

2.1) Выбор нового способа сварки, присадочного материала, оборудования и оснастки для сварки заданного узла.

2.2) Расчет параметров режима сварки, назначение дополнительных условий и техники выполнения сварных швов.

2.3) Составление новой технологической карты сборки-сварки узла крепления гидроцилиндра.

3. Безопасность и экологичность предлагаемых решений

3.1) Анализ опасных и вредных факторов, возникающих при реализации технологического процесса сварки узла.

3.2) Мероприятия по защите персонала от действия вредных и опасных производственных факторов, возникающих при реализации проектной технологии.

4. Техничко-экономическое обоснование эффективности внедрения проектной технологии

4.1) Расчет себестоимости выполнения сварных швов при изготовлении узла крепления гидроцилиндра к опорной раме по базовому и проектному вариантам технологии.

4.2) Расчёт показателей эффективности внедрения результатов работы в производство

Заключение по выпускной квалификационной работе

Библиографический список

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Лист 1. Узел крепления гидроцилиндра к опорной раме.

Лист 2. Свойства и свариваемость материала изделия

Лист 3. Базовый технологический процесс сборки и сварки

Лист 4. Способы сварки узла крепления

Лист 5. Проектный технологический процесс сборки и сварки

Лист 6. Экономическая эффективность проектной технологии

6. Консультанты по разделам

7. Дата выдачи задания « ____ » _____ 20 ____ г.

Заказчик (указывается должность, место работы)

Ученая степень, ученое звание)

**Руководитель выпускной
квалификационной работы**

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

(И.О. Фамилия)

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «СМДиРП»

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой _____ СМДиРП

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Архипова Виктора Андреевича

по теме: «**Разработка технологии сварки узла крепления гидроцилиндра к опорной раме**»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Характеристика изделия, принцип его действия, условия эксплуатации	13.02.17 – 20.02.17	20.02.17	выполнено	
2 Анализ существующих способов сварки, технологических приемов, сварочного и технологического оборудования,	20.02.17 - 01.03.17	01.03.17	выполнено	
3. Разработка технологии сборки-сварки узла крепления гидроцилиндра к опорной раме.	01.03.17 12.03.17	12.03.17	выполнено	
4. Составление новой технологической карты сборки-сварки узла крепления гидроцилиндра	20.05.17- 30.05.17	30.05.17	выполнено	
5. Безопасность и экологичность проекта	22.05.17 25.05.17	25.05.17	выполнено	
6. Техничко-экономическое обоснование проекта	25.05.17 01.06.17	01.06.17	выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

В.А. Архипов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В настоящее время наблюдается интенсивный рост российской промышленности, в строй вводятся новые образцы военной техники, модернизируются уже существующие. Это требует повышения производительности и качества сварки, которая является одним из главных технологических процессов в машиностроении и автомобилестроении. Следует отметить, что по данным российских и зарубежных исследователей достигнут потолок производительности ручной дуговой сварки штучными электродами. Дальнейшее повышение производительности сварочных операций возможно только путём внедрения механизированных способов сварки и автоматизации сопутствующих процессов.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки узла крепления гидроцилиндра на опорной раме.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- 1) повысить эффективность механизированной сварки в углекислом газе применительно к сварке тавровых соединений деталей из низкоуглеродистой стали толщиной порядка 12 мм;
- 2) составить проектную технологию механизированной сварки в углекислом газе рассматриваемого изделия;
- 3) произвести анализ опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии в производство и предложить меры защиты от них;
- 4) произвести экономическое обоснование эффективности внедрения проектной технологии в производство.

Пояснительная записка состоит из 57 страниц, включает в себя 22 таблицы, 18 иллюстраций, библиографический список содержит 25 наименование источников. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделия и условий его работы	8
1.2 Сведения о материале изделия	9
1.3 Сведения о базовой технологии сварки	12
1.4 Анализ способов сварки	17
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	20
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ	
2.1 Новый способ сварки	22
2.2 Выбор параметров режима сварки и сварочных материалов	27
2.3 Описание операций технологического процесса	31
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	34
3.2 Персональные риски при осуществлении проектной технологии	36
3.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков	38
3.4 Пожарная безопасность	39
3.5 Экологическая безопасность технологического объекта	40
3.6 Заключение по экологическому разделу	42
4 РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	
4.1 Исходные данные для экономического расчёта	42
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	42
4.3 вычисление годовой программы и коэффициента загрузки оборудования	45
4.4 Вычисление заводской себестоимости сравниваемых вариантов сварки	46
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки	50
4.6 Вычисление капитальных затрат на сварку	50
4.7 Вычисление показателей экономической эффективности разрабатываемой технологии сварки	52
4.8 Выводы по экономическому разделу	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	56

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается интенсивный рост российской промышленности, в строй вводятся новые образцы военной техники, модернизируются уже существующие. Это требует повышения производительности и качества сварки, которая является одним из главных технологических процессов в машиностроении и автомобилестроении. Следует отметить, что по данным российских и зарубежных исследователей достигнут потолок производительности ручной дуговой сварки штучными электродами. Дальнейшее повышение производительности сварочных операций возможно только путём внедрения механизированных способов сварки и автоматизации сопутствующих процессов.

На данный момент сформулированы достаточно четкие критерии для оценки эффективности сварочных технологий: воспроизводимость качества сварных соединений; приемлемая стоимость оборудования и материалов; мобильность процессов сварки; высокая производительность; возможности подготовки и аттестации персонала. Важнейшим элементом надёжности и долговечности сварных деталей машин является качество сварных швов, т.е. отсутствие дефектов, достаточное сопротивление хрупкому разрушению, малое разупрочнение в зоне термического влияния сварного соединения.

Сделать вывод, об актуальности работ работы, направленных на предупреждение появления дефектов и повышение производительности сварки.

Одной из деталей, при сварке которой существует большой потенциал в повышении производительности и снижения производственных затрат, является узел крепления гидроцилиндра на опорной раме автомобиля КамАЗ.

Таким образом, актуальна цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки узла крепления гидроцилиндра на опорной раме.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Описание изделия и условий его работы

Мобильные комплексы связи являются техникой специального назначения, которая обеспечивает возможность работы в любых погодных условиях и позволяет быстро развернуть оборудование с налаживанием надежной связи. Для обеспечения связи используются цифровые радиорелейные системы и беспроводной широкополосный доступ. Серийное производство мобильных комплексов связи запущено в 2016 году.

Задачей специалистов-сварщиков является изготовление мачтового подъемника, который будет смонтирован на четырехосном автомобиле КамАЗ-6350 (колёсная формула «8×8»). В настоящий момент на предприятии проводятся работы по изготовлению первой партии подъёмников.

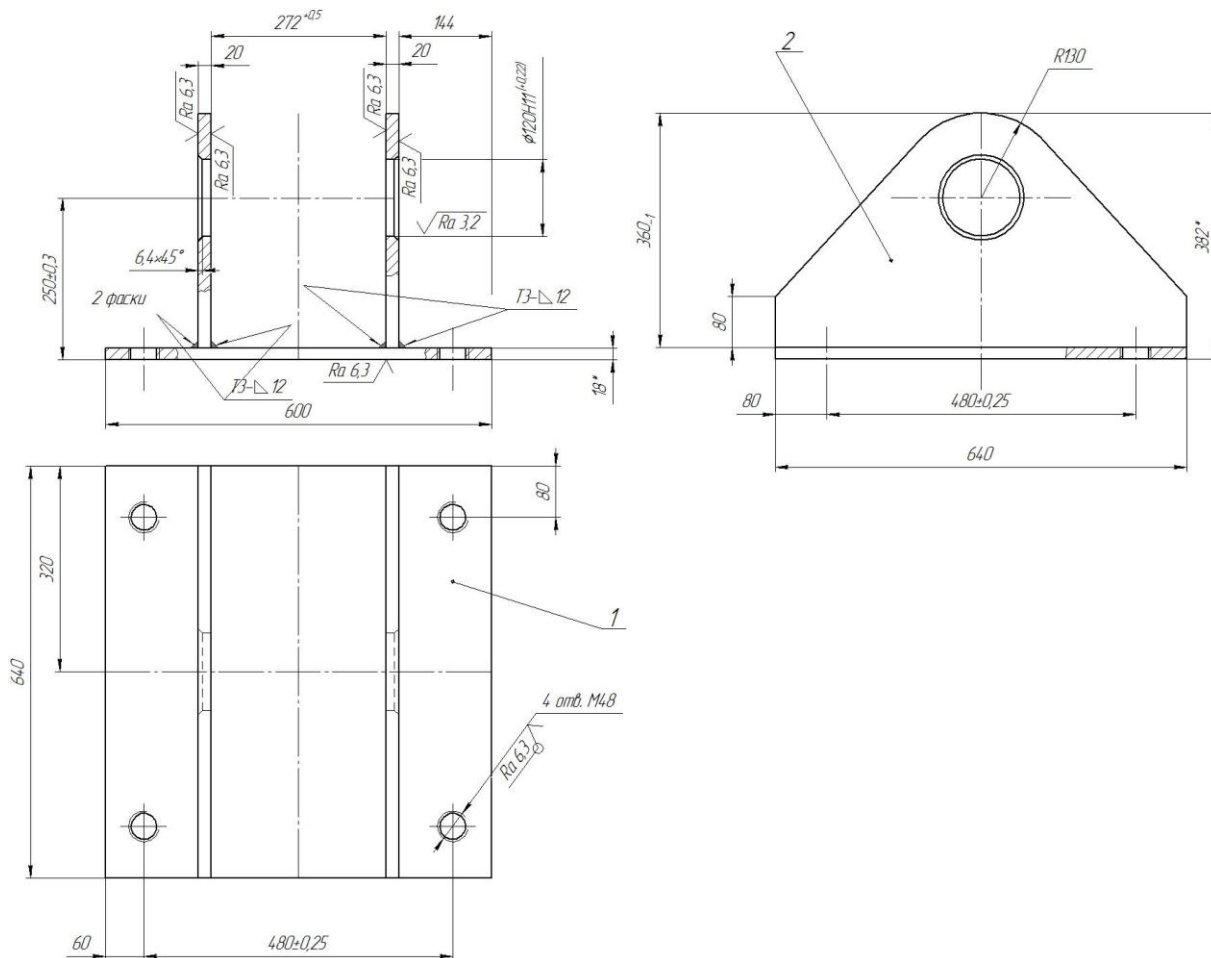


Рисунок 1.1 – Мачтовый подъёмник

Мачтовое устройство состоит из рамного каркаса с платформой и поворотными опорами, внутри рамного каркаса размещена связанная с платформой складная мачта из секционных пантографов. Соединительные кабели для подключения оборудования, закрепленного на мачте, к нижнему оборудованию аппаратной машины уложены внутри рамного каркаса вдоль секций мачты. Особенностью конструкции мачты является отсутствие анкерного крепления к грунту, что существенно сокращает время развертывания.

Допустимая полезная нагрузка мачты составляет 600/900 кг. Конструкция мачты, с учетом установленных антенных устройств, обеспечивает работоспособность при скорости ветра - до 30 м/сек, а прочность при скорости ветра - до 50 м/сек. Максимальная высота мачты в развернутом состоянии 32 м.

