сварки сварных соединений, находящихся в нижнем положении выбираем напряжение дуги  $U_d = 18...22$  В.

Величину скорости подачи проволоки  $V_{np}$  назначаем исходя из принятого сварочного тока  $I_{св}$  и диаметра сварочной проволоки  $d_{np}$  (рис. 2.7).

Таблица 2.1 – Параметры режима сварки

Наименование параметра сварочного процесса	Буквенное обозначение параметра	Значение параметра
Значение диаметра электродной проволоки	$d_{np}$ , мм	1,2
Величина вылет электрода	$l_{вэл}$ , мм	9...11
Принятая величина расхода газа	$q$ , л/мин	12...14
Установленное значение скорости сварки	$V_{св}$ , м/ч	140...180
Величина напряжения на дуге	$U_d$ , В	18...22
Величина скорости подачи электродной проволоки	$V_{np}$ , м/ч	350...450
Заданное значение сварочного тока	$I_{св}$ , А	180...220



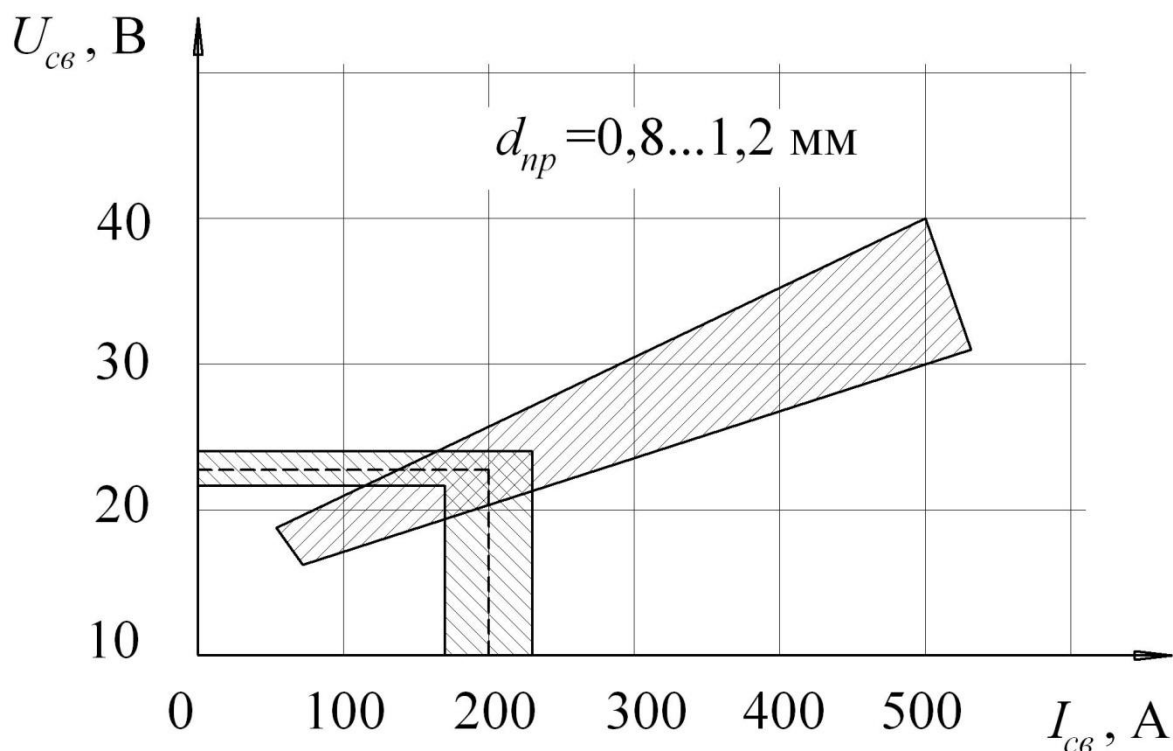


Рисунок 2.6 – Диапазон оптимальных напряжений  $U_{\delta}$  при сварке в углекислом газе проволокой диаметром  $0,8 \div 1,2 \text{ мм}$  (обратная полярность тока)

