

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ СВАРКИ КОРПУСА
СТРЕЛЫ ПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА**

Выпускная квалификационная работа

направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль Машиностроение и материалобработка
профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном
производстве

Идентификационный код ВКР: 612

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального образования
в машиностроении и металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой СП

_____ Б.Н. Гузанов

«_____» _____ 2018г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки корпуса
стрелы подъемного устройства

Идентификационный код ВКР: 612

Разработал
студент группы ЗСМ-503

М.Р. Шайхулин

Руководитель
доц., канд. техн. наук

Д.Х. Билалов

Нормоконтролер
доц., канд. техн. наук

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального образования
в машиностроении и металлургии

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 96 листов печатного текста, 12 иллюстраций, 16 таблиц, 35 использованных источников, 1 приложение.

Ключевые слова: СТРЕЛА, ПОДЪЕМНОЕ УСТРОЙСТВО, 09Г2С, СВ-08Г2С, ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ, А-501, УСТАНОВКА ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ, РАСЧЕТ РЕЖИМОВ СВАРКИ, УЧЕБНЫЙ ПЛАН, ПЛАН-КОНСПЕКТ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

В проекте разработан технологический процесс для сборки и сварки стрелы подъемного устройства. Предложена конструкция установки для сборки и механизированной и автоматизированной сварки изделия. Технология сварки представлена с учетом предложенного оборудования.

Рассчитаны режимы сварки для проектного варианта – двух проходной автоматическая сварка в среде смеси CORGON 18.

В методической части проекта разработана документация, включающая учебный план, учебную программу и план-конспект урока теоретического обучения.

Приведено экономическое обоснование эффективности замены ручной дуговой сварки на автоматическую среде защитных газов.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки корпуса стрелы подъемного устройства	Лит.	Лист	Листов
<i>Разраб.</i>		<i>Шайхулин М.</i>					4	95
<i>Пров.</i>		<i>Билалов Д.Х.</i>				Каф. ИММ, гр. ЗСМ-503		
<i>Н.контр.</i>		<i>Плаксина Л.Т.</i>						
<i>Учтв</i>		<i>Бураков Б.Н.</i>						

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Инженерный раздел.....	7
1.1 Состояние вопроса.....	7
1.1.1 Описание конструкции изделия.....	7
1.1.2 Материал изделия и его свариваемость	8
1.1.3 Выбор способа сварки.....	13
1.2 Разработка технологии сборки и сварки балки	27
1.2.1 Сущность сварки в среде углекислого газа плавящимся электро- дом.....	27
1.2.2 Выбор сварочных материалов.....	35
1.2.3 Расчет режимов сварки.....	36
1.2.4 Технологический процесс изготовления стрелы инженерной маши- ны.....	43
1.2.5 Контроль качества	53
1.3 Выбор оборудования и оснастки	55
1.3.1 Выбор сварочного оборудования.....	55
1.3.2 Описание конструкции приспособления для сборки корпуса под прихватку	61
1.3.3 Описание конструкции станда для сварки корпуса.....	63
1.3.4 Описание общей конструкции станда-кантователя для сборки стрелы под прихватку.....	64
2 Экономический раздел	66
2.1 Определение технических норм времени на сборку и сварку	67
2.2 Расчёт количества оборудования и его загрузки.....	72
2.3 Расчет количества работающих.....	75
2.4 Расчёт капитальных вложений в оборудование для выполнения годо- вого объёма работ.....	76

2.5 Расчет материальных затрат.....	81
2.6 Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений и налога от нее.....	84
2.7 Расчет полной себестоимости изделия.....	91
3 Методический раздел.....	99
3.1 Учебный план переподготовки рабочих по специальности «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических маши- нах».....	102
3.2 Тематический план подготовки рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических маши- нах».....	103
3.3 Разработка плана - конспекта по предмету «Спецтехнология».....	104
Заключение	133
Список использованных источников.....	134
Приложение А. – Спецификация.....	137

ВВЕДЕНИЕ

Сварка - один из наиболее широко распространенных технологических процессов. В условиях непрерывного усложнения конструкций, неуклонного роста объема сварочных работ большую роль играет правильное проведение технологической подготовки производства, в значительной степени, определяющей его трудоемкость и сроки освоения, экономические показатели, использование средств механизации и автоматизации. Наибольший эффект технологической подготовки достигается при комплексном решении вопросов технологической отработки самих конструкций, разработки технологических процессов и их оснащения на всех этапах производства.

При внедрении его на сварочном участке автоматического и механизированного оборудования, удобных для рабочих приспособлений, увеличивается производительность труда, качество продукции, произойдет сокращение обслуживающего персонала. Труд рабочего в условиях механизированного и автоматизированного производства, станет более содержательным и творческим.

Рост технического уровня производства, введение в эксплуатацию сложного сварочного оборудования неразрывно связаны с повышением требований к уровню общеобразовательной и технической подготовки кадров, работающих в области сварочного производства, в первую очередь рабочих-сварщиков.

В результате рассмотренной базовой технологии были выявлены некоторые недостатки, поэтому в соответствии с этим разработан новый вариант технологии изготовления стрелы подъемного устройства инженерной машины.

Объектом разработки является технология изготовления металлоконструкции.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Предметом разработки является процесс сборки и сварки стрелы подъемного механизма.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления стрелы подъемного механизма с использованием автоматической сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

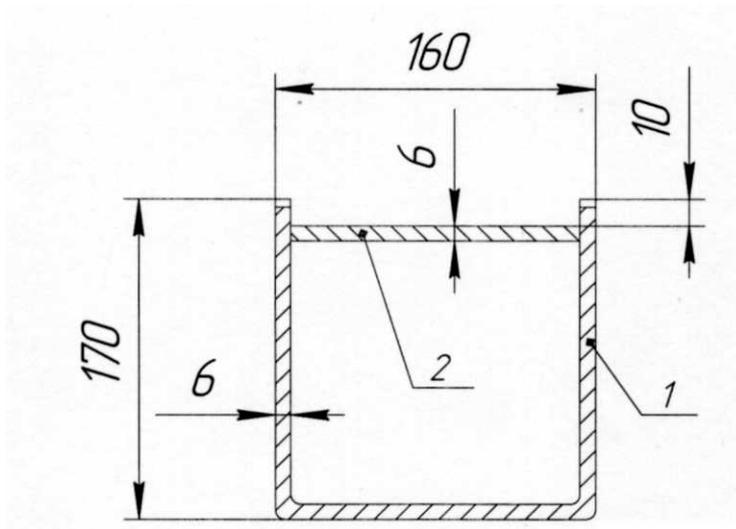
- проанализировать базовый вариант изготовления растяжки;
- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки изделия;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки;

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления растяжки, включающий в себя автоматическую сварку в среде защитного газа; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы переподготовки сварщиков.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие *методы*:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;

- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.