Одним их элементов такой конструкции является узел крепления гидроцилиндра к опорной раме (рис. 1.2).



1 – основание

2 – ухо

Рисунок 1.2 – Узел крепления гидроцилиндра к опорной раме

1.2 Сведения о материале изделия

Узел крепления гидроцилиндра изготавливают из стали 09Г2С (конструкционной низколегированной стали). Эта сталь сваривается без ограничений, не требует подогрева и последующей термообработки [1].

Ланная сталь обозначается как «09Г2С» что означает следующее. Цифры «09», идущие до букв – присутствие в стали 0,09% углерода, далее следует «Г2» означающее «марганец» в процентном содержании до 2%. Далее следует «С», означающее кремний, содержанием менее 1% (табл. 1.1)

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 09Г2С [2]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	0,5... 0,8	1,3... 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C стали 09Г2С [2]

Сортамент	Размер	Напр.	σ_b	σ_T	δ_5
-	мм	-	МПа	МПа	%
Лист	4		500	350	21

Сварка толстостенных конструкций из стали 09Г2С может сопровождаться следующими дефектами [1, 3, 4]:

- горячие трещины;
- непровары;
- поры.

Горячие трещины могут возникать вследствие повышенной скорости охлаждения; при близко расположенных концентраторах напряжений, при нарушении технологии.

Непровары могут возникать при недостаточной погонной энергии сварки, плохой подготовке поверхностей валиков и кромок, неправильной форме разделки, завышенной скоростью сварки.

Поры могут возникать по причине нарушения режима прокали электродов, некачественной подготовки кромок, увеличенного диаметра электрода, чрезмерной длины дуги, увеличенной скорости сварки, некачественной защиты.

Для борьбы с горячими трещинами сварку следует выполнять усиленными валиками с минимальной длиной дуги, не использовать поперечные колебания электрода. Кратеры швов необходимо тщательно заплавлять, получая выпуклый мениск или вышлифовать. Следует избегать выведения кратера на основной металл. В случае повторного возбуждения дуги необходимо убедиться, что отсутствует горячая кратерная трещина, если она присутствует, то кратер следует удалить механическим способом.

Для борьбы с непроварами необходимо обеспечить качественную подготовку стыка деталей к сварке, зачистку выпуклых валиков при многопроходной сварке. При сварке следует правильно выбирать и строго соблюдать заданные параметры режимы сварки. В случае, если несплавление доступно для проведения повторной заварки, следует зачистить корень шва в месте дефекта и заварить его повторно.

Для предупреждения появления пор при сварке запрещается применение электродов с осыпавшимся или вздувшимся покрытием, необходимо обеспечивать прокали электродов и соблюдение режимов сварки, сварку производить с использованием электродов малого диаметра. Дефектный участок с порами следует вырубить или вычищать и вновь заварить.

1.3 Сведения о базовой технологии сварки

Общие сведения

Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами (рис. 1.3)



Рисунок 1.3 – Схема сварки штучными электродами

Сварочный ток, подводимый к электроду от источника питания, служит для образования и поддержания электрической дуги.

Под действием сварочной дуги происходит расплавление металлического стержня электрода, его покрытия и металла изделия. Расплавленный стержень электрода (электродный металл) в виде отдельных капель, которые покрыты шлаком, поступает в сварочную ванну. В сварочной ванне происходит смешивание электродного металла с основным металлом, и всплытие расплавленного шлака на поверхность сварочной ванны.

Размеры сварочной ванны регулируются параметрами режима сварки и зависят также от следующих факторов:

- пространственное положение при сварке;
- скорость перемещения дуги по поверхности изделия;
- конструкция сварного соединения;
- форма и размеры разделки свариваемых кромок.

При плавлении покрытия электрода образуется газовая атмосфера, окружающая дугу и сварочную ванну, которая оттесняет воздух из зоны сварки и предотвращает взаимодействие с воздухом расплавленного металла.

Шлак, осуществляя покрытие каплей расплавленного электродного металла и поверхности сварочной ванны, препятствует воздуха с ними. Также шлак производит очистку от примесей расплавленного металла.

По мере перемещения дуги по поверхности изделия металл сварочной ванны кристаллизуется, образуя шов, который соединяет свариваемые детали. Поверхность шва покрыта слоем затвердевшего шлака.

Преимуществами дуговой сварки штучными электродами являются гарантия качественной шлаковой защиты сварного шва при равномерном плавлении металла электрода и обмазки, возможность легирования металла шва. В качестве недостатков следует отметить, что условия труда сварщика являются тяжёлыми, существует необходимость частой замены электродов и прерывания процесса сварки, отсутствие возможности автоматизации и механизации процесса сварки, возникновение большого числа дефектов.

Подготовка кромок

- кромки в местах сварных швов и на прилегающих к ним поверхностях шириной до 50 мм следует зачистить, удаляя ржавчину, жиры, краску, грязь, и т. п.
- обработку кромок элементов под сварку производят кислородной, резкой, после которой производят последующую механическую обработку поверхности реза и удаление слоя толщиной не менее 2 мм.
- поверхность кромок не должна иметь надрывов и трещин.
- следы от абразивного инструмента при зачистке кромок должны быть направлены вдоль этих кромок.

Сварка

В базовой технологии применяется в качестве источника питания применяется сварочный выпрямитель ВДУ-1201У3 (рис. 1.4). Этот универсальный выпрямитель может быть использован для ручной дуговой

сварки штучными электродами, автоматической и механизированной сварки в защитных газах и под флюсом. Выпрямитель позволяет добиться: стабильного горения дуги, малого разбрызгивания металла, высокого качества сварного шва. Также при комплектации балластными реостатами выпрямитель ВДУ-1201УЗ может быть применён в качестве многопостового источника сварки.



Рисунок 1.4 – Выпрямитель сварочный ВДУ-1201

Таблица 1.3 – Техническая характеристика выпрямителя ВДУ-1201

Наименование параметра	Значение	
Напряжение и частота питающей сети	380 В, 50 Гц	
Номинальный ток (при ПВ 100%)	1250 А	
Пределы сварочного тока сварки	Падающая ВАХ 200...1250 А	Жесткая ВАХ 250...1250 А
Пределы регулирования напряжения сварки	Падающая ВАХ 28...56 В	Жесткая ВАХ 20...56 В
Активная максимальная потребляемая мощность	84 кВт	
Напряжение холостого хода	85 В	
Диаметр сварочных электродов	4...10 мм	
Масса источника	550 кг	
Габариты источника	960×680×890 мм	

Для сварки используют электроды УОНИ-13/55 (табл. 1.4, 1.5 и 1.6), при сварке используют постоянный ток обратной полярности.

Таблица 1.4 – Рекомендуемые для электродов УОНИ-13/55 параметры режима сварки электродами

Диаметр, мм	Ток сварки
2,0	50...90
3,0	80...130
4,0	120...180
5,0	180...210

Таблица 1.5 – Типичный состав наплавленного металла при использовании электродов УОНИ-13/55

Марганец	Углерод	Кремний	Фосфор	Сера
0,83	0,09	0,42	до 0,024	до 0,022

Таблица 1.6 – Механические свойства наплавленного металла при использовании электродов УОНИ-13/55

Металла шва или наплавленного металла				
Температура испытания, °С	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см ²
20	540	410	29	260

Контроль качества

Перед сваркой контролируют размеры заготовок и чистоту их кромок.

В процессе контролируют температуру окружающего воздуха, порядок выполнения сварных швов, параметры процесса сварки, толщину и ширину валика сварного шва.

После сварки контролируют геометрические размеры сварных швов, смещение кромок, наличие и размеры дефектов в сварных швах.

Для визуального измерительного контроля применяют лупу с 4–х кратным увеличением, шаблон сварщика.

Для ультразвукового контроля применяют дефектоскоп УД2-12 (рис. 1.5), который позволяет выявлять дефекты типа нарушения сплошности

и неоднородность в сварных соединениях, измерять глубину залегания и определять координаты дефектов.



Рисунок 1.5 – Дефектоскоп УД2-12

Таблица 1.7 - Допустимые дефекты при сварке

Наименование дефекта	Расположение дефектов, их форма и размеры	Допустимый показатель дефектности
1. Трещины	Все виды трещин, любые размеры и ориентация	Недопустимы
2. Одиночная пора	Максимальный размер одиночной поры	До 1,4 мм
3. Скопление пор	Количество пор на участке пористости	До 5 на 1 кв. см
	Площадь пористого участка шва	До 5 кв. см
4. Шлаковые включения	Длинные дефекты	Недопустимы
	Короткие дефекты	До 1,6 мм
5. Непровары и несплавления	Все виды непроваров и несплавлений	Недопустимы
6. Подрезы	Необходимо обеспечить плавный переход от шва к основному металлу	Менее 0,5мм
7. Вогнутость шва	Неполное заполнение разделки кромок	Менее 0,4 мм
8. Наплывы	Наплывы на основной металла	Недопустимы
9. Кратеры на поверхности деталей	Местные неровности на поверхности шва в местах повторного зажигания дуги	Недопустимы
10. Брызги расплавленного металла	Необходима зачистка поверхности изделия	Без исправления не допускаются

1.4 Анализ способов сварки

В качестве преимуществ дуговой сварки штучными электродами следует гарантию качественной шлаковой защиты сварного шва при равномерном плавлении металла электрода и обмазки, возможность легирования металла шва [3, 5]. В качестве недостатков следует отметить, что условия труда сварщика являются тяжёлыми, существует необходимость частой замены электродов и прерывания процесса сварки, отсутствие возможности автоматизации и механизации процесса сварки, возникновение большого числа дефектов.

В качестве преимуществ механизированной сварки в активных газах (рис. 1.6) следует отметить хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла шва, относительную простоту и малую стоимость оборудования, высокую производительность [7, 8]. Недостатки сварки в среде защитного газа плавящимся электродом заключаются в необходимости приобретения механизма подачи присадочной проволоки, неравномерности подачи присадочного материала, необходимости использования газовых баллонов, разбрызгивании металла на форсированных режимах сварки.