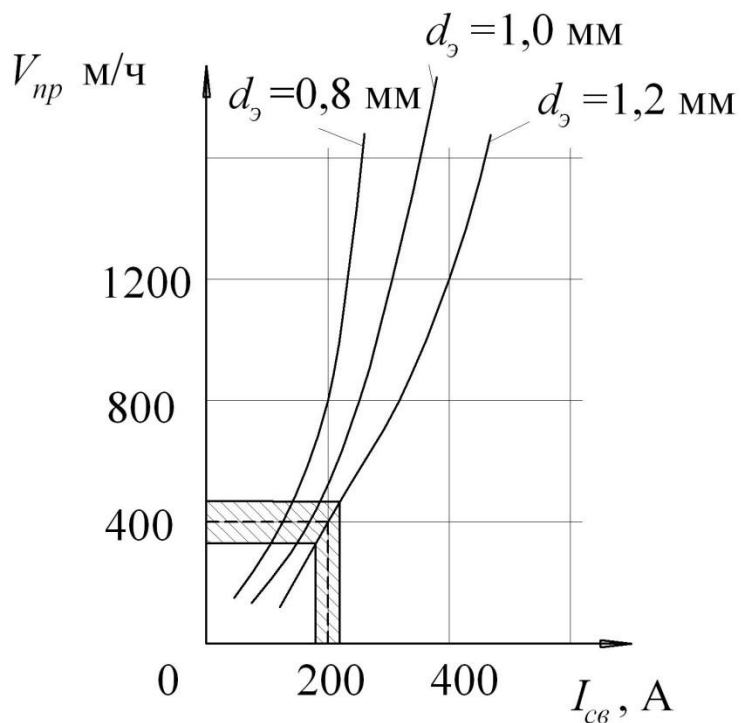


Рисунок 2.7 – Зависимость силы сварочного тока от скорости подачи электродной проволоки марки Св-08Г2С при сварке в углекислом газе

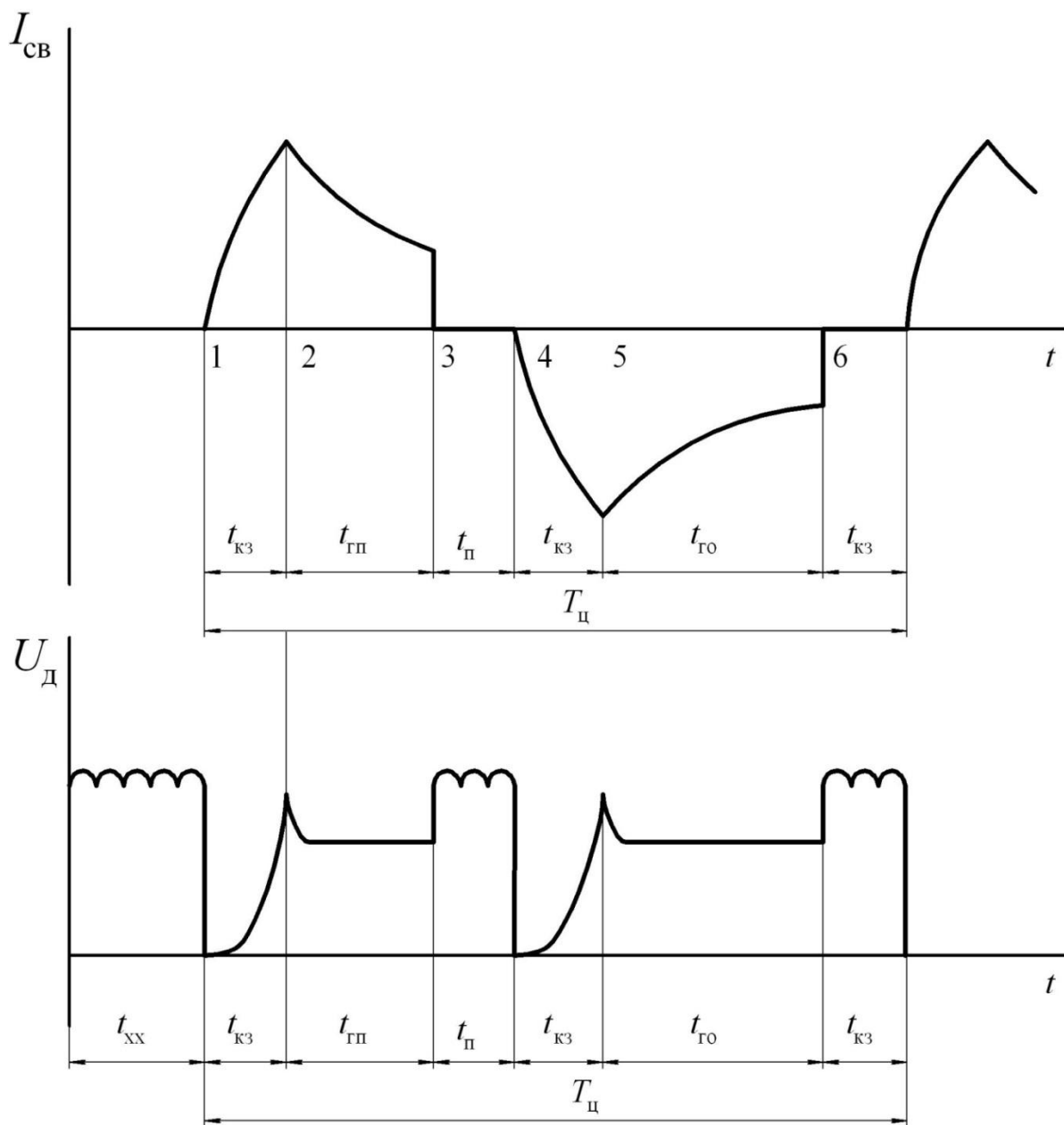
## 2.4 Повышение эффективности сварки за счёт импульсного управления горением дуги

Рисунок 2.8 иллюстрирует циклограмму тока сварки при предлагаемом способе сварки; на рис. 2.9 показана блок-схема устройства для возможности осуществления указанного способа.