1 - короб; 2 - лист

Рисунок 2 - Поперечное сечение корпуса

При работе стрелы корпус испытывает нагрузки, приложенные как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости, а также испытывает воздействие крутящего момента. Поэтому в качестве корпуса стрелы и выбрана балка коробочного сечения.

Такие накладные детали как щека 1, кронштейн 2 и накладка 9 испытывают на себе воздействие отрывающих усилий, которые стремятся разрушить сварные швы, присоединяющие их к корпусу стрелы. В данном проекте расчет сварных швов не производится, так как это было сделано при проектировании изделия. Катеты и длины сварных швов заданы предприятием.

1.1.2 Материал изделия и его свариваемость

Материал, идущий на изготовление конструкций должен хорошо сопротивляться нагрузкам и, наряду с высокой прочностью, обладать вязкостью. Другими словами, материал должен обладать прочностью и надежностью.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.612 ПЗ

Лист

10

Во многих случаях требуется хорошее сопротивление коррозии, ползучести и другим постоянным воздействиям. Это значит, что наша конструкция должна быть долговечной.

Из всех известных материалов лучшее сочетание прочности, надежности и долговечности имеет сталь, она является основным материалом для изготовления ответственных конструкций, подвергающихся нагрузкам.

Низколегированные стали, с содержанием углерода до 0.25 %, относятся к сталям, хорошо сваривающимся практически всеми видами сварки. Основное требование при их сварке - обеспечение равнопрочности сварного соединения основному металлу, посредством правильного выбора и применения типовых сварочных материалов, режимов и технологии выполнения сварки.

В зависимости от содержания легирующих элементов низколегированные стали подразделяют на марганцовистые, кремне-марганцовистые, хромокремнемарганцовистые и др. По содержанию вредных примесей серы и фосфора низколегированные низкоуглеродистые конструкционные стали можно отнести к качественным сталям.

Для изготовления стрелы инженерной машины наибольшее применение находит низколегированная кремне-марганцовистая сталь марки 09Г2С, выпускаемая по ГОСТ 5058-65. Химический состав стали представлен в таблице 1. Механические свойства стали марки 09Г2С приведены в таблице 2.

Таблица 1 - Химический состав низколегированной стали марки 09Г2С [1]

C, %	Si, %	Mn, %	Cu, %	Ti, %	S, P, %
< 0.12	0.5-0.8	1.3-1.7	<0.3	<0.03	< 0.035

Таблица 2 - Механические свойства стали марки 09Г2С [1]

Угол загиба в холодном состоянии	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	КСУ, МДж/м ² при -60 °С
180°	500	350	21	0.3

Легирующие элементы, вводимые в состав стали, являются раскислителями. Раскисление происходит по следующим формулам:



Марганец заметно влияет на механические свойства стали, повышая прочность металла шва. Кремний при концентрации ≤ 0.6 % повышает механические свойства стали. При большей концентрации он снижает ударную вязкость.

Сталь 09Г2С имеет комплекс механических свойств, которые удовлетворяют наши требования к материалу для изготовления стрелы инженерной машины. Данная сталь имеет очень высокую критическую скорость охлаждения, превышающую 100°С/с, поэтому охлаждение при сварке не вызывает образования в металле шва и в зоне термического влияния полностью мартенситной структуры. Как правило, твердость металла шва и околошовного участка зоны термического влияния не превышает 2000 МПа. Заменители данной стали: 10Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 09Г2С [1].

Сталь 09Г2С относится к группе не закаливаемых сталей, не склонных к перегреву и образованию трещин. Стали данной группы свариваются без особых ограничений, независимо от толщины металла, температуры окружающего воздуха и жесткости изделия, в широком интервале режимов сварки [7, 15, 16].

Свариваемость материала

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Большое влияние на свариваемость стали оказывает содержание углерода. Связано это с тем, что при повышении содержания углерода в составе стали, повышается вероятность образования горячих и холодных трещин. Повышение вероятности образования горячих трещин обусловлено склонностью углерода к ликвации, а холодных трещин - тем, что углерод снижает температуру мартенситного превращения и способствует формированию малопластичного мартенсита. Объемные изменения при превращении аустенита в мартенсит с повышением содержания углерода возрастает. Это приводит к увеличению внутренних напряжений.

Свариваемость – это свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия [5].

Если рассматривается возможность получения качественного сварного соединения деталей из одного и того же металла (или сплава), то в этом случае анализируется технологическая свариваемость данного материала. Технологическая свариваемость – технико-экономический показатель. Она характеризует возможность получения сварного соединения требуемого качества, удовлетворяющего требованиям надежности конструкции при эксплуатации, с применением существующего оборудования при наименьших затратах труда и времени. Основные критерии технологической свариваемости следующие:

- окисляемость металла при сварке, зависящая от его химической активности;
- сопротивляемость образованию горячих трещин и трещин при повторных нагревах;
- сопротивляемость образованию холодных трещин и замедленному разрушению;
- чувствительность металла к тепловому воздействию сварки, характеризующая его склонность к росту зерна, структурные и фазовые изменения в

шве и зоне термического влияния, изменением прочностных и пластических свойств;

- чувствительность к образованию пор;
- соответствие свойств сварного соединения эксплуатационным требованиям: прочности, пластичности, выносливости, ползучести, вязкости, жаростойкости и жаропрочности, коррозионной стойкости и др.

Сопrotивляемость образованию горячих трещин

Низкое содержание углерода в металле швов обеспечивает необходимую стойкость против образования горячих трещин.

Убедиться в этом помогает расчет эквивалентного содержания углерода:

$$C_{\text{эkv}} = C + 2S + \frac{P}{3} + \frac{Si - 0,4}{7} + \frac{Mn - 0,8}{8} + \frac{Ni}{8} + \frac{Cr - 0,8}{10} < 0,4 \quad (4)$$

Подставим значения в формулу 1 и рассчитываем эквивалентное содержание углерода стали 09Г2С:

$$C_{\text{эkv}} = 0,12 + 2 \cdot 0,035 + \frac{0,03}{3} + \frac{0,5 - 0,4}{7} + \frac{1,3 - 0,8}{8} + \frac{0,3}{8} + \frac{0,3 - 0,8}{10} = 0,23\% \leq 0,4\%$$

т. к. $C_{\text{эkv}}$ стали 09Г2С = 0,23, что меньше 0,4, следовательно, данная сталь не склонна к образованию горячих трещин.