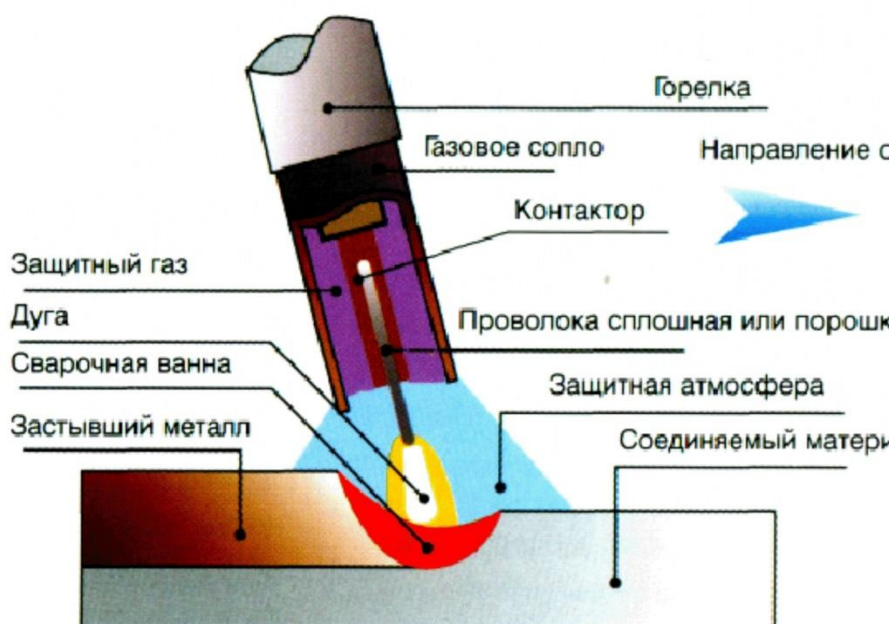


Рисунок 1.6 – Схема механизированной сварки в углекислом газе

Сварка под флюсом (рис. 1.7) получила широкое распространение при сварке в условиях массового производства [1, 5]. Преимуществами сварки под флюсом перед ручной дуговой сваркой является высокая стабильность свойств и состава металла шва по всей его длине. При сварке формируется поверхность шва с мелкой чешуйчатостью и плавными переходами к основному металлу. Отсутствуют брызги на поверхности изделия, сварные соединения обладают повышенными коррозионными свойствами. Следует также отметить значительное уменьшение трудоемкости подготовительных работ, возможность проведения сварки по повышенному зазору и без разделки кромок деталей толщиной до 30...40 мм. Сварка под флюсом обладает уменьшенными по сравнению с другими способами сварки потерями на угар и разбрызгивание, что приводит к 10...20% снижению расхода дорогостоящей сварочной проволоки.

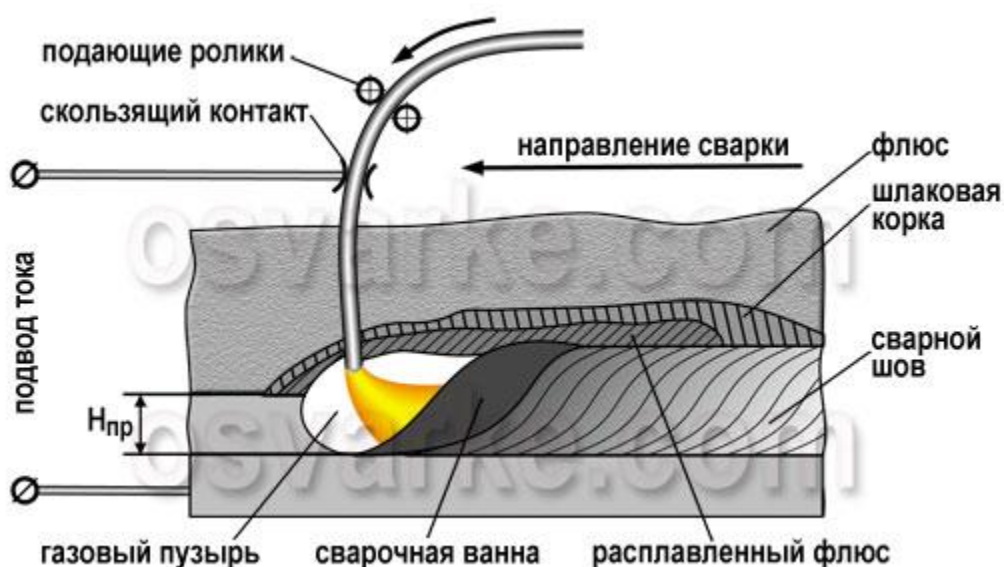


Рисунок 1.7 – Схема сварки под флюсом

Преимуществами сварки самозащитной проволокой (рис. 1.8) являются:

- Эффективно используется рабочее время, так как отсутствуют перерывы на замену электрода. При этом происходит заметное увеличение времени горения дуги и доли этого времени в общем времени выполнения работ

(существенно повышается производительность сварки). Также при этом следует ожидать значительного уменьшения числа дефектов, возникающих при возобновлении горения дуги. Сварщик выполняет один непрерывный шов вместо большого числа коротких швов, как при сварке покрытыми электродами. Затраты на исправление дефектов сварки практически сводятся к нулю.

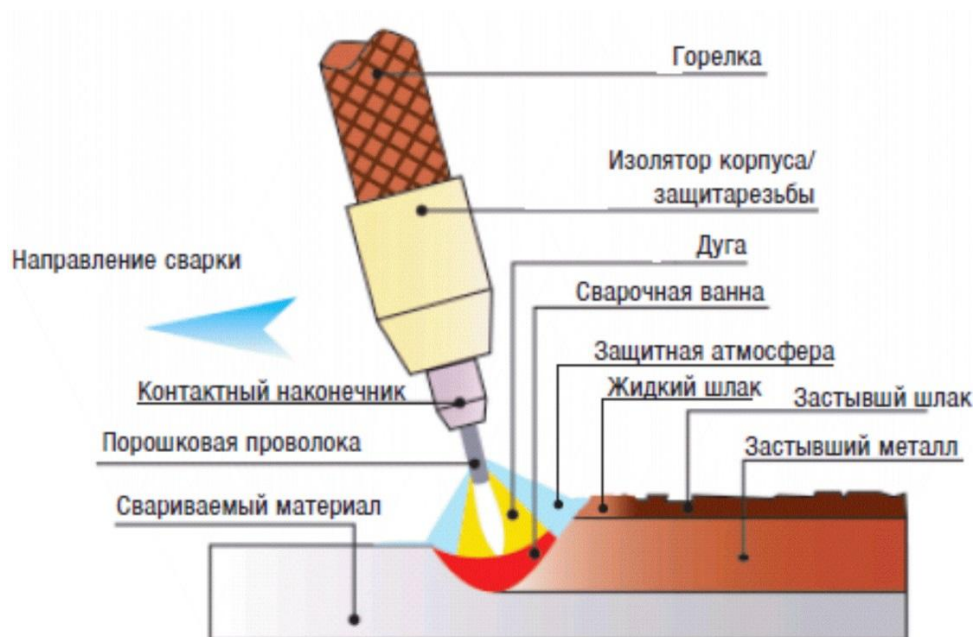


Рисунок 1.8 – Схема сварки порошковой самозащитной проволокой

- сварка порошковой самозащитной проволокой обладает низким уровнем разбрызгивания, что существенно (до 50 %) сокращает время зачистки по сравнению с о сваркой штучными электродами.
- при сварке порошковой самозащитной проволокой отсутствуют трещины в сварном шве. Шлак, который образуется при сварке порошковой проволокой, нейтрализует серу, что приводит к снижению содержания сульфата железа в сварочной ванне и сведению к минимуму связанных с этим дефектов.
- следует отметить, что при сварке порошковой самозащитной проволокой устраняются затраты на защитные газы и соответствующие аксессуары. При использовании самозащитной проволоки устраняется необходимость в первоначальных инвестициях и последующих затратах, которые связаны с

приобретением, установкой и эксплуатацией систем снабжения защитными газами.

Сварка порошковой самозащитной проволокой существенно выигрывает по производительности по сравнению со сваркой штучными электродами, позволяет решать задачи получения сварных соединений современного уровня качества [9, 10, 11].

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества сварки узла крепления гидроцилиндра на опорной раме.

Анализ базовой технологии с применением ручной дуговой сварки штучными электродами выявил следующие недостатки: тяжёлые условия труда сварщика, необходимость частой замены электродов и прерывания процесса сварки, отсутствие возможности механизации и автоматизации процесса, возникновение большого числа дефектов.

При анализе возможных способов сварки были рассмотрены: ручная дуговая сварка, сварка под слоем флюса, сварка самозащитной порошковой проволокой, механизированная сварка в углекислом газе. Было принято решение в проектном варианте использовать механизированную сварку в углекислом газе.

Недостатками механизированной сварки в углекислом газе являются: высокое разбрызгивание, ограничение производительности сварки, повышение количества дефектов при сварке на форсированных режимах. В проектном варианте технологии следует устранить эти дефекты.

Таким образом, на основании проведённого анализа можно сформулировать задачи работы:

1) повысить эффективность механизированной сварки в углекислом газе применительно к сварке тавровых соединений деталей из низкоуглеродистой стали толщиной порядка 12 мм;

- 2) составить проектную технологию механизированной сварки в углекислом газе рассматриваемого изделия;
- 3) произвести анализ опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии в производство и предложить меры защиты от них;
- 4) произвести экономическое обоснование эффективности внедрения проектной технологии в производство.

2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ

2.1 Новый способ сварки

Механизированная сварка плавящимся электродом занимает лидирующее положение среди дуговых процессов в промышленности Западной Европы, США, Японии [12, 13]. В настоящее время элементы силовой электроники в источниках питания для сварки получили существенное развитие, расширены функциональные возможности сварочного оборудования сварочного оборудования. Однако это не всегда сопровождается повышением качества сварки и появлением новых сварочных процессов и технологий. Производительность и качество механизированной сварки определяются типом переноса металла, оказывающим существенное влияние на технологические характеристики сварочной дуги. От характера горения дуги зависит ее пространственную устойчивость, тепловой баланс при сварке, скорость металлургических реакций в зоне сварки, угар и разбрызгивание электродного металла, а также глубина проплавления, параметры и форма сварных швов [5].

Каждый тип переноса электродного металла при сварке характеризуется своим диапазоном значений сварочного тока и напряжения на дуге (рис. 2.1). На размер капель металла и частоту их перехода в сварочную ванну влияют материал и диаметр электродной проволоки, тип защитного газа, полярность и величина сварочного тока, напряжение дуги, давление окружающей среды и другие факторы. Применительно к импульснодуговой сварке плавящимся электродом (ИДСПЭ) наиболее эффективным диапазоном токов сварки можно считать 60...300 А, напряжения на дуге – 16...32 В.