В момент времени 1 (рис. 2.8) возникает короткое замыкание. По его окончании происходит возбуждение дуги на прямой полярности (рис. 2.8, фаза 2). В этот момент можно начать дозировать энергию на расплавление единичной капли, после этого сварочную дугу необходимо оборвать (рис. 2.8, фаза 3). Воздействие сил тяжести и поверхностного натяжения заставляет единичную каплю жидкого металла располагаться соосно с сварочным электродом. При коротком замыкании этот факт улучшает процесс переноса металла электрода. При возникновении короткого замыкания (рис. 2.8 фаза 4) необходимо изменить полярность сварочного тока на обратную.

Дозирование энергии на расплавление одной капли необходимо начать непосредственно при возбуждении дуги на обратной полярности (рис. 2.8, фаза 5), причем необходимо учитывать условие для плавления электрода на прямой и обратной полярностях. Время для горения дуги при обратной полярности устанавливают в 1,3...1,5 раза больше, чем при прямой полярности. По завершении дозирования дуга обрывается (рис. 2.8, фаза 6) и весь цикл необходимо повторить в той же последовательности. Предлагаемое устройство для выполнения дуговой сварки на переменном токе с применением плавящегося электрода и короткими замыканиями дугового промежутка включает источник постоянного тока 1. К источнику по параллельной схеме тиристорный преобразователь. Анодную группу тиристоров преобразователя, состоящую из силового тиристора 2 и 3, соединяют через сглаживающий дроссель 4 к положительному полюсу источника питания, а группу катодов, состоящую из силового тиристора 5 и

6, подключают через коммутирующий дроссель 7 к отрицательному полюсу источника питания.



$t_{кз}$  – работа в режиме короткого замыкания дугового промежутка;

$t_{xx}$  – работа в режиме холостого хода источника питания;

$t_{гп}$  – работа в режиме сварки на прямой полярности;

$t_{по}$  – работа в режиме сварки на обратной полярности;

$t_{п}$  – работа в режиме паузы перед коротким замыканием;

$T_{ц}$  –цикл плавления и переноса металла электрода

Рисунок 2.8 – Циклограмма сварочного тока

Начало работы силовых тиристоров 2 и 6 организует прямую полярность на дуге. При дальнейшей эксплуатации их можно именовать тиристорами прямой полярности, при этом силовые тиристоры 3 и 5 тиристорами обратной полярности. Также в устройстве имеются два диода 8 и 9, которые шунтируют силовые тиристоры анодной группы в обратном направлении, конденсатор фильтра 10, коммутирующий конденсатор 12, который через нижнюю обкладку подключают к отрицательному полюсу источника питания, зарядный дроссель 13 и блокирующий диод 14 — к верхней обкладке конденсатора фильтра 10, а через вспомогательный тиристор 15 — к катодной группе тиристоров преобразователя в блок управлений тиристорами 16.