Сопrotивляемость образованию холодных трещин

Сопrotивляемость образованию холодных трещин оценивается также с помощью эквивалентного содержания углерода [5]:

$$C_{\text{эkv}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \leq 0,45\% \quad (5)$$

$$C_{\text{эkv}} = 0,12 + \frac{1,3}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,43 \leq 0,45\%$$

То есть сталь 09Г2С не склонна к образованию холодных трещин.

Сталь 09Г2С относится к группе свариваемости – хорошо свариваемая. Она имеет благоприятные показатели свариваемости и при соблюдении определенных условий может быть сварена всеми видами сварки, имеющими промышленное значение. При этом сварные швы обладают необходимой стойкостью против образования кристаллизационных трещин, вследствие пониженного содержания углерода. Образование кристаллизационных трещин возможно лишь в случае неблагоприятной формы провара, например в угловых швах, в первом слое многослойного шва, односторонних швах с полным проваром кромок.

Сталь 09Г2С относится к группе не закаливающихся сталей, не склонных к перегреву и образованию трещин. Стали, данной группы свариваются без особых ограничений, независимо от толщины металла, температуры окружающего воздуха и жесткости изделия, в широком интервале режимов сварки.

Всё, вышеперечисленное, доказывает, правильность выбора стали с низким содержанием углерода. Марганец и кремний в данных концентрациях свариваемость не ухудшают.

Свариваемость низкоуглеродистых низколегированных сталей, в частности стали 09Г2С, характеризуется как хорошая. Эта сталь любых толщин, форм, в широком диапазоне режимов сварки практически не дает трещин и позволяет получать швы высокого качества. Сварка стали 09Г2С, может выполняться без подогрева до сварки и в процессе сварки, и без последующей термообработки.

1.1.3 Выбор способа сварки

Основным несущим элементом корпуса грузоподъемной стрелы инженерной машины является балка. В машиностроении балки служат основными

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

элементами рамных конструкций. Широкое применение балки нашли в качестве элементов строительных конструкций, несущих элементов крановых и экскаваторных устройств. Балки бывают таврового, двутаврового, трубчатого и коробчатого сечения. Если нагрузка приложена в вертикальной плоскости, чаще всего используют балки двутаврового сечения. При приложении нагрузки в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также при действии крутящего момента, более целесообразно использование балок коробчатого сечения.

Сборку балок предпочтительно вести в кондукторах и других приспособлениях, которые обеспечивают заданное положение элементов относительно друг друга. Преимущество сварки в жестких кондукторах заключается также в снижении деформаций балок от неравномерного нагрева и усадки сварных швов. Среди балок коробчатого сечения наиболее технологичными являются балки из гнутых элементов, так как использование гнутых профилей снижает количество сварных швов.

Очень часто при изготовлении балки возникает необходимость ее поворота. Для осуществления поворота балок используют различные кантователи и поворотные стенды.

Для сварки балочных конструкций применяется автоматическая, полуавтоматическая дуговая сварка, ручная дуговая сварка электродами с покрытием, дуговая сварка под флюсом, дуговая сварка в защитных газах.

Ручная дуговая сварка электродами с покрытием

Дуговая сварка металлическими электродами с покрытием в настоящее время остается одним из самых распространенных методов, используемых при изготовлении сварных конструкций. Это объясняется простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможностью выполнения сварки в различных пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки. Существенный недостаток ручной дуговой сварки металлическим электродом, так же как и других способов

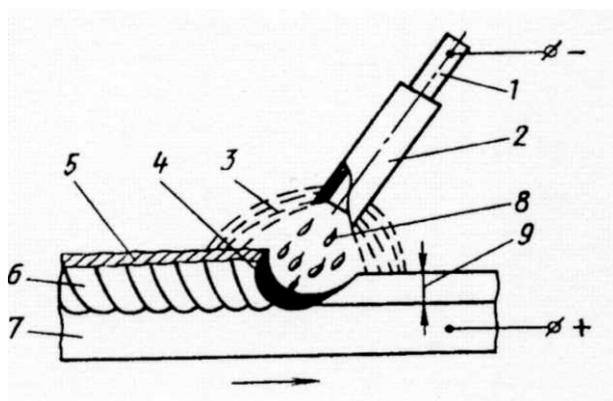
					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист 16
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ручной сварки, малая производительность процесса и зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика.

К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный или переменный сварочный ток (рисунок 3).

Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

Глубина, на которую расплавляется основной металл, называется глубиной проплавления. Она зависит от режима сварки (силы сварочного тока и диаметра электрода), пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия (торцу электрода и дуге сообщают поступательное движение вдоль направления сварки и поперечные колебания). От конструкции сварного соединения, формы и размеров разделки свариваемых кромок и т. п. Размеры сварочной ванны зависят от режима сварки и обычно находятся в пределах: глубина до 7 мм, ширина 8-15 мм, длина 10-30 мм. Доля участия основного металла в формировании металла шва обычно составляет 15-35 %.



1 - металлический стержень; 2 - покрытие электрода; 3 - газовая атмосфера дуги;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4 - сварочная ванна; 5 - затвердевший шлак; 6 - закристаллизовавшийся металл шва;
7 - основной металл; 8 - капли расплавленного электродного металла; 9 - глубина проплавления

Рисунок 3 - Ручная дуговая сварка металлическим электродом с покрытием (стрелкой показано направление сварки)

Расстояние от активного пятна на расплавленной поверхности электрода до другого активного пятна дуги на поверхности сварочной ванны называется длиной дуги. Расплавляющееся покрытие электрода образует вокруг дуги и над поверхностью сварочной ванны газовую атмосферу, которая, оттесняя воздух из зоны сварки, препятствует взаимодействиям его с расплавленным металлом. В газовой атмосфере присутствуют также пары основного и электродного металлов и легирующих элементов. Шлак, покрывая капли электродного металла и поверхность расплавленного металла сварочной ванны способствует предохранению их от контакта с воздухом и участвует в металлургических взаимодействиях с расплавленным металлом.

Кристаллизация металла сварочной ванны по мере удаления дуги приводит к образованию шва, соединяющего свариваемые детали. При случайных обрывах дуги или при смене электродов кристаллизация металла сварочной ванны приводит к образованию сварочного кратера (углублению в шве, по форме напоминающему наружную поверхность сварочной ванны). Затвердевающий шлак образует на поверхности шва шлаковую корку.