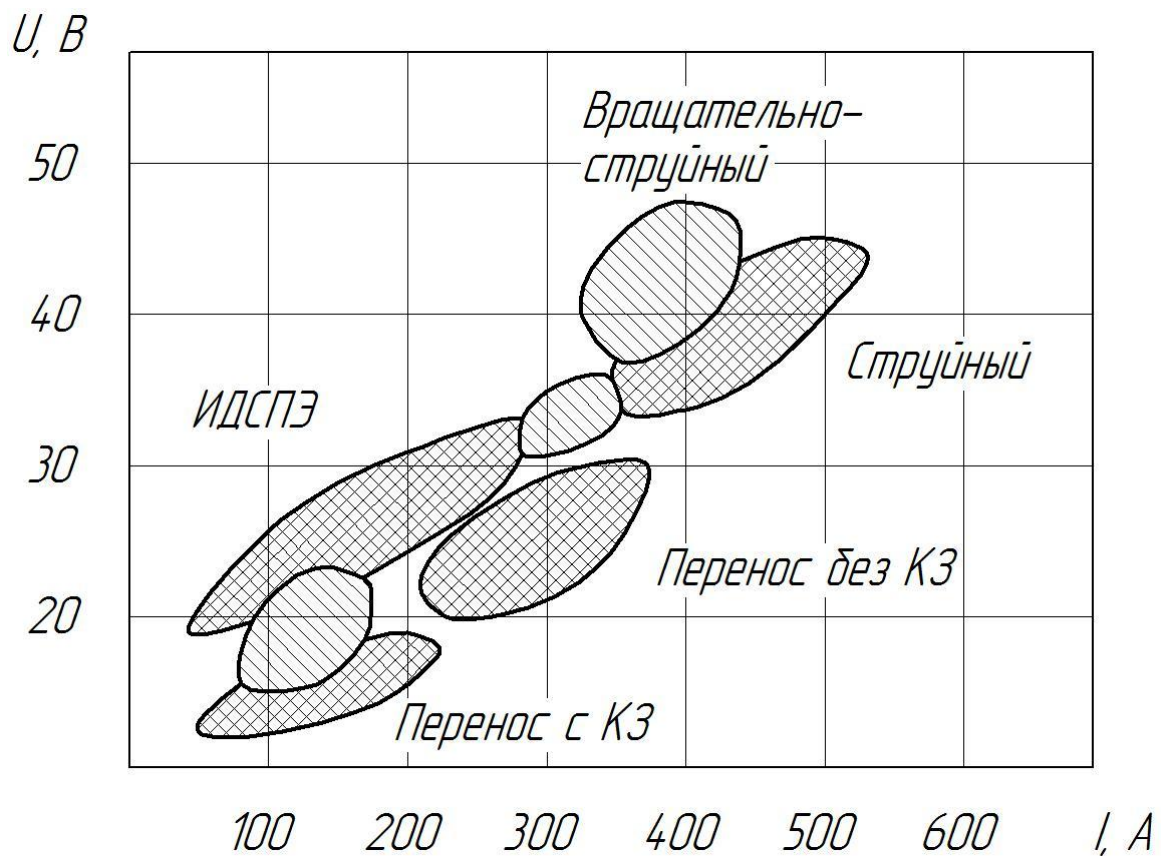


Рисунок 2.1 - Диапазоны сварочного тока и напряжения на дуге для различных типов переноса металла при сварке

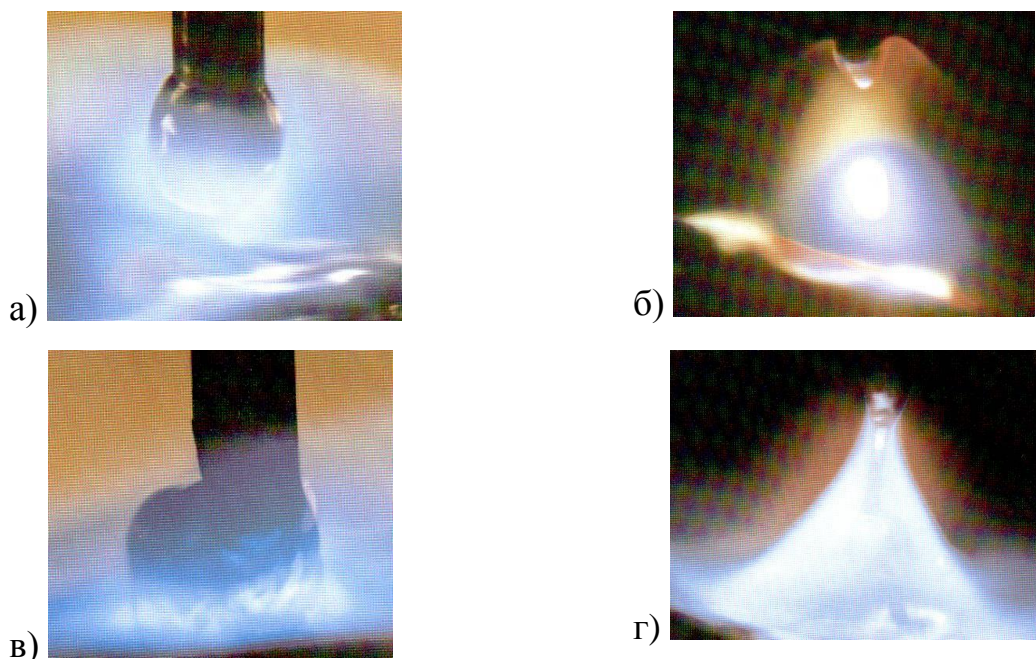


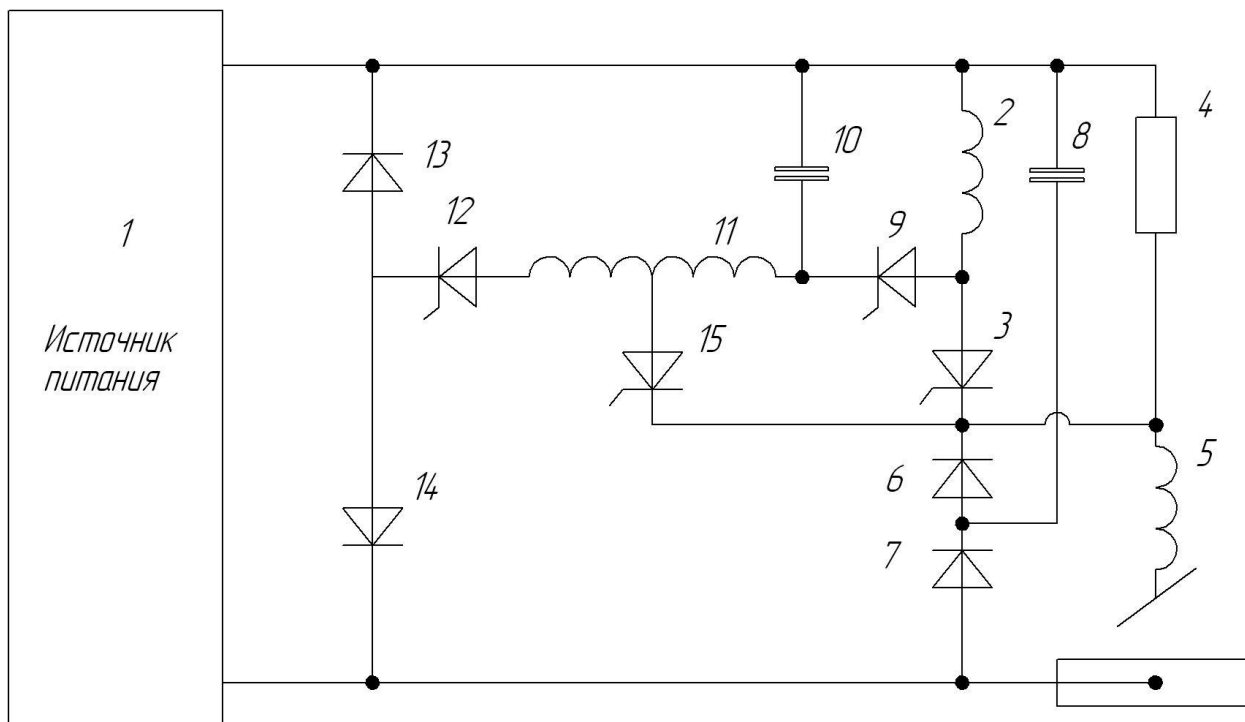
Рисунок 2.2 – Горение дуги при различных типах переноса металла: а) сварка короткой дугой; б) сварка импульсной дугой; в) крупнокапельный перенос; г) сварка длинной дугой

Устройство [14, 15, 16] (рис. 2.3) включает в себя: источник постоянного тока 1; коммутирующий дроссель 2; силовой тиристор 3; шунтирующий резистор 4; сварочный дроссель 5; цепочку диодов 6 и 7; фильтрующий конденсатор 8; вспомогательный тиристор 9; коммутирующий конденсатор 10; зарядный дроссель 11; зарядный тиристор 12; перезарядный диод 13; блокирующий диод 14; дополнительный зарядный тиристор 15.

К положительному выводу источника тока 1 произведено последовательное подключение коммутирующего дросселя 2, силового тиристора 3, которые зашунтированы резистором 4, и сварочного дросселя 5. Общую точку соединения силового тиристора 3 и сварочного дросселя 5 подключают к отрицательному выводу источника 1 через последовательно соединенные диоды 6, 7, которые включены в обратном направлении. Общую точку соединения диодов 6, 7 подключают к обкладке фильтрующего конденсатора 8, а другую обкладку конденсатора 8 подключена к положительному выводу источника 1. Параллельно коммутирующему дросселю 2 производят последовательное подключение вспомогательного тиристора 9 и коммутирующего конденсатора 10. Коммутирующий конденсатор 10 соединяют параллельно с цепью, включающей в себя зарядный дроссель 11, выполненный секционированным, зарядный тиристор 12 и перезарядный диод 13. Также коммутирующий конденсатор 10 соединяют последовательно с цепью, включающей зарядный дроссель 11, первый зарядный тиристор 12 и блокирующий диода 14, катод которого подключен к отрицательному выводу источника 1. К одному из выводов секционированного зарядного дросселя 11 подключают анод дополнительного зарядного тиристора 15, катод которого соединяют с катодом силового тиристора 3.

В режиме **холостого хода** происходит процесс предварительного заряда коммутирующего конденсатора 10 до напряжения, которое обеспечивает надежное отключение силового тиристора 3 при достижении максимума током дугового промежутка. Коммутирующий конденсатор 10

заряжается через зарядный тиристор 12, открытие которого вызывает протекание зарядного тока по цепи из плюса источник питания 1, коммутирующего конденсатора 10, зарядного дросселя 11, зарядного тиристора 12, диода 14, минуса источник питания 1. В конце зарядки конденсатор 10 имеет положительный потенциал на своей верхней обкладке.



1 - источник постоянного тока; 2 - коммутирующий дроссель; 3 - силовой тиристор; 4 - шунтирующий резистор; 5 - сварочный дроссель; 6,7 - цепочка диодов; 8 - фильтрующий конденсатор; 9 - вспомогательный тиристор; 10 - коммутирующий конденсатор; 11 - зарядный дроссель; 12 - зарядный тиристор; 13 - перезарядный диод; 14 - блокирующий диод; 15 - дополнительный зарядный тиристор

Рисунок 2.3 – Предлагаемое устройство для сварки

В режиме **горения дежурной дуги** тиристоры 3, 9 и 12 находятся в закрытом состоянии, а конденсатор 10 заряжен и имеет положительную полярность на верхней обкладке. Дежурный ток протекает по резистору 4, сварочному дросселю 5 и через дуговой промежуток. Включение силового тиристора 3 вызывает протекание тока импульса по цепи из плюса источник

питания 1, коммутирующего дросселя 2, силового тиристора 3, сварочного дросселя 5, дугового промежутка, минуса источника питания 1. При открытии силового тиристора 3 происходит разряд предварительно заряженного конденсатора фильтра 8 по цепи из коммутирующего дросселя 2, силового тиристора 3, сварочного дросселя 5, дугового промежутка, диода 7. При этом через дуговой промежуток проходит импульс тока малой продолжительности, который стабилизирует горение дежурной дуги.