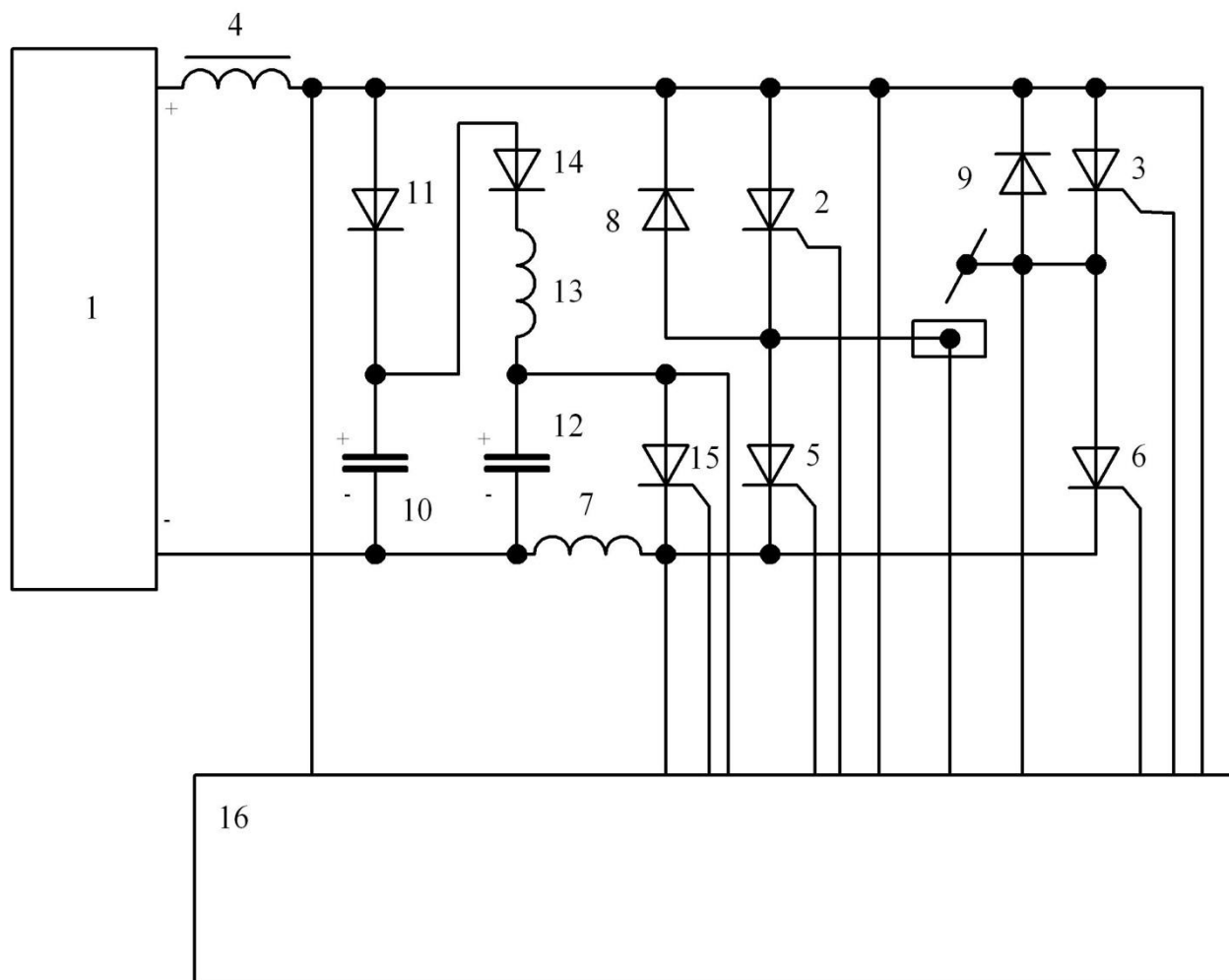


Рисунок 2.9 – Блок-схема устройства для осуществления способа

Предлагаемое устройство импульсной подачи токоведущей проволоки (рис. 2.10) содержит цилиндрический корпус 1, имеющий форму цилиндра с фланцем. Корпус 1 имеет резьбу на наружной поверхности фланца и на внутренней поверхности с противоположной стороны корпуса 5. Внутри корпуса 1 размещена втулка 2 с фланцем и резьбой на внешней поверхности.

Втулка 2 посредством резьбы на внешней поверхности ее фланца соединена с регулировочной гайкой 3. Между гайкой 3 и втулкой 2 установлена шайба 4, На фланце корпуса 1 с помощью резьбового соединения закреплена крышка 5. Внутри корпуса 1 по оси устройства расположена токоподводящая проволока 6. Вокруг то ко под водя щей проволоки 6, внутри корпуса 1 и втулки 2. расположен захватный элемент, состоящий из втулки 7. с обеих сторон которой жестко закреплены пружины 8 и 9.

Пружина 8 захватного элемента, установленная со стороны рабочего конца токоподводящей проволоки 6. представляет собой цилиндрическую пружину сжатия и вторым концом закреплена между втулкой 2 и шайбой 4.

С противоположной стороны втулка 7 захватного элемента подпружинена пружиной 9. закрепленной вторым концом между крышкой 5 и корпусом 1 посредством шайбы 10. Пружина 9 и втулка 7 захватного элемента выполнены из материала, проявляющего эффект памяти формы, например из никелида титана (49,5% Ni; 50,5% Ti).

На регулировочной гайке 3 жестко закреплен задерживающий захват - стопор. Стопор состоит из корпуса стопора 11, выполненного в форме втулки с коническим отверстием внутри. Корпус стопора 11 расположен так. что диаметр внутреннего отверстия больше со стороны рабочего конца токоподводящей проволоки 6. С обоих концов стопор имеет отверстия с диаметром, несколько большим диаметра токоподводящей проволоки 6. Внутри корпуса стопора 11 со стороны меньшего диаметра внутренней полости корпуса 11 расположены три стопорных шарика 12, подпружиненных конической пружиной 13.