Ввиду того, что от токоподвода в электрододержателе сварочный ток протекает по металлическому стержню электрода, стержень разогревается. Этот разогрев тем больше, чем дольше протекание по стержню сварочного тока и чем больше величина последнего. Перед началом сварки металлический стержень имеет температуру окружающего воздуха, а к концу расплавления электрода температура повышается до 500-600 °С (при содержании в покрытии органических веществ — не выше 250 °С). Это приводит к тому, что скорость расплавления электрода (количество расплавленного электродного металла) в начале и конце различна. Изменяется и глубина проплавления

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

ния основного металла ввиду изменения условий теплопередачи от дуги к основному металлу через прослойку жидкого металла в сварочной ванне. В результате изменяется соотношение долей электродного и основного металлов, участвующих в образовании металла шва, а значит, и состав и свойства металла шва, выполненного одним электродом. Это — один из недостатков ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Под техникой сварки обычно понимают приемы манипулирования электродом или горелкой. Выбор режимов сварки, приспособлений и способы их применения для получения качественного шва и т. п. Качество швов зависит не только от техники сварки, но и от других факторов, таких как состав и качество применяемых сварочных материалов, состояние свариваемой поверхности, качество подготовки и сборки кромок под сварку и т. д.

Перед зажиганием (возбуждением) дуги следует установить необходимую силу сварочного тока, которая зависит от марки электрода, пространственного положения сварки, типа сварного соединения и др. Зажигать дугу можно двумя способами. При одном способе электрод приближают вертикально к поверхности изделия до касания металла и быстро отводят вверх на необходимую длину дуги. При другом — электродом вскользь «чиркают» по поверхности металла. Применение того или иного способа зажигания дуги зависит от условий сварки и от навыка сварщика.

Длина дуги зависит от марки и диаметра электрода, пространственного положения сварки, разделки свариваемых кромок и т. п. Увеличение длины дуги снижает качество наплавленного металла шва ввиду его интенсивного окисления и азотирования, увеличивает потери металла на угар и разбрызгивание, уменьшает глубину проплавления основного металла. Также ухудшается внешний вид шва во время ведения процесса сварщик обычно перемещает электрод не менее чем в двух направлениях. Во-первых, он подает электрод вдоль его оси в дугу, поддерживая необходимую в зависимости от ско-

рости плавления электрода длину дуги. Во-вторых, перемещает электрод в направлении наплавки или сварки для образования шва.

При правильно выбранном диаметре электрода и силе сварочного тока скорость перемещения дуги имеет большое значение для качества шва. При повышенной скорости дуга расплавляет основной металл на малую глубину и возможно образование непроваров. При малой скорости вследствие чрезмерно большого ввода теплоты дуги в основной металл часто образуется прожог, и расплавленный металл вытекает из сварочной ванны. В некоторых случаях, наоборот, может привести к образованию непроваров.

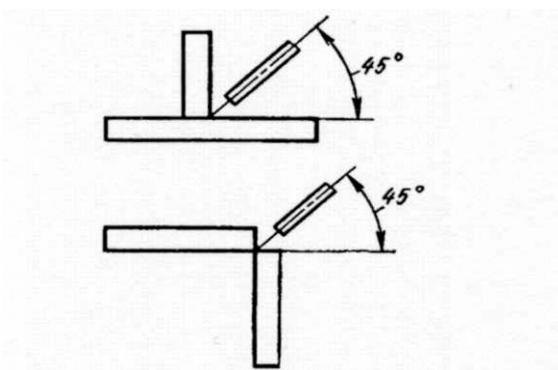
Иногда сварщику приходится перемещать электрод поперек шва, регулируя тем самым распределение теплоты дуги поперек шва для получения требуемых глубины проплавления основного металла и ширины шва. Глубина проплавления основного металла и формирование шва главным образом зависят от вида поперечных колебаний электрода, которые обычно совершают с постоянными частотой и амплитудой относительно оси шва. Траектория движения конца электрода зависит от пространственного положения сварки, разделки кромок и навыков сварщика. При сварке с поперечными колебаниями получают уширенный валик. Форма проплавления зависит от траектории поперечных колебаний конца электрода, т. е. от условий ввода теплоты дуги в основной металл.

При окончании сварки — обрыве дуги следует правильно заварить кратер. Кратер является зоной с наибольшим количеством вредных примесей ввиду повышенной скорости кристаллизации металла, поэтому в нем наиболее вероятно образование трещин. По окончании сварки не следует обрывать дугу, резко отводя электрод от изделия. Необходимо прекратить все перемещения электрода и медленно удлинять дугу до обрыва; расплавляющийся при этом электродный металл заполнит кратер. При сварке низкоуглеродистой стали, кратер иногда выводят в сторону от шва — на основной металл. При случайных обрывах дуги или при смене электродов дугу возбуждают на

еще не расплавленном основном металле перед кратером и затем проплавляют металл в кратере.

Положение электрода относительно поверхности изделия и пространственное положение сварки оказывают большое влияние на форму шва и проплавление основного металла. При прочих равных условиях количество расплавляемого электродного металла, приходящегося на единицу длины шва, остается постоянным, но распределяется на большую ширину шва и поэтому высота его усиления уменьшается.

При сварке наклонным электродом (рисунок 4) трудно обеспечить провар шва по нижней плоскости (ввиду натекания на нее расплавленного металла) и предупредить подрез на вертикальной плоскости (ввиду стекания расплавленного металла). При сварке угловых швов трудно обеспечить глубокий провар в корне шва, поэтому в односторонних швах без скоса кромок может образоваться непровар, который при нагружении шва послужит началом развития трещин.



а - тавровое соединение; б - угловое соединение

Рисунок 4 - Положение электрода и изделия при сварке
Этот способ сварки прост и мобилен, но имеет ряд недостатков:

- малая производительность;
- зависимость качества шва от квалификации сварщика.

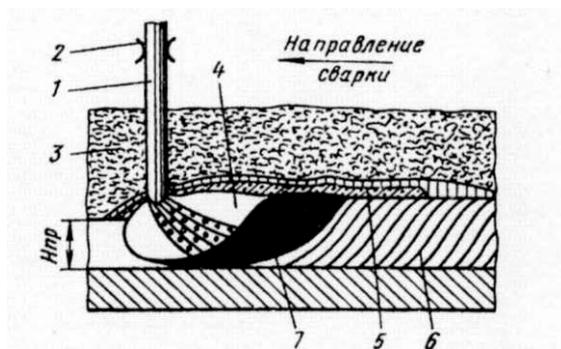
В целом качество ручной дуговой сварки зависит от правильности выбора параметров режима сварки, состава и качества сварных материалов, со-

стояние свариваемых поверхностей, качества подготовки и сборки кромок под сварку [1].