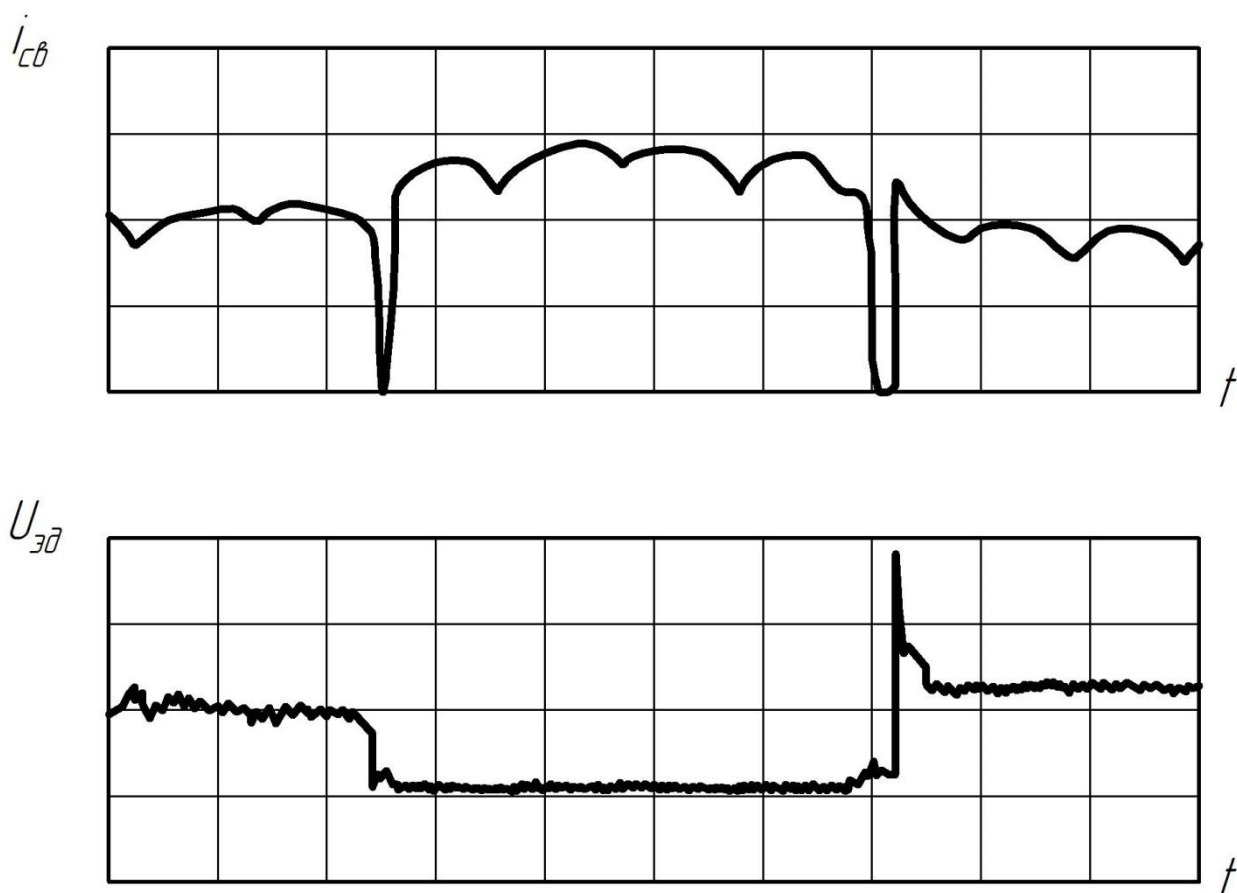


Рисунок 2.4 – Получаемые при работе источника питания импульсы тока и напряжения

В режиме **горения рабочей дуги** перезарядка коммутирующего конденсатора 10 от источника питания 1 задерживается по времени и совмещается с импульсом тока через дуговой промежуток. При этом перезаряд осуществляется через дополнительный зарядный тиристор 15.

Перезаряд осуществляется по цепи и плюса источника питания 1, коммутирующего конденсатора 10, секции зарядного дросселя 11, дополнительного зарядного тиристора 15, сварочного дросселя 5, дугового промежутка, минуса источника питания 1. Момент включения тиристора 15 определяется схемой управления из технологических условий.

2.2 Выбор параметров режима сварки и сварочных материалов

Основными параметрами режима механизированной сварки в защитном газе являются:

- род и полярность сварочного тока;
- диаметр электродной проволоки;
- напряжение на дуге;
- скорость подачи электродной проволоки;
- скорость сварки;
- состав и расход защитного газа.

Сварка в углекислом газе производят как постоянным током прямой полярности, так и постоянным током обратной полярности, также сварка может вестись на переменном токе с применением осциллятора.

Сварка постоянным током на прямой полярности невыгодно отличается меньшей устойчивостью дуги, повышенной склонностью к образованию пор в шве, сниженным проплавлением основного металла. Именно поэтому в большинстве случаев сварку рекомендуется производить на постоянном токе обратной полярности. Следовательно, в проектной технологии также следует применить сварку на постоянном токе обратной полярности.

При сварке в углекислом газе низкоуглеродистых сталей необходимо соблюдать соответствие химического состава сварочной проволоки и основного металла. С целью снижения порообразования в сварочную ванну через сварочную проволоку вводят элементы – раскислители. Для сварки

низкоуглеродистых сталей в углекислом газе следует применять кремнемарганцовую проволоку марки Св-08Г2С (табл. 2.1, 2.2). Это одна из проволок, которые обеспечивают меньшую склонностью сварных швов к образованию пор и трещин.

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки марки Св-08Г2С

Марка проволоки	Содержание элементов в %					
	С	Mg	Si	S	P	Cu
				Не более		
Св-08Г2С	0,05...0,11	1,8...2,1	0,9...0,95	0,026	0,030	0,025

Таблица 2.2 – Механические свойства металла шва, сваренного на низкоуглеродистой стали в углекислом газе

Материал электрод. проволоки	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	Ударная вязкость Дж/см ²	
					-29 °С	+20 °С
СВ-08Г2С	430	560	28	50	55	100

По таблице ориентировочных режимов производим выбор диаметра сварочной проволоки – 1,2 мм. В зависимости от принятого диаметра проволоки и толщины свариваемого металла производим выбор вылета электродной проволоки. Для выбранного диаметра проволоки 1,2 мм по таблице ориентировочных режимов выбираем вылет электрода 9...11 мм.

Выбор сварочного тока необходимо производить с выполнением условий:

- обеспечить получение качественного сварного шва, не имеющего сварных дефектов и по механическим свойствам отвечающего техническим требованиям;
- необходимо принимать во внимание величину критического значения тока, на котором происходит сварка электродом выбранного диаметра .

Для диаметра электродной проволоки d_{np} , принятом 1,2 мм, величину сварочного тока I_{cs} выбираем из диапазона 180...220 А.

Напряжение дуги U_{δ} - важнейший параметр режима сварки. Уменьшение диаметра электрода приводит к возрастающей роли напряжения дуги в формировании сварного соединения. Повышение напряжения дуги увеличивает общую длину дуги, а также ширину шва, уменьшает высоту усиления и улучшает форму шва. Однако следует учитывать, что одновременно с этим интенсифицируется процесс разбрызгивания, растут потери электродного металла на разбрызгивание, усиливается окисление металла. Для получения хорошего провара и внешнего вида шва и снижения потерь на разбрызгивание при сохранении высокой производительности сварку необходимо вести на оптимальном напряжении дуги (рис. 2.5, табл. 2.3).

Для сварки швов, находящихся в нижнем положении, задаём напряжение дуги $U_{\delta}=18\dots22$ В.

Скорость подачи электродной проволоки V_{np} выбираем в зависимости от принятого сварочного тока $I_{св}$ и диаметра сварочной проволоки d_{np} (рис. 2.12).

Таблица 2.3 – Параметры режима сварки

Параметр	Обозначение	Значение
Тип соединения	-	тавровое
Диаметр электродной проволоки	d_{np}	1,2 мм
Сила сварочного тока	$I_{св}$	180...220 А
Напряжение на дуге	U_{δ}	18...22 В
Вылет электрода	$l_{вэл}$,	9...11 мм
Расход газа	q	12...14 л/мин
Скорость сварки	$V_{св}$	140...180 м/ч
Скорость подачи электродной проволоки	V_{np}	350...450 м/ч

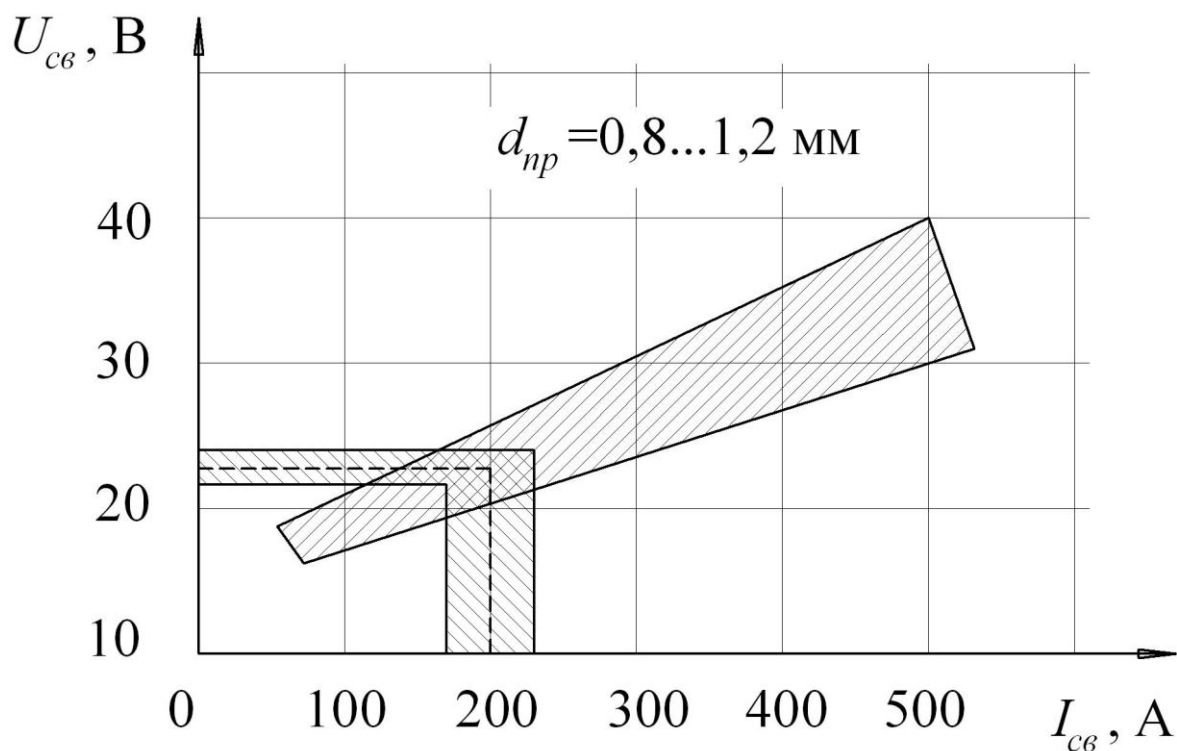


Рисунок 2.5 – Диапазон оптимальных напряжений U_{δ} при сварке в углекислом газе проволокой диаметром 0,8...1,2 мм (обратная полярность)