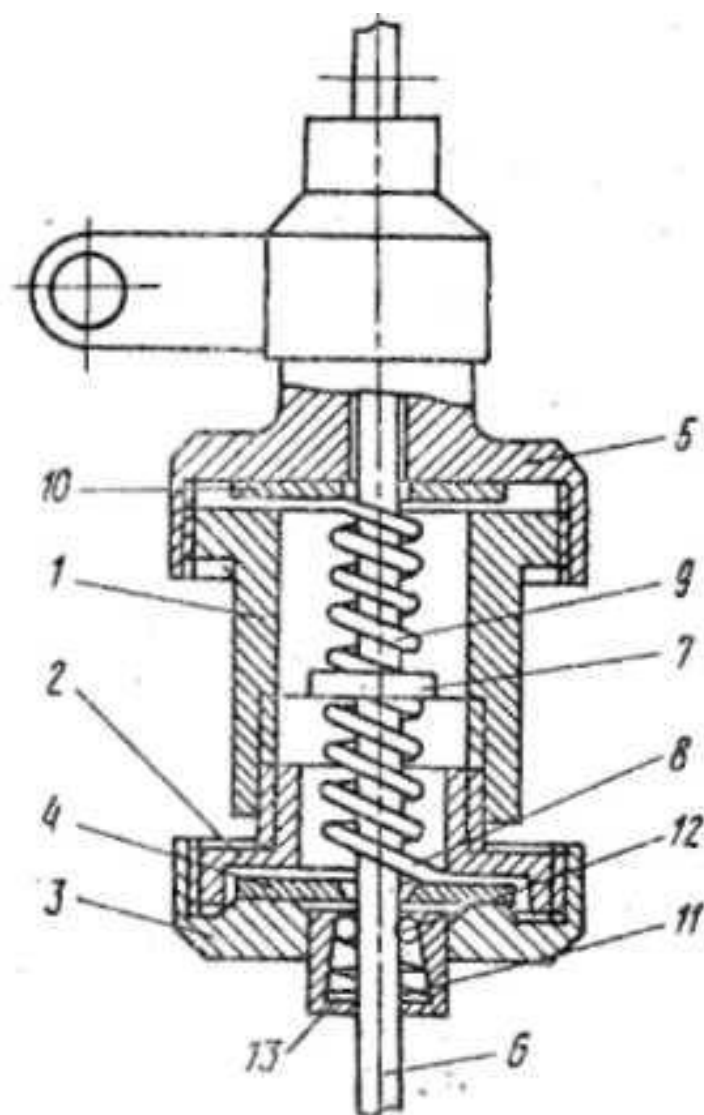


Рисунок 2.10 – Схема устройства для импульсной подачи электродной проволоки

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Импульсный ток, проходя по токопроводящей проволоке 6, нагревает её и передает часть тепла деталям, наиболее близко расположенным к токоподводящей проволоке 6. В предложенной конструкции особенно подвержены нагреву детали захватного элемента: втулка 7 и пружины 8 и 9, так как для этих деталей наибольшее отношение площади поверхности близко расположенной к нагреваемой токоподводящей проволоке 6 к объему данных деталей. Выполнение задней пружины 9 захватного элемента из материала, обладающего эффектом памяти формы, позволяет тренировкой на

обратимую память придать ей более мощные упругие свойства при нагреве пружины и уменьшить упругость пружины до первоначального значения при остывании задней пружины 9 захватного элемента. Материал и геометрия пружины 9 (диаметр проволоки 6, диаметр пружины, шаг пружины, длина пружины) подбираются: такие, чтобы при ее нагреве усилие пружины было достаточно для сжатия пружины 8 и перемещения токоподводящей проволоки 6 на определенную величину за один импульс тока.

При прохождении импульса тока по сварочной проволоке 6 происходит нагрев этой проволоки, пружин 8, 9 и втулки 7. При этом втулка 7 захватного элемента, выполненная из материала, обладающего эффектом памяти формы, уменьшая свой внутренний диаметр в направлении, перпендикулярном от устройства, плотно охватывает сварочную проволоку 6, а пружина 9 захватного элемента, выполненная из материала, обладающего эффектом памяти формы, при нагреве проявляет повышенные упругие свойства и перемещает втулку 7 с проволокой 6. При этом перемещение втулки 7 с токоподводящей проволокой 6 или рабочий ход пружины 9 зависит от жесткости пружины 3.

В зависимости от первоначального усилия сжатия пружины 9 захватного элемента, выполненной из материала, проявляющего эффект памяти формы, по-разному происходит изменение упругих свойств этой пружины 9 при ее нагреве. При настройке устройства первоначальное усилие сжатия пружины 9 захватного элемента можно регулировать завинчивая втулку 2 совместное гайкой 3 в цилиндрический корпус 1.

## 3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 3.1 Составление технологической характеристики объекта

В проектной технологии проведена модернизация сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа путём введения импульсного управления дугой. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение импульсных источников питания, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты рабочих и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок.

Сварочные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов. Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Возможности влияния процесса сварки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную



гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

Одним из основных вредных производственных факторов в сварочном производстве является загрязнение воздуха рабочей зоны токсичными веществами в виде сварочных аэрозолей, образующихся при электродуговом процессе. Защита сварщиков и производственной среды от действия сварочных аэрозолей осуществляется посредством различных систем вентиляции, которые должны обеспечить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не выше предельно допустимой концентрации. Для выбора необходимой системы вентиляции и повышения ее эффективности на рабочих местах сварщиков необходимы экспериментальные данные о содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны при различных условиях вентилирования.

Твердая составляющая сварочного аэрозоля образуется при конденсации паров металлов и шлака. Условия испарения металла и шлака оказывают решающее влияние на состав аэрозоля. Температура капли, ее удельная поверхность и скорость перехода марганца из объема капли к ее поверхности определяют концентрацию марганца в аэрозоле.