Дуговая сварка под флюсом

Широкое применение этого способа в промышленности при производстве конструкций из сталей, цветных металлов и сплавов объясняется высокой производительностью процесса и высоким качеством и стабильностью свойств сварного соединения, улучшенными условиями работы, более низким, чем при ручной сварке, расходом сварочных материалов и электроэнергии. К недостаткам способа относится возможность сварки только в нижнем положении ввиду возможного отека расплавленного флюса и металла при отклонении плоскости шва от горизонтали более чем на 10-15°.

Наиболее широко распространен процесс при использовании одного электрода — одnodуговая сварка. Сварочная дуга горит между голой электродной проволокой 1 и изделием, находящимся под слоем флюса 3 (рисунок 5).



1 - электродная проволока; 2 - токоподвод; 3 - флюс; 4 - газовый пузырь; 5 - расплавленный флюс; 6 - сварной шов; 7 - жидкий металл

Рисунок 5 - Сварка под флюсом

В расплавленном флюсе 5 газами и парами флюса и расплавленного металла образуется полость - газовый пузырь 4, в котором существует сварочная дуга. Давление газов в газовом пузыре составляет 7-9 г/см², но в сочетании с механическим давлением, создаваемым дугой, его достаточно для оттеснения жидкого металла из-под дуги, что улучшает теплопередачу от нее

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

к основному металлу. Повышение силы сварочного тока увеличивает механическое давление дуги и глубину проплавления основного металла $H_{пр}$.

Кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны 7 приводит к образованию сварного шва 6. Затвердевший флюс образует, шлаковую корку на поверхности шва. Расплавленный флюс, образуя пузырь и покрывая поверхность сварочной ванны, эффективно защищает расплавленный металл от взаимодействий с воздухом. Metallургические взаимодействия между расплавленным металлом и шлаком способствуют получению металла шва с требуемым химическим составом.

В отличие от ручной дуговой сварки металлическим электродом при сварке под флюсом, так же как и при сварке в защитных газах, токоподвод к электродной проволоке 2 осуществляется на небольшом расстоянии (вылет электрода) от дуги (до 70 мм). Это позволяет без перегрева электрода использовать повышенные сварочные токи (до 2000 А). Плотность сварочного тока достигает $200-250 \text{ А/мм}^2$, в то время как при ручной дуговой сварке не превышает 15 А/мм^2 . В результате повышается глубина проплавления основного металла, и скорость расплавления электродной проволоки, т. е. достигается высокая производительность процесса.

Сварку под флюсом можно осуществлять переменным и постоянным током. В зависимости от способа перемещения дуги относительно изделия сварка выполняется автоматически и полуавтоматически. При автоматической сварке подача электродной проволоки и перемещение вдоль шва осуществляется специальными механизмами. При полуавтоматической сварке подача проволоки осуществляется механизмом, а вдоль шва горелку сварщик перемещает вручную.

Существуют разновидности сварки под флюсом, когда в некоторых случаях целесообразно применение двухдуговой или многодуговой сварки. При этом дуги питаются от одного источника или от отдельного источника для каждой дуги.

Электроды по отношению к направлению сварки могут быть расположены последовательно или перпендикулярно. При последовательном расположении глубина проплавления шва несколько увеличивается, а при перпендикулярном уменьшается. Второй вариант расположения электродов позволяет выполнять сварку при повышенных зазорах между кромками. Изменяя расстояние между электродами, можно регулировать форму и размеры шва. Однако недостатком способа является некоторая нестабильность горения дуги.

При двухдуговой сварке (рисунок 6) используют два электрода.

Дуги могут гореть в общую или отдельные сварочные ванны (когда металл шва после первой дуги уже полностью закристаллизовался). Изменяя расстояние между дугами, можно регулировать термический цикл сварки, что важно при сварке закаливающих сталей. Эта схема позволяет вести сварку на высоких скоростях, в то время как применение повышенного тока при однодуговой сварке приводит к несплавлениям - подрезам по кромкам шва. При двухдуговой сварке для питания дуг с целью уменьшения магнитного дутья лучше использовать разнородный ток (для одной дуги - переменный, для другой - постоянный).

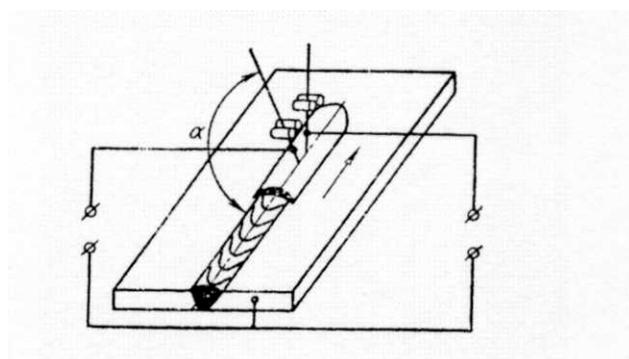


Рисунок 6 - Схема образования шва при двухдуговой сварки

При сварке на переменном токе возникает трехфазная дуга: одна дуга горит между электродами (независимая дуга) и две другие — между каждым

электродом и изделием. Все дуги горят в одном плавильном пространстве. Регулируя ток в каждой дуге, можно изменять количество расплавляемого электродного металла или проплавление основного металла. В первом случае способ удобен при наплавочных работах и для сварки швов, требующих большого количества наплавленного металла. Недостаток способа — необходимость точного согласования скоростей подачи электродов. Сварку сдвоенным электродом, двумя и большим числом электродов выполняют на автоматах.

Форма и размеры шва зависят от многих параметров режима сварки: величины сварочного тока, напряжения дуги, диаметра электродной проволоки, скорости сварки и др. Такие параметры, как наклон электрода или изделия, величина вылета электрода, грануляция флюса, род тока и полярность и т. п. оказывают меньшее влияние на форму и размеры шва.

Необходимое условие сварки — поддержание дуги. Для этого скорость подачи электрода должна соответствовать скорости его плавления теплотой дуги. С увеличением силы сварочного тока скорость подачи электрода должна увеличиваться. Электродные проволоки меньшего диаметра при равной силе сварочного тока следует подавать с большей скоростью. Условно это можно представить как расплавление одинакового количества электродного металла при равном количестве теплоты, выделяемой в дуге (в действительности количество расплавляемого электродного металла несколько увеличивается с ростом плотности сварочного тока). При некотором уменьшении скорости подачи длина дуги и ее напряжение увеличиваются. В результате уменьшаются доля теплоты, идущая на расплавление электрода, и количество расплавляемого электродного металла.