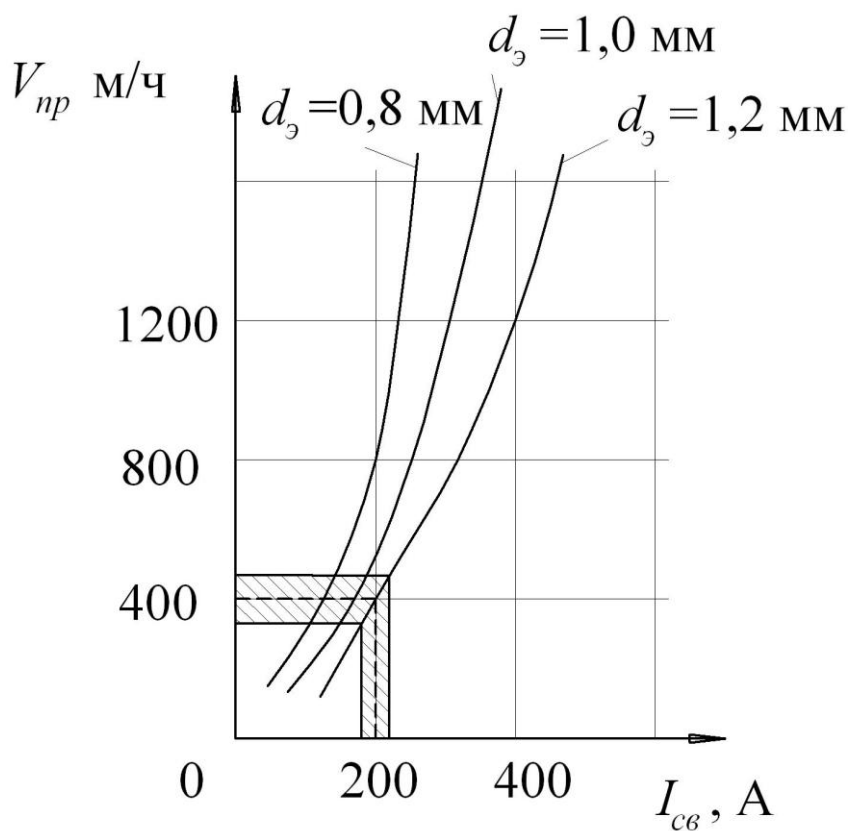


Рисунок 2.6 – Зависимость силы сварочного тока от скорости подачи электродной проволоки марки Св-08Г2С при сварке в углекислом газе

2.3 Описание операций технологического процесса

Подготовка кромок

- кромки в местах сварных швов и на прилегающих к ним поверхностях шириной до 50 мм следует зачистить, удаляя ржавчину, жиры, краску, грязь, и т. п.
- обработку кромок элементов под сварку производят кислородной, резкой, после которой производят последующую механическую обработку поверхности реза и удаление слоя толщиной не менее 2 мм.
- поверхность кромок не должна иметь надрывов и трещин.
- следы от абразивного инструмента при зачистке кромок должны быть направлены вдоль этих кромок.

Сварка

Для сварки применяется сварочный выпрямитель ВС-600 производства ЗАО «НПФ ИТС» (рис. 2.7).

Выпрямитель ВС-600 применяется при механизированной сварке на постоянном токе плавящимся электродом в среде защитных газов, может быть использован в качестве источника сварочного напряжения в составе сварочных автоматов и т.п.



Рисунок 2.7 – Выпрямитель сварочный ВС-600

Таблица 2.4 – Техническая характеристика выпрямителя ВС-600

Параметр технической характеристики	Единица измерения	Величина
Напряжение питающей сети	В	3×380
Частота питающей сети	Гц	50
Номинальное рабочее напряжение	В	45
Номинальный сварочный ток (при ПВ, %)	А	630 (100%)
Пределы регулирования рабочего напряжения	В	19...49
Пределы регулирования сварочного тока	А	100...700
Количество ступеней регулирования	шт.	28
Напряжение холостого хода, не более	В	60
Потребляемая мощность при номинальном токе, не более	кВА	37
Габариты, не более	мм	600×850×775
Масса, не более	кг	257

В качестве подающего устройства сварочной проволоки предлагаем применить подающий механизм ПДГ-312-5 (рис.2.8). Механизм подачи проволоки (сварочный полуавтомат) ПДГ-312-5 предназначен для полуавтоматической дуговой сварки металлоконструкций из низкоуглеродистых, легированных и коррозионно-стойких сталей с применением электродной проволоки углекислом газе, его смесях и в аргоне. Механизм подачи проволоки ПДГ-312-5 используется в сварочных полуавтоматах со сварочными источниками питания постоянного тока ВС-300Б, ВС-303 «Корунд», ВДГ-303, ВС-360 «Корунд» и аналогичными. Сварка производится на постоянном токе обратной полярности.

Таблица 2.5– Техническая характеристика полуавтомата ПДГ-312-5

Параметр	Единица измерения	Величина
Напряжение питания	В	27
Номинальный сварочный ток при ПВ=60%	А	315
Диапазон регулирования сварочного тока	А	40...315
Род сварочного тока		постоянный
Диаметр сплошной сварочной проволоки	мм	0,8...1,4
Скорость подачи проволоки	м/час	45...960
Масса проволоки на кассете, не более	кг	15
Количество роликов	шт.	4
Мощность двигателя подающего устройства	Вт	80
Диаметр кассеты для проволоки, не более	мм	300
Габаритные размеры, не более	мм	600×240×450
Масса механизма, не более	Кг	20



Рисунок 2.8 – Подающий механизм ПДГ-312-5

Контроль качества

Перед сваркой контролируют размеры заготовок и чистоту их кромок.

В процессе контролируют температуру окружающего воздуха, порядок выполнения сварных швов, параметры процесса сварки, толщину и ширину валика сварного шва.

После сварки контролируют геометрические размеры сварных швов, смещение кромок, наличие и размеры дефектов в сварных швах.

Для визуального измерительного контроля применяют лупу с 4-х кратным увеличением, шаблон сварщика.

Для ультразвукового контроля применяют дефектоскоп УД2-12, который позволяет выявлять дефекты типа нарушения сплошности и неоднородность в сварных соединениях, измерять глубину залегания и определять координаты дефектов.

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выполнение сварочных работ может сопровождаться несчастными случаями и возникновением у персонала профессиональных заболеваний.

За соблюдением правил техники безопасности на предприятиях следит инспекция Госгортехнадзора РФ, инспектор ЦК профсоюзов, Государственная санитарная инспекция и Государственная инспекция пожарной охраны.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, выполняемые работы	Должность работника, который выполняет операцию технологического процесса	Применяемые устройства, оборудование, приспособления	Применяемые вещества и материалы
1	2	3	4
1. Подготовка деталей к сварке	Газоэлектросварщик	1) Плазменный резак РПВ-101 2) Источник питания МПУ2-180 3) Компрессор СБ4/С-50.LB30	Круг абразивный, щётка металлическая, рукавицы
2. Сборка и прихватка заготовок	Газоэлектросварщик	1) Сварочный выпрямитель ВС-600 2) Сборочный стенд 3) Подающий механизм ПДГ-312-5 4) Машинка угловая шлифовальная	Сварочная проволока Св-08Г2С, лигосульфат, углекислый газ, рукавицы

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
3. Сварка детали	Газоэлектросварщик	1) Сварочный выпрямитель ВС-600 2) Сборочный стенд 3) Подающий механизм ПДГ-312-5 4) Машинка угловая шлифовальная	Сварочная проволока Св-08Г2С, лигосульфат, углекислый газ, рукавицы
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1) Лупа 4 крат 2) Машина угловая шлифовальная МШУ 3) дефектоскоп УД2-12 4) шаблон сварщика	рукавицы

3.2 Персональные риски при осуществлении проектной технологии

Таблица 3.2 – Профессиональные риски при осуществлении проектной технологии

Операция технологического процесса, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы	Источники получения опасных и вредных производственных факторов
1	2	3
1. Подготовка	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне	1) Плазменный резак РПВ-101 2) Источник питания МПУ2-180 3) Компрессор СБ4/С-50.LB30

1	2	3
2. Сборка и прихватка	<ul style="list-style-type: none"> - высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне - повышенный уровень ультрафиолетовой радиации - повышенный уровень инфракрасной радиации 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Сварочный выпрямитель ВС-600 2) Сборочный стенд 3) Подающий механизм ПДГ-312-5 4) Машинка угловая шлифовальная
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Сварочный выпрямитель ВС-600 2) Сборочный стенд 3) Подающий механизм ПДГ-312-5 4) Машинка угловая шлифовальная
4. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Лупа 2) Машина угловая шлифовальная МШУ-1-6-230 3) дефектоскоп УД2-12 4) шаблон сварщика

В целях защиты глаз сварщика осуществим применение шлема «Хамелеон NWT-2» (рис. 3.1), который оснащён переменным светофильтром.



Рисунок 3.1 – Шлем «Хамелеон NWT-2»

3.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные мероприятия и технические средства для защиты, снижения и устранения опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты работника
1. Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок,	Проведение периодического инструктажа по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Установка предупреждающих надписей, нанесение соответствующей окраски, установка ограждений	-
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Проведение периодического инструктажа по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Организация заземления электрических машин. Проведение периодического контроля изоляции.	-
5. Высокий уровень ультрафиолетовой радиации	Экранирование места сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Высокий уровень инфракрасной радиации	Экранирование места сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Экранирование места сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

3.4 Пожарная безопасность

Таблица 3.4 - Классы и опасные факторы пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок сварки	Выпрямитель сварочный, полуавтомат сварочный, машинка шлифовальная, сборочное приспособление	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Таблица 3.5 - Обеспечение пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Стационарные системы и установки для тушения	Пожарная автоматика	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Применение ящиков с песком, кошмы, размещение огнетушителей ОП-5	-	-	-	-	Наличие плана эвакуации	Наличие лопаты, багра, топора	Устройство тревожной кнопки извещения о пожаре

Таблица 3.6 – Организационные и технические мероприятия для обеспечения пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид реализуемого организационного или технического мероприятия	Требования для обеспечения пожарной безопасности, достигаемый эффект
Сборка, сварка, контроль	Ознакомление рабочего персонала и служащих с правилами пожарной безопасности, использование средств наглядной агитации по пожарной безопасности, проведение с производственным персоналом учений по обеспечению пожарной безопасности	Необходимо в достаточном количестве наличие на участке первичных средств пожаротушения, применять защитные экраны для ограничения разлёта искр.