Удлинение дуги, увеличение удельной поверхности испарения при измельчении капель ведет к более интенсивному испарению марганца. Основным источником поступления марганца и железа в сварочный аэрозоль является металлический расплав. Наличие на его поверхности пленки шлака препятствует испарению железа и марганца. Интенсивность испарения марганца из расплавленного шлака увеличивается с ростом основности и содержания в нем оксидов марганца. Для их уменьшения рекомендуется увеличивать в шлаках содержание структурообразующих анионов кремния, титана, алюминия и снижать содержание катионов-модификаторов — калия, натрия, магния.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовка деталей к сварке	Слесарь-сборщик	Камера помывочная, камера сушильная	Раствор кальцинированной соды, воздух сжатый
2. Загрузка деталей в кондуктор	Слесарь-сборщик	Робот М-16iВ, кондуктор сборочный	Воздух сжатый
3. Сварка	Программист-наладчик	Робот М-16iВ, кондуктор сборочный	Воздух сжатый, углекислый газ, сварочная проволока
4. Сброс	Программист-наладчик	Робот М-16iВ, кондуктор сборочный	Воздух сжатый
5. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа, компрессор	Мыльный раствор, мел
6. Исправление дефектов сварки	Электрогазосварщик	Установка УДГУ-2510	Аргон, сварочная проволока

### 3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1	2	3
1. Подготовка деталей к сварке	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Камера помывочная, камера сушильная

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
2. Загрузка деталей в кондуктор	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	Робот М-16iВ, кондуктор сборочный
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн;</li> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной и УФ радиации</li> </ul>	Робот М-16iВ, кондуктор сборочный
4. Сброс	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	Робот М-16iВ, кондуктор сборочный
5. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	Лупа, компрессор
6. Исправление дефектов сварки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн;</li> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной и УФ радиации</li> </ul>	Установка УДГУ-2510

### 3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 3.3 - Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предупреждающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной и УФ радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

### 3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о факте возникновения пожара

Таблица 3.5 - Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок роботизированной сварки	Робот M-16iB, кондуктор сборочный	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (E)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Роботизированная сварка	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

### 3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Роботизированная сварка	Подготовка, сборка, сварка	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Роботизированная сварка
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

### 3.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

## 4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

### 4.1 Сбор исходных данных для проведения экономического обоснования

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварки при производстве нейтрализаторов выхлопных газов легкового автомобиля. При выполнении технологии предусматривается роботизированная сварка проволокой в среде защитных газов. Процесс забрызгивания газоподводящего сопла сварочной горелки приводит к ухудшению защиты зоны сварки и вызывает порообразование в материале сварного шва. Кроме того забрызгивание приводит к дополнительному нагреву сварочной горелки, это влечет выход из строя таких деталей, как сопло, изоляционные втулки и токоподводящие мундштуки. Брызги металла, которые остаются на поверхности свариваемой детали, достаточно трудно удалить. Они становятся концентраторами напряжений, повышают интенсивность коррозионных процессов. Это приводит к значительному снижению прочности и надежности сварных конструкций.

Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – подготовительная; вторая – сварочная; третья операция – контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим по изменяющимся экономическим показателям



Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	19,5	19,5
3	Принимаемый разряд роботиста	Р.р.		V	V
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	150	150
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м <sup>2</sup>	30000	30000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м <sup>2</sup>	30	30
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	30	30

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования: Система роботизированной сварки Импульсный источник питания – 1 шт.	Цоб	Руб.	920000	920000 + 80000
				920000	1000000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	150	150
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	4,2	4,2
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	2,15	2,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	$t_{\text{МАШ}}$	час	0,107	0,074

#### 4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где  $T_{CM}$  – принятая продолжительность смены;

$D_P$  – общее количество рабочих дней в году;

$D_{II}$  – общее количество предпраздничных дней;

$T_{II}$  – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

$C$  – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

$$F_{\text{Э}} = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где  $B$  – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_{\text{Э}} = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

### 4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{МАШ}}$  – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$  – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОБСЛ}}$  – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5%  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОТЛ}}$  – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5%  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{П-З}}$  – время на подготовительно – заключительные операции, 1%  $t_{\text{МАШ}}$ .