Влияние параметров режима на форму и размеры шва обычно рассматривают при изменении одного из них и сохранении остальных постоянными. С увеличением силы сварочного тока глубина проплавления возрастает до некоторой величины. Это объясняется ростом давления дуги на поверхность

сварочной ванны, которым оттесняется расплавленный металл из-под дуги (улучшаются условия теплопередачи от дуги к основному металлу), и увеличением погонной энергии. Ввиду того, что повышается количество расплавленного электродного металла, увеличивается и высота усиления шва. Ширина шва возрастает незначительно, так как дуга заглубляется в основной металл (находится ниже плоскости основного металла). Увеличение плотности сварочного тока (уменьшение диаметра электрода при постоянном токе) позволяет резко увеличить глубину проплавления.

Недостатки автоматической сварки: при использовании для сварки односторонних швов съемных медных подкладок качество шва зависит от надежности поджатия к ним кромок; при зазорах свыше 0,5 мм расплавленный металл может вытекать в него, что приводит к образованию дефектов в шве.

Недостатком этого способа - трудность точной укладки кромок длинного стыка вдоль формирующей канавки неподвижной медной подкладки.

Недостатки полуавтоматической сварки: небольшие изменения расстояния от держателя до поверхности изделия не нарушают процесса сварки и незначительно влияют на форму и размеры шва. Однако для получения качественных швов требуются практические навыки для точного направления электрода по оси шва и поддержания требуемой скорости перемещения держателя. Существуют недостатки этого способа:

- невозможность наблюдения за формированием шва;
- необходимость последующей зачистки швов от шлака
- сварка ведется только в нижнем положении, так как при наклоне на 10-15 ° происходит стекание жидкого металла и шлака.

Дуговая сварка в защитных газах нашла широкое применение в промышленности. Этим способом можно соединять вручную, полуавтоматически или автоматически в различных пространственных положениях разнооб-

разные металлы и сплавы толщиной от десятых долей до десятков миллиметров [7].

При сварке неплавящимся электродом электрод не расплавляется, а его расход вызван испарением металла или частичным оплавлением при повышенном допустимом сварочном токе. Образование шва происходит за счет расплавления кромок основного металла или дополнительно вводимого присадочного металла. При сварке плавящимся электродом, присадочный материал одновременно является и электродом.

В качестве защитных газов применяют инертные (аргон и гелий) и активные (углекислый газ, водород, кислород и азот) газы, а также их смеси (Ar + He, Ar + CO₂, Ar+O₂, CO₂+O₂ и др.). По отношению к электроду защитный газ можно подавать центрально или сбоку. Сбоку газ подают при больших скоростях сварки плавящимся электродом, когда при центральной защите надежность защиты нарушается из-за обдувания газа неподвижным воздухом. Сквозняки или ветер при сварке, сдувая струю защитного газа, могут резко ухудшить качество сварного шва или соединения. В некоторых случаях, для получения необходимых технологических свойств дуги, а также с целью экономии дефицитных и дорогих инертных газов используют защиту двумя концентрическими потоками газа.

Теплофизические свойства защитных газов оказывают большое влияние на технологические свойства дуги и форму швов. Например, по сравнению с аргоном гелий имеет более высокий потенциал ионизации и большую теплопроводность при температурах плазмы. Поэтому дуга в гелии более «мягкая». При равных условиях дуга в гелии имеет более высокое напряжение, образующийся шов имеет меньшую глубину проплавления и большую ширину. Углекислый газ по влиянию на форму шва занимает промежуточное положение. Широкий диапазон используемых защитных газов, обладающих значительно различающимися теплофизическими свойствами, обуславливает

большие технологические возможности этого способа как в отношении свариваемых металлов (практически всех), так и их толщин.

Этот вид сварки имеет целый ряд преимуществ:

- обеспечивает высокое качество сварных соединений на различных свариваемых материалах и сплавах;
- обеспечивает визуальное наблюдение за формированием шва;
- высокая производительность;
- легкая механизация процесса.

Недостатки:

- необходимость применения защитных мер против теплового и светового излучения;
- дефицитность и высокая стоимость инертных газов.

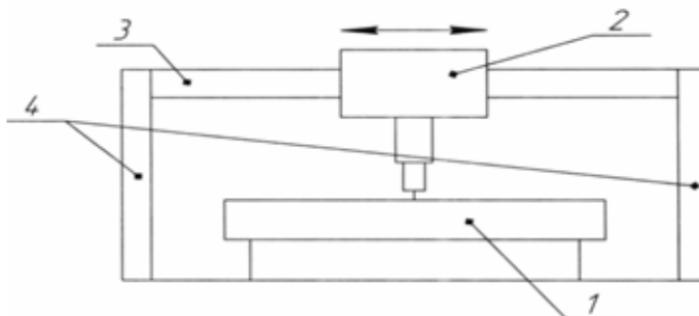
Анализируя все преимущества и недостатки вышеперечисленных способов, выбран способ сварки в среде защитных газов, так как этот способ сварки имеет преимущества перед остальными перечисленными способами:

- высокое качество сварных изделий из различных металлов и сплавов различной толщины;
- возможность сварки во всех пространственных положениях;
- возможность наблюдения за горением дуги и формированием шва;
- отсутствие операции по зачистке шва от шлака;
- широкая возможность механизации и автоматизации процесса сварки;
- отсутствие необходимости применения флюсов и обмазок для электродов;
- низкая себестоимость выполнения сварочных работ при использовании защитных газов;

При изготовлении балок коробчатого сечения чаще всего используются полуавтоматическая и автоматическая сварка в среде защитных газов, автоматическая сварка под флюсом. Для осуществления прихватки применяют

либо ручную дуговую сварку, либо полуавтоматическую сварку в среде защитных газов.

Для сварки продольных швов балок коробчатого сечения наиболее целесообразно использование компоновки оборудования, схеме которой приведена на рисунке 7



1 - изделие; 2 - сварочный автомат; 3 - балка с направляющими; 4 - колонны
Рисунок 7 - Схема компоновки оборудования для сварки прямолинейных швов

В качестве сварочного автомата в данной схеме может использоваться либо самоходная сварочная головка, либо сварочный трактор. Если ширина изделия позволяет использование двухдугового автомата, то одновременно ведут сварку двух швов как показано на рисунке 8.

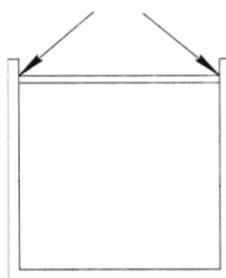


Рисунок 8 - Схема сварки угловых продольных швов двухдуговым автоматом

Если ширина изделия не позволяет этого сделать, то производят последовательную сварку швов либо наклонным электродом, либо в лодочку.