В качестве первичного средства для тушения пожара предложено применить порошковый огнетушитель ОП-5 (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Порошковый тушитель углекислотный ОП-5

3.5 Экологическая безопасность технологического объекта

Таблица 3.7 – Экологические факторы технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Сборка, сварка, контроль	Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при сварке	Остатки масла	упаковка от проволоки и бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Необходимо произвести установку контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов. Предусмотреть отдельный контейнер для металлолома. Нанести на контейнеры соответствующие надписи. Проводить инструктаж среди производственного персонала по правильному складыванию в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по экологическому разделу

При выполнении данного раздела выявлены опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие проектную технологию. Произведён анализ возможности устранения и уменьшения этих факторов, показавший, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства можно добиться безопасности работников при промышленном внедрении результатов проекта. В разработке специальных и дополнительных средств защиты нет необходимости. Наблюдается угроза экологической безопасности. При осуществлении проектной технологии требуется соблюдать технологический регламент и производственную санитариию.

4 РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

4.1 Исходные данные для экономического расчёта

В выпускной работе предложена технология и технологическое оборудование для механизированной сварки в углекислом газе с использованием управления переноса электродного металла. По базовой технологии применяется ручная дуговая сварка покрытыми электродами. В проектном варианте предлагается использовать механизированную сварку плавящимся электродом в углекислом газе. Проектная технология позволяет снизить трудоемкость сварки и повысить качество сварки. Технологический процесс состоит из операций: подготовка деталей под сварку, сборка и сварка деталей, контроль качества сварки.

Таблица 4.1 - Исходные данные для экономического расчёта

Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Значение по вар.	
			Баз.	Пр.
1	2	3	4	5
Кол-во рабочих смен	Ксм	-	2	2
Разряд рабочего	Р.р.		IV	IV
Часовая тарифная ставка	Сч	рублей/ч	150	150
Коэф-т отчислений на доп. з. плату	Кдоп.	%	12	12
Коэф-т доплат к основной з. плате	Кд.		1.88	1.88
Норма амортизации оборудования	На	%	21.54	21.54
Норма амортизации произв. площадей	На.пл.	%	5	5
Коэф-т отчислений на социальные нужды	Ксс	%	26	26
Коэф -т. транспортно-заготов. расходов	Кт -з	%	5	5
Коэф-т затрат на монтаж и демонтаж оборудования	Кмонт. Кдем.	%	5	5

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5
Цена оборуд-я: -сварочный выпрямитель ВС-600 -сварочный полуавт-т ПДГ-312-5 -сварочный выпрямитель ВД-306	Цоб	Рублей	- - 40000 40000	97000 21000 - 118000
Коэф-т, учитывающий дополнительную произв. площадь	Кпл.	-	3	3
Потребляемая мощность оборудования	Муст	кВт	8	10
Стоимость электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1.750	1.750
Коэф-т выполнения нормы	Квн	-	1.100	1.100
Коэф-т полезного действия	КПД	-		
Нормативный коэф-т эффективности дополнительных капитальных вложений	Ен	-	0.330	0.330
Цеховые расходы	Кцех	-	1.540	1.540
Заводские расходы	Кзав	-	1.150	1.150
Коэф-т выполнения нормы	Кв		1.030	1.030
Штучное время	tшт	час	16	6
Стоимость электродов электродной проволоки	Цэл	рублей/кг	400 -	- 200
Стоимость углекислого газа	ЦСО2	рублей/л	-	7.540

4.2 Вычисление фонда времени работы технологического оборудования

Вычисление номинального годового фонда времени работы технологического оборудования:

$$F_{\text{ном}} = (D_p \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где D_p – кол-во в году рабочих дней;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены;

$T_{\text{п}}$ – кол-во часов, на которые происходит сокращение смены в предпраздничные дни;

$D_{\text{п}}$ – кол-во в году предпраздничных;

C – кол-во смен.

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2.00 = 4418 \text{ ч.}$$

Вычисление эффективного фонда времени работы технологического оборудования

$$F_9 = F_H \cdot (1.00 - B/100), \quad (4.2)$$

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

$$F_9 = 4418 \cdot (1.00 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Вычисление годовой программы и коэф-та загрузки технологического оборудования

Вычисление годовой программы объемов сварочных работ:

$$Пг = F_9 / t_{шт}, \quad (4.3)$$

где F_9 – эффективный фонд времени работы технологического оборудования;

$t_{шт}$ – штучное время сварки одного изделия

$$Пг.баз. = 4108 / 16 = 256 \text{ шт./год.}$$

$$Пг.пр. = 4108 / 6 = 668 \text{ шт./год.}$$

Принимаем для расчетов $Пг = 200$ шт./год.

Вычисление количества технологического оборудования

$$n_{Э\hat{A}\hat{N}\times} = \frac{t_{\phi} \cdot \hat{I} \hat{A}}{F_{\hat{Y}} \cdot \hat{E} \hat{A} \hat{I}}, \quad (4.4)$$

где $t_{шт}$ – штучное время (определяется из технологического процесса);

$Пг$ – программа выпуска изделий в год;

F_9 – принятый фонд времени работы технологического оборудования;

$K_{вн}$ – коэф-т выполнения нормы.

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{16 \cdot 200}{4108 \cdot 1,03} = 0,76$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{6 \cdot 200}{4108 \cdot 1,03} = 0,28$$

Принимаем по 1.0 единице технологического технологического оборудования по базовому и проектному варианту.

Вычисляем коэф-т загрузки технологического оборудования:

$$K_3 = n_{\text{расч}} / n_{\text{пр.}}, \quad (4.5)$$

где $n_{\text{расч}}$ – расчетное Кол-во технологического оборудования,

$n_{\text{пр.}}$ – принятое Кол-во технологического оборудования

$$K_{3б} = 0.76 / 1.0 = 0.750$$

$$K_{3п} = 0.28 / 1.0 = 0.280$$

4.4 Вычисление заводской себестоимости

сравниваемых вариантов сварки

Вычисление расходов на материалы в соответствии с базовым и проектным вариантам

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-З}, \quad (4.6)$$

где C_M – стоим. материала;

$K_{Т-З}$ – коэф-т транспортно-заготовительных расходов.

По базовой технологии сварку ведут ручную дуговую с применением покрытых электродов. Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в углекислом газе. На затрачиваемые сварочные материалы по базовой и проектной технологии производим расчёт затрат.

$$M_{\text{баз.}} = 400 \cdot 29 \cdot 1.050 = 12181.00 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{пр.}} = (200 \cdot 22.0 + 7.540 \cdot 1400) \cdot 1.050 = 14901.00 \text{ рублей}$$

Вычисление фонда заработной платы основных производственных рабочих

Фонд заработной платы (ФЗП) включает в себя основную и дополнительную заработную плату:

Вычисление основной заработной платы:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.7)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятая часовая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$ – коэф-т доплат к основной заработной плате

$$Z_{\text{оснбаз.}} = 16 \cdot 150 \cdot 1.880 = 4512.000 \text{ рублей}$$

$$Z_{осн}=6 \cdot 150 \cdot 1.880=1692.000 \text{ рублей}$$

Производим вычисление дополнительной заработной платы:

$$Z_{доп}=Z_{осн} \cdot K_{доп}/100 \quad (4.8)$$

где $K_{доп}$ – коэф-т, который учитывает наличие отчислений на дополнительную заработную плату

$$Z_{допбаз.}=4512 \cdot 12/100=541.000 \text{ рублей;}$$

$$Z_{доп}=1692.0 \cdot 12/100=202.000 \text{ рублей}$$

$$ФЗП_{баз.}=4512+541.00=5052.000 \text{ рублей;}$$

$$ФЗП_{пр.}=1692+202.00=1894.000 \text{ рублей}$$

Вычисление отчислений на социальные нужды

$$O_{сн}=ФЗП \cdot K_{сс}/100. \quad (4.9)$$

где $K_{сс}$ – коэф-т, учитывающий наличие отчислений на соц. нужды.

$$O_{снбаз.}=5052 \cdot 26/100=1314.00 \text{ рублей}$$

$$O_{снпр.}=1894 \cdot 26/100=492.00 \text{ рублей}$$

Вычисление затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

$$Z_{об}=A_{об}+P_{э-э}, \quad (4.10)$$

где $A_{об}$ – амортизация технологического оборудования;

$P_{э-э}$ – расходы на электроэнергию;

Вычисление амортизации технологического оборудования

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_{э} \cdot 100}, \quad (4.11)$$

где $Ц_{об}$ – стоим. технологического оборудования;

N_a – принятая норма амортизации технологического оборудования.

$$A_{об.б} = \frac{40000 \cdot 21,5 \cdot 8,9}{4108 \cdot 100} = 19 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{118000 \cdot 21,5 \cdot 3,3}{4108 \cdot 100} = 20 \text{ рублей}$$

Вычисление расхода на электроэнергию

$$D_{Y-Y} = \frac{I_{ON\dot{\Delta}} \cdot t_{i\dot{\Delta}\phi} \cdot \ddot{O}_{Y-Y}}{\hat{E}\ddot{I}\ddot{A}}, \quad (4.12)$$

где $M_{уст}$ – суммарная потребляемая мощность потребляющих электрическую энергию установок;

$\text{Ц}_{э-э}$ – стоим. электроэнергии;

КПД – коэф-т полезного действия

$$P_{э-э\delta} = \frac{8 \cdot 8,9 \cdot 1,75}{0,7} = 178 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{10 \cdot 3,3 \cdot 1,75}{0,7} = 83 \text{ рублей}$$

Зоббаз.=19+178=196.00 рублей

Зобпр.=20+82.0=102.00 рублей

Вычисление затрат на содержание и эксплуатацию произв. площадей

$$Z_{\text{ПЛОЦ}} = P_{\text{ПЛ}} + A_{\text{ПЛ}}, \quad (4.13)$$

где $P_{\text{ПЛОЦ}}$ – расход на эксплуатацию и содержание произв. площадей;

$A_{\text{ПЛОЦ}}$ – амортизация произв. площадей.

Вычисление расхода на содержание произв. площадей

$$D_{I\ddot{E}} = \frac{\tilde{N}_{Y\hat{E}\tilde{N}I\ddot{E}} \cdot S \cdot t_{\phi\dot{\Delta}}}{F_{Y\dot{\Delta}}}, \quad (4.14)$$

где $C_{\text{ЭКСПЛОЦ}}$ – затраты на содержание произв. площадей

S – произв. площадь, занимаемая техн. оборудованием.