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,107 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,13 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,074 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,09 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где  $F_{\text{Э}}$  – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время на выполнение сварки одного изделия;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/0,13 = 31600 \text{ изделий за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/0,09 = 50000 \text{ изделий за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем  $П_{\Gamma} = 50000$  изделий за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot П_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (4.5)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – затрачиваемое штучное время на сварку одного изделия;

$П_{\Gamma}$  – принятое значение годовой программы;

$F_{\text{Э}}$  – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{\text{ВН}}$  – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{0,13 \cdot 50000}{4108 \cdot 1,1} = 1,44$$

$$n_{РАСЧ.пр} = \frac{0,09 \cdot 50000}{4108 \cdot 1,1} = 1,00$$

На основании проведённых расчётов принимаем две единицы оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где  $n_{РАСЧ}$  – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{пр}$  – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$Kзб = 1,44/2 = 0,72$$

$$Kзп = 1,00/1 = 1$$

#### 4.4 Вычисление заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$M = Ц_{м} \cdot Н_{р} \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где  $Ц_{м}$  – стоимость сварочных материалов;

$K_{т-з}$  – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении технологии предусматривается роботизированная сварка проволокой в среде защитных газов. Процесс забрызгивания газоподводящего сопла сварочной горелки приводит к ухудшению защиты зоны сварки и вызывает порообразование в материале сварного шва. Кроме того забрызгивание приводит к дополнительному нагреву сварочной горелки,

это влечет выход из строя таких деталей, как сопло, изоляционные втулки и токоподводящие мундштуки. Брызги металла, которые остаются на поверхности свариваемой детали, достаточно трудно удалить. Они становятся концентраторами напряжений, повышают интенсивность коррозионных процессов. Это приводит к значительному снижению прочности и надежности сварных конструкций.

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной. Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – принятое значение тарифной ставки;

$K_{\text{д}}$  – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 0,13 \cdot 150 \cdot 1,88 = 36,66 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,09 \cdot 150 \cdot 1,88 = 25,38 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где  $K_{\text{доп}}$  – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 36,66 \cdot 12/100 = 4,40 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 25,38 \cdot 12/100 = 3,05 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 36,66 + 4,40 = 41,06 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 25,38 + 3,05 = 28,43 \text{ рублей.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$\text{Осн} = \Phi\text{ЗП} \cdot \text{Ксн} / 100, \quad (4.10)$$

где Ксн – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 41,06 \cdot 34 / 100 = 13,96 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 28,43 \cdot 34 / 100 = 9,67 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где  $A_{\text{об}}$  – принятая величина амортизации оборудования;

$P_{\text{э-э}}$  – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об}} = \frac{\text{Ц}_{\text{об}} \cdot \text{На} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где  $\text{Ц}_{\text{об}}$  – принятое значение стоимости оборудования;

$\text{На}$  – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{обб}} = \frac{920000 \cdot 19,5 \cdot 0,13}{4108 \cdot 100} = 5,68 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{обпр}} = \frac{1000000 \cdot 19,5 \cdot 0,09}{4108 \cdot 100} = 4,27 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot \text{Ц}_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (4.13)$$

где  $M_{\text{УСТ}}$  – принятое значение мощности установки;

$\text{Ц}_{\text{э-э}}$  – стоимость электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{Э-ЭБ}} = \frac{150 \cdot 0,13 \cdot 1,75}{0,7} = 48,75 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{Э-ЭПР}} = \frac{150 \cdot 0,09 \cdot 1,75}{0,7} = 33,75 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{об.баз.}} = 5,68 + 48,75 + 0,94 + 1,31 = 56,68 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об.проектн.}} = 4,27 + 33,75 + 0,65 + 0,91 = 39,58 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$Z_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где  $P_{\text{пл}}$  – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{\text{пл}}$  – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

где  $C_{\text{экспл}}$  – расходы на содержание площадей

$S$  – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{плБ}} = \frac{2000 \cdot 30 \cdot 0,13}{4108} = 1,90$$

$$P_{\text{плПР}} = \frac{2000 \cdot 30 \cdot 0,09}{4108} = 1,31$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{\text{пл}} = \frac{Ц_{\text{пл}} \cdot Na_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где  $Na_{\text{пл}}$  – принятое значение нормы амортизации площади;



$C_{\text{ПЛ}}$  – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 30 \cdot 0,13}{4108 \cdot 100} = 0,14$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 30 \cdot 0,09}{4108 \cdot 100} = 0,10$$

$$Z_{\text{ПЛБаз.}} = 1,90 + 0,14 = 2,04 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ПЛПРоктн.}} = 1,31 + 0,10 = 1,41 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{Об}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 41,06 + 13,96 + 56,68 + 2,04 = 113,74 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроктн.}} = 28,43 + 9,67 + 39,58 + 1,41 = 79,09 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где  $K_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 113,74 + 1,5 \cdot 36,66 = 168,73 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроктн.}} = 79,09 + 1,5 \cdot 25,38 = 117,16 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где  $K_{\text{ЗАВ}}$  – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 195,04 + 2,15 \cdot 36,66 = 247,55 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроктн.}} = 87,45 + 2,15 \cdot 25,38 = 171,73 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки

в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Условные обозначения	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Фонд заработной платы	ФЗП	41,06	28,43
2	Отчисления на социальные нужды	О <sub>сн</sub>	13,96	9,67
3	Затраты на оборудование	Зоб	56,68	39,58
4	Расходы на площади	Зпл	2,04	1,41
	Себестоимость технологическая	Стех	113,74	79,09
6	Расходы цеховые	Рцех	54,99	38,07
	Себестоимость цеховая	Сцех	168,73	117,16
7	Расходы заводские	Рзав	78,82	54,57
	Себестоимость заводская	С <sub>зав</sub>	247,55	171,73