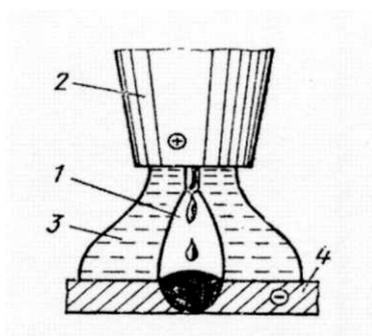
1.1.4 Вывод и постановка задач

В данном проекте необходимо разработать технологический процесс сварки изделия, выбрать способы сварки, оборудование для осуществления сварочных операций, а также разработать приспособления для реализации производственного процесса.

1.2 Разработка технологии сборки и сварки стрелы

1.2.1 Сущность сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Для сварки балки грузовой стрелы инженерной машины наиболее рационально использовать сварку в защитном газе. При этом способе сварки в зону дуги 1 через сопло 2 непрерывно подается защитный газ 3. Теплотой дуги расплавляется основной металл 4 и электродная проволока (рисунок 9). Расплавленный металл сварочной ванны кристаллизуясь образует шов.



1 - дуга, 2 - сопло, 3 - защитный газ

Рисунок 9 - Дуговая сварка в защитных газах

По сравнению с другими способами сварка в защитных газах обладает рядом преимуществ. Высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и сплавах различной толщины. Возможность сварки в различных пространственных положениях. Возможность визуального наблюдения за образованием шва, что особенно важно при полуавтоматической сварке. Отсутствие операций по засыпки и уборки флюса и удалению шлака. Высокая производительность и легкость механизации и автоматизации. Низкая стоимость при использовании активных газов. К недостатком способа по сравнению со сваркой под флюсом относится необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги [7].

Состав металла шва при сварке в защитных газах плавящимся электродом определяется составом газа, составом электродного и основного металла, их долями в металле шва и ходом металлургических реакций.

При сварке в смесях $Ar + CO_2$ в зоне высоких температур дуги происходит разложение CO_2 по реакции: $CO_2 = CO + 1/2O_2$. Углекислый газ в зоне сварки при высокой температуре диссоциирует на окись углерода и кислород.

Выделившийся кислород окисляет жидкий металл. От состава и количества окислов зависит количество шлаковых включений в металле шва и внешний вид шва. Окисление углерода и возникновение окиси углерода является одной из основных причин появления пор в шве. Введение в присадочную проволоку элементов - раскислителей: кремния, марганца, обеспечивает получение качественных сварных швов без пор.

Степень разложения CO_2 и соответственно состав газа зависит от температуры. В зону сварки попадают так же азот и водород. Азот может попасть с покрытиями электродных проволок и технологическими смазками в виде примеси углекислого газа, кислорода, из воздуха, подсосываемого из зазоров соединения, вследствие нарушения защиты зоны сварки, а так же из антикоррозионных покрытий на свариваемом металле. Водород попадает в

зону сварки, как примесь CO_2 в составе влаги, из ржавчины, попадающей на электродной проволоке и свариваемых кромках, из технологических смазок.

Значительное количество азота и водорода может вызвать образование пор в шве. Причиной образования пор в этих случаях является скачкообразное уменьшение растворимости азота и водорода в твердой стали по сравнению с жидкой.

Кислород интенсивно окисляет железо и примеси сталей. Введение в проволоку элементов - раскислителей (кремний, марганец) позволяет подавить реакцию окисления углерода и обеспечивает получения плотных швов. Кислород так же интенсивно окисляет водород, попадающий в зону сварки и серу, что повышает стойкость металла шва к образованию пор и горячих трещин, а так же повышает механические свойства шва. При окислении кремния, марганца и других составляющих стали, образуются окислы. От их состава и количества зависят количество шлаковых включений в металле шва и его внешний вид. При сварки в защитных газах имеет место значительное испарение марганца и железа. Окисление и испарение наиболее интенсивно происходит в каплях электродного металла.

Одной из причин отклонения и блуждания дуги может быть химическая неоднородность поверхности свариваемого изделия. Присутствие на поверхности металла окислов приводит к увеличению плотности тока за счет уменьшения анодного пятна при прямой полярности или ограничению зоны перемещения катодного пятна при обратной полярности. Поэтому для предупреждения блуждания дуги необходима обязательная зачистка поверхности дуги и формирование шва более стабильны. Отклонения дуги наблюдается при наличии инородных включений и попадании их в зону сварки. При этом возможности такого отклонения уменьшаются с повышением градиента температур потенциала дуги. Для повышения градиента столба следует приме-

нять защитный газ с высоким эффективным потенциалом ионизации. Таким газом является аргон, составляющий основу многих газовых смесей

Перенос металла через дуговой промежуток обуславливает технологические характеристики дуги. От характера переноса металла зависит стабильность горения дуги, ее тепловой баланс, металлургические реакции в зоне сварки, размеры проплавления и формирования шва. Перенос металла через дуговой промежуток происходит в виде капель и паров. Капли формируются на конце электрода под воздействием силы тяжести, поверхностного натяжения, давления паров образующихся внутри расплавленного металла, кинетической энергии движущихся газов и других факторов, связанных с диссоциацией молекул газа. Основными силами, обуславливающими формирование капель электродного металла и перенос его через дуговой промежуток, является аксиальная сила, возникающая в результате пинч-эффекта, и силы поверхностного натяжения. Сила тяжести имеет практическое значение при токе относительно небольшом для диаметра проволоки 1,6 мм. Расплавленный металл на конце электрода под давлением сил поверхностного натяжения собирается в капли. По мере расплавления электрода капля растет до такого объема, когда ее вес становится равным силе поверхностного натяжения и капля обрывается в сварочную ванну [16].

С увеличением силы тока растет электродинамическая сила, уменьшается размер капель и при определенном значении тока, называемом критическим, капельный перенос металла переходит в струйный.

Углекислый газ способствует увеличению поверхностного натяжения. При сварки в смеси $Ar+CO_2$ степень интенсивности отталкивание капель вверх возрастает с увеличением содержания диоксида углерода в смеси. Перенос электродного металла в дуге сопровождается выбросом металла за пределы сварочной ванны разбрызгивание. Разбрызгивание металла происходит в результате выброса мелких брызг при взрыве перемычки между электродом и каплей, отделения остатка жидкого металла от электрода, расплескивания

ванны и выброса разогретой и оплавленной части электрода. Уменьшение разбрызгивания можно обеспечить при принудительном управлении переносом электродного металла. Повышение стабильности дуги и сокращение потерь металла на разбрызгивание обеспечивается за счет применения активированных проволок или использования в смеси аргона в качестве основного газа .