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 16}{4108} = 156 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 6}{4108} = 58 \text{ рублей}$$

Вычисление амортизации произв. площади

$$\hat{A}_{I\ddot{E}} = \frac{\ddot{O}_{I\ddot{E}} \cdot \dot{I} \dot{a}_{I\ddot{E}} \cdot S \cdot t_{\phi\dot{\Delta}}}{F_{Y\dot{\Delta}} \cdot 100}, \quad (4.15)$$

где $N_{\text{ПЛОЦ}}$ – норма амортизации произв. площади;

Ц_{ПЛОЩ.} – стоим. приобретения произв. площадей

$$A_{ПЛБ} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 16}{4108 \cdot 100} = 12$$

$$A_{ПЛПР} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 6}{4108 \cdot 100} = 4$$

$$З_{ПЛБАЗ.} = 156 + 12 \cdot 0 = 168.00 \text{ рублей}$$

$$З_{ПЛПР.} = 58 + 4 = 62.00 \text{ рублей}$$

Вычисление технологической себестоимости

$$C_{ТЕХ} = М + ФЗП + ОСН + З_{ОБ} + З_{ПЛ} \quad (4.16)$$

$$C_{ТЕХБАЗ.} = 12180 + 5052.0 + 1314 + 197 + 168 = 18912.00 \text{ рублей}$$

$$C_{ТЕХПР.} = 14900 + 1895 + 492.0 + 103 + 62 = 17452.00 \text{ рублей}$$

Вычисление цеховой себестоимости

$$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЦЕХ} \quad (4.17)$$

где $K_{ЦЕХ}$ – коэф-т цеховых расходов

$$C_{ЦЕХБАЗ.} = 18912.00 + 1.540 \cdot 4512.00 = 18912.00 + 6768 = 25681.00 \text{ рублей,}$$

$$C_{ЦЕХПР.} = 17452.00 + 1.540 \cdot 1692.00 = 17452.00 + 2538 = 19991.00 \text{ рублей}$$

Вычисление заводской себестоимости

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЗАВ} \quad (4.18)$$

где $K_{ЗАВ}$ – коэф-т заводских расходов

$$C_{ЗАВБАЗ.} = 25681.00 + 1.150 \cdot 4512.00 = 25681.00 + 5189.00 = 30869.00 \text{ рублей,}$$

$$C_{ЗАВПР.} = 19991.00 + 1.150 \cdot 1692.00 = 19991.00 + 1946.00 = 21936.00 \text{ рублей}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки

Таблица 4.2 – Калькуляция заводской себестоимости

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., рублей	
			Базов.	Проект.
1	Материалы	М	12181.00	14901.00
2	Фонд заработной платы	ФЗП	5052.00	1894.00
3	Отчисления на соц. нужды	Осн	1314.00	492.00
4	Расходы на технологическое оборудование	Зоб	196.00	102.00
5	Затраты на произв. площади	Зпл	168.00	62.00
	Себестоим. технологич.	Стех	18912.00	17452.00
6	Расходы цеховые	Рцех	6768.00	2538.00
	Себестоим. цеховая	Сцех	25681.00	19991.00
7	Расходы заводские	Рзав	5189.00	1946,00
	Себестоим. заводская	Сзав	30869.00	21936.00

4.6. Вычисление капитальных затрат на сварку

Расчет общих капитальных затрат

Вычисляем капитальные затраты по базовому варианту:

$$K_{\text{ОБЩБАЗ.}} = K_{\text{ОББАЗ.}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.БАЗ.}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.19)$$

где $K_{\text{З}}$ – коэф-т загрузки технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.БАЗ.}}$ – остаточная стоим. технологического оборудования с учетом срока службы (рублей);

n – кол-во технологического оборудования, которое необходимо при выполнении производственной программы.

$$Ц_{\text{ОБ.БАЗ.}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.20)$$

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

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы технологического оборудования на момент выполнения дипломного проекта (лет);

$N_{\text{А}}$ – норма амортизации технологического оборудования(%).

$$Ц_{\text{ОБ.БАЗ.}} = 40001.00 - (40001.00 \cdot 3 \cdot 21.54 / 100) = 14201.00 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБ}} = 14201.00 \cdot 0.75 = 10651.00 \text{ рублей}$$

Вычисление общих капитальных затрат по проектному варианту:

$$K_{\text{ОБЩПР.}}=K_{\text{ОБПР.}}+K_{\text{ПЛОЩ.}}+K_{\text{СОПР.}}, \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – капитальные вложения в техн. оборудование;

$K_{\text{ПЛОЩ.}}$ – капитальные вложения в произв. площади (поскольку при сварке по проектной технологии и при сварке по базовой технологии применяется одна и та же произв. площадь, размеры этой площади не менялись, то расчёта капитальных вложений в произв. площади производить не будем);

$K_{\text{СОП}}$ – сопутствующие кап. вложения.

$$K_{\text{ОБПР.}}=\Pi_{\text{ОБПР.}}\cdot K_{\text{Т-З}}\cdot K_{\text{ЗПР}} \quad (4.22)$$

$$K_{\text{ОБПР.}}=118001.00\cdot 1.05\cdot 0.28=34692.00 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{СОП}}=K_{\text{ДЕМ}}+K_{\text{МОНТ}} \quad (4.23)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – затраты на демонтаж базового технологического оборудования;

$K_{\text{МОНТ}}$ – затраты на монтаж технологического оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}}=\Pi_{\text{Б}}\cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэф-т, учитывающий затраты на демонтаж.

$$K_{\text{ДЕМ}}=40001.00\cdot 1.05 =2001.00 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{МОНТ}}=\Pi_{\text{ПР}}\cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.25)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – коэф-т, учитывающий затраты на монтаж проектного технологического оборудования.

$$K_{\text{МОНТ}}=118001.00\cdot 1.05 =5901.00 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{СОП}}=2001.00+5901.00 =7901.00 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩПР.}}=34692.00+7901.00=42592.00 \text{ рублей}$$

Вычисление дополнительных капитальных вложений

$$K_{\text{ДОП}}=K_{\text{ОБЩПР.}} - K_{\text{ОБЩБ.}} \quad (4.26)$$

$$K_{\text{ДОП}}=42592.00 - 10651.00=31942.00 \text{ рублей}$$

Вычисление удельных капитальных вложений

$$K_{\text{УД}}=K_{\text{ОБЩ}}/\Pi_{\text{Г}}, \quad (4.27)$$

где $\Pi_{\text{Г}}$ – годовая программа выпуска.

$K_{удБАЗ.} = 10651.00/200 = 52.00$ рублей/ед.

$K_{удПР.} = 42592.00/200 = 212.00$ рублей/ед.

4.7 Вычисление показателей экономической эффективности разрабатываемой технологии сварки

Вычисление показателя снижения трудоемкости

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{16 - 6}{16} \cdot 100\% = 63\%$$

Вычисление показателя повышения производительности труда

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.29)$$

$$П_T = \frac{100 \cdot 63}{100 - 63} = 170\%$$

Вычисление показателя снижения технологической себестоимости

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техБ} - C_{техПР}}{C_{техБ}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

$$\Delta C_{тех} = \frac{18912 - 17453}{18912} \cdot 100\% = 8\%$$

Вычисление условно-годовой экономии

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (C_{завБАЗ.} - C_{завПР.}) \cdot П_T \quad (4.31)$$

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (30869.00 - 21936.00) \cdot 200 = 1786401.00 \text{ рублей}$$

Вычисление срока окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{у.г.}} \quad (4.32)$$

$$T_{ок} = \frac{31942}{1786400} = 0,02$$

Вычисление годового экономического эффекта в сфере производства

$$\text{Эг} = \text{Эуг} - \text{Ен} \cdot \text{Кдоп} \quad (4.33)$$

$$\text{Эг} = 1786400 - 0.33 \cdot 31942 = 1775859.00 \text{ рублей}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе произведён расчет по определению технологической и заводской себестоимости сварки изделия.

Внедрение проектной технологии сварки приводит к снижению трудоемкости на 63%, повышению производительности труда на 170%, снижению технологической себестоимости на 8%. Условно-годовая экономия при проведении сварки по проектной технологии составит 1786400 рублей.

С учетом дополнительных капитальных вложений ожидается получение годового экономического эффекта в размере 1775859.00 рублей. Дополнительные капитальные вложения в размере 31942.00 рублей окупятся за 1.02 года.

Следовательно, можно сделать вывод, что предлагаемая технология сварки экономически эффективна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена цель – повышение производительности и качества сварки узла крепления гидроцилиндра на опорной раме.

В ходе анализа состояния вопроса были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы:

- 1) повысить эффективность механизированной сварки в углекислом газе;
- 2) составить проектную технологию механизированной сварки в углекислом газе рассматриваемого изделия;
- 3) произвести анализ опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии в производство и предложить меры защиты от них;
- 4) произвести экономическое обоснование эффективности внедрения проектной технологии в производство.

В ходе решения первой задачи были предложены способ и технологическое техн. оборудование для управляемого переноса электродного металла при механизированной сварке в углекислом газе.

В ходе решения второй задачи произведён выбор оптимальных параметров режима сварки и технологического оборудования.

В ходе решения третьей задачи были выявлены опасные и вредные производственные факторы при сварке. Произведён анализ возможности их устранения и уменьшения.

В ходе решения четвертой задачи установлено, что годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 1775859 руб

На основании вышеизложенного цель выпускной квалификационной работы можно считать достигнутой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н. П. Алёшина, Г. Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.
2. Сорокин, В. Г. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волостникова, С. А. Вяткин. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
3. Банов, М. Д. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин [и др.]; под ред. Ю. В. Казакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 400 с.
4. Акулов, А. И. Технология и технологическое техн. оборудованиесварки плавлением и термической резки: учебник для вузов / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
5. Сварка в машиностроении: Справ, в 4 т. / Под ред. Н. А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1.0 – 504 с.
7. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
8. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
9. Походня, И. К. Влияние легирования на механические свойства сварных швов, выполненных порошковыми проволоками / И. К. Походня, Л. Н. Орлов, Г. А. Шевченко, В. Н. Шлепаков // Автоматическая сварка. – 1985. – № 7. – С. 8–11.
10. Походня, И. К. Сварка порошковой проволокой и перспективы ее развития / И. К. Походня // Сварочное производство. – 1967. – № 11. – С. 43–45.

11. Шлепаков, В. Н. Физико-металлургические и сварочно-технологические свойства газозащитных порошковых проволок для сварки конструкционных сталей / В. Н. Шлепаков // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 56–59.

12. Миддельдорф К. Тенденции развития технологий соединения материалов / К. Миддельдорф, Д. фон Хофе // Автоматическая сварка. – 2008. – № 11. – С. 39–47.

13. Сато, К. Современные источники питания для дуговой сварки с низким разбрызгиванием / К. Сато // Технология сварки. – 2008. – № 2. – С. 60–65.

14. Крампит, А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO_2 в щелевую разделку при импульсном питании : дис. ... канд. техн. наук : 04.02.06 / Андрей Гарольдович Крампит , Томский политехнический университет: Югра, 2003. – 172 с.

15. Крампит, Н. Ю. Разработка и исследование процесса импульсного питания при сварке в CO_2 длинной дугой плавящимся электродом : дис. ... канд. техн. наук : 04.02.06 / Наталья Юрьевна Крампит ; Томский политехнический университет: Югра, 2000. – 177 с.

16. Крампит, А. Г. Формирование шва в щелевой разделке при импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом в защитных газах : Дис. ... докт. техн. наук : 04.02.06 / Андрей Гарольдович Крампит , Томский политехнический университет: Югра, 2003. – 308 с.

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

18. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.

19. 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.

20. Духанин, Ю. А. Техника безопасности и противопожарная техника / Ю. А. Духанин. – М.: Машиностроение, 1972.0 – 320 с.

21. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

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

23. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

24. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.

25. Гитлевич, А.Д. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах / А.Д. Гитлевич, Л.А. Животинский, Д.Ф. Жмакин. – М.: Государственное научно – техническое издательство машиностроительной литературы, 1962