#### 4.6 Определение капитальных затрат в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

где  $K_{\text{З}}$  – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б.}}$  – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

$n$  – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

$$Ц_{\text{ОБ.Б.}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.21)$$

где  $Ц_{\text{ПЕРВ.}}$  – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$  – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

$N_{\text{А}}$  – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 920000 - (920000 \cdot 0 \cdot 19,5 / 100) = 920000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 920000 \cdot 0,72 = 662400 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

где  $K_{\text{ОБ}}$  – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$  – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{\text{СОП}}$  – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 1000000 \cdot 1,05 \cdot 1,00 = 1050000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$  – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 120000 \cdot 0,3 = 36000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где  $K_{\text{МОНТ}}$  – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 200000 \cdot 0,3 = 60000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 36000 + 60000 = 96000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 42525 + 20500 = 63025 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.27)$$

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 1050000 + 96000 = 1146000 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ}}}{П_{\text{Г}}}, \quad (4.28)$$

где  $П_{\text{Г}}$  – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 662400/50000 = 13,25 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 1146000/50000 = 22,92 \text{ руб./ед.}$$



#### 4.7 Расчёт показателей экономической эффективности в соответствии с проектным вариантом технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,13 - 0,09}{0,13} \cdot 100\% = 31\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$P_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$P_T = \frac{100 \cdot 31}{100 - 31} = 45\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{113,74 - 79,09}{113,74} \cdot 100\% = 30\%$$

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot P_T \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (247,55 - 171,73) \cdot 50000 = 9791000 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{483600}{9791000} = 0,05$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\text{Эг} = \text{Э}_{\text{уг}} - \text{Ен} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\text{Эг} = 9791000 - 0,33 \cdot 483600 = 9631412 \text{ руб.}$$

#### 4.8 Заключение по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 31 %, увеличение производительности труда на 45 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 30 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 9,8 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 9,6 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,05 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки обладает экономической эффективностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение технологических свойств механизированной сварки в защитных газах при изготовлении каталитических нейтрализаторов выхлопных газов легкового автомобиля.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества сварки. На основании анализа существующих отечественных разработок в области импульсного управления сварочной дугой предложен оригинальный способ, позволяющий полностью устранить разбрызгивание.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 31 %, повышению производительности труда на 45 %, снижению технологической себестоимости на 30 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 9,6 млн рублей.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Любавский, К.В., Сварка плавящимся электродом в атмосфере защитных газов / К.В. Любавский, Н.М. Новожилов // Автогенное дело. – 1953. – № 1. – С. 4–8.
- 2) Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.
- 3) Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
- 4) Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
- 5) Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
- 6) Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
- 7) Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
- 8) Коломийцев, Е.В. Коррозионно-усталостная прочность тавровых соединений стали 12Х18Н10Т и методы её повышения / Е.В. Коломийцев // Автоматическая сварка. – 2012. – № 12. – С. 41–43.
- 9) Управление процессом дуговой сварки путем программирования скорости подачи электродной проволоки / Б.Е. Патон, Н.М. Воропай, В.Н. Бучинский и др. // Автоматическая сварка. -1977. - № 1. - С. 1-5, 15.
- 10) Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. Издание 2-е, переработанное. К.: «Екотехнологія», 2007. – 192 с.

11) Патон, Б.Е. Применение защитных газов в сварочном производстве / Б.Е. Патон, С.Т. Римский, В.И. Галинич // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 17–24.

12) Лебедев, В.А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями / В.А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 19–22.

13) А.с. 1779506. Сварочное устройство. БИ № 45, 1992.

14) А.с. 682336. Устройство для сварки. БИ № 32, 1979.

15) А.с. 1738525. Устройство для сварки. БИ № 21, 1992.

16) Сидорец, В.Н. Импульсно-дуговая сварка как основа современных технологий сварки плавящимся электродом / В.Н. Сидорец, А.М. Жерносеков, С.В. Рымар // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії . – 2016. – № 2 – С. 221–225.

17) Жерносеков, А.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) / А.М. Жерносеков, В.В. Андреев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48–52.

18) Рекламная информация фирмы Fronius: CMT ADVANCE: специалист по сварке тонкого металла // Автоматическая сварка. – 2010. – № 10. – С. 67–68.

19) Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.

20) Winifred G. Palmer, James C. Eaton. Effects of welding on health, XIII // American Welding Society. – 2007. – International Standard Book Number: 978-0-87171-067-3.

21) James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.

22) Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

23) Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

24) Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.

25) Гецкин, О.Б. Разработка алгоритма управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах и его реализация в многофункциональном сварочном источнике: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Чебоксары: НПП «Технотрон». – 2010.

26) Лебедев, В.А. Определение параметров импульсной подачи электродной проволоки при механизированной дуговой сварке и наплавке / В.А. Лебедев // Сварочное производство. - № 8. – 2008. – С. 11-14.