В зависимости от свариваемого металла и его толщины в качестве защитных газов используют инертные, активные газы или их смеси. В силу физических особенностей стабильность дуги и ее технологические свойства выше при использовании постоянного тока обратной полярности. При использовании постоянного тока прямой полярности количество расплавленного электродного металла увеличивается на 25-30 %, но резко снижается стабильность дуги, и повышаются потери металла на разбрызгивание. Применение переменного тока невозможно из-за нестабильного горения дуги. При сварке плавящимся электродом шов образуется за счет проплавления основного металла и расплавления дополнительного металла — электродной проволоки. Поэтому форма и размеры шва, помимо прочего (скорости сварки, пространственного положения электрода и изделия и др.), зависят также от характера расплавления и переноса электродного металла в сварочную ванну. Характер переноса электродного металла определяется в основном материалом электрода, составом защитного газа, плотностью сварочного тока и рядом других факторов.

Можно выделить три основные формы расплавления электрода и переноса электродного металла в сварочную ванну. Процесс сварки с периодическими короткими замыканиями характерен для сварки электродными проволоками диаметром 0,5-1,6 мм при короткой дуге с напряжением 15-22 В. После очередного короткого замыкания (I и II на рисунке 10) силой поверхностного натяжения расплавленный металл на торце электрода стягивается в каплю. В результате длина и напряжение дуги становятся максимальными.

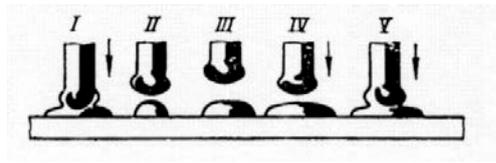


Рисунок 10 - Переноса электродного металла короткими замыканиями

Во все стадии процесса скорость подачи электродной проволоки постоянна, а скорость ее плавления изменяется и в периоды III и IV меньше скорости подачи. Поэтому торец электрода с каплей приближается к сварочной ванне (длина дуги и ее напряжение уменьшаются) до короткого замыкания (V). При коротком замыкании резко возрастает величина сварочного тока и, как результат этого, сжимающее действие электромагнитных сил, совместное действие которых разрывает перемычку жидкого металла между электродом и изделием. Во время короткого замыкания капля расплавленного электродного металла переходит в сварочную ванну. Далее процесс повторяется.

Частота периодических замыканий дугового промежутка может изменяться в пределах 90-450 Гц в секунду. Для каждого диаметра электродной проволоки в зависимости от его материала, защитного газа и т. д., существует диапазон сварочных токов, в котором возможен процесс сварки с замыканиями. При оптимальных параметрах процесса, сварка возможна в различных пространственных положениях, а потери электродного металла на разбрызгивание не превышают 7 %. Периодические короткие замыкания могут осуществляться и принудительно, например механическим путем или с помощью микропроцессорного управления инверторным источником питания. Увеличение напряжения на дуге ведет к изменению характера расплавления и переноса электродного металла, перехода от сварки короткой дугой с короткими замыканиями к процессу с редкими короткими замыканиями, или без них. В сварочную ванну электродный металл переносится нерегулярно, отдельными

крупными каплями различного размера (рисунок 11), хорошо заметными невооруженным глазом.

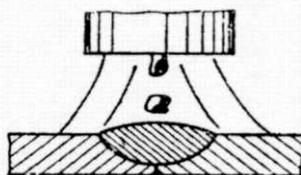


Рисунок 11 - Капельный перенос электродного металла

При этом ухудшаются технологические свойства дуги, а потери электродного металла на угар и разбрызгивание возрастают до 15 % при сварке в CO_2 . При достаточно высоких плотностях постоянного по величине сварочного тока обратной полярности и при горении дуги в инертных газах и смесях на их основе может наблюдаться очень мелкокапельный перенос электродного металла. Название «струйный» он получил потому, что при его наблюдении невооруженным глазом создается впечатление, что расплавленный металл стекает в сварочную ванну с торца электрода непрерывной струей (рисунок 12).

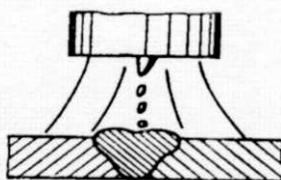


Рисунок 12 - Струйный перенос электродного металла

Изменение характера переноса электродного металла с капельного на струйный происходит при увеличении силы сварочного тока до «критического» для данного диаметра электрода.

шению ее поверхности, т. е. сжатию. В результате ввод теплоты дуги в изделие становится более концентрированным. Кинетическим давлением потока газа расплавленный металл оттесняется из-под дуги, и дуга углубляется в изделие. В результате глубина проплавления увеличивается в 1,5-2 раза. Однако при этом повышается и возможность образования в швах дефектов.

При сварке плавящимся электродом в защитных газах зависимости формы и размеров шва от основных параметров режима такие же, как и при сварке под флюсом. Поэтому швы имеют узкую форму провара, и в них может наблюдаться повышенная зональная ликвации. Применяя поперечные колебания электрода, изменяют форму шва и условия кристаллизации металла сварочной ванны и уменьшают вероятность зональной ликвации.

Качественный провар и формирование корня шва обеспечивают теми же приемами, что и при ручной сварке или сварке под флюсом (подкладки, флюсовые и газовые подушки и т. д.). С уменьшением плотности тока стабильность дуги понижается. Величина вылета электрода также влияет на стабильность процесса и размеры шва. Ниже приведен оптимальный вылет плавящегося электрода при сварке в защитных газах:

Расстояние от сопла горелки до изделия обычно выдерживают в пределах 8-15 мм. Токоподводящий наконечник должен находиться на уровне края сопла или утапливаться до 3 мм. При сварке угловых и стыковых швов с глубокой разделкой допускается выступание токоподводящего наконечника из сопла на 5-10 мм. Полуавтоматическую сварку в нижнем положении можно выполнять правым или левым методом, узким валиком или с поперечными колебаниями.

1.2.2 Выбор сварочных материалов

Сварочная проволока

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Стальную сварочную проволоку сплошного сечения выпускают по ГОСТ 2246-70 и специальным техническим условиям.

Для сварки низкоуглеродистых, низколегированных и аустенитных сталей необходима проволока, которая по своему составу, с одной стороны, не сильно отличается от химического состава свариваемого материала, а с другой стороны - легирует металл шва, компенсируя окисление легирующих элементов в основном металле при его сварке. Исходя из вышеперечисленных условий, для сварки стали 09Г2С целесообразно выбрать проволоку Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 [4]. Химический состав проволоки приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав проволоки Св-08Г2С, % [7]

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,05-0,11	1,8-2,1	0,7-0,95	0,2	0,25	0,025	0,03

Защитный газ

Основное назначение защитного газа при сварке - это защита зоны действия сварки от непосредственного воздействия окружающего воздуха и создания защитной атмосферы при сварке металла плавящимся электродом.

В настоящее время наибольшее распространение в промышленности получила защитная газовая смесь CORGON 18 (K18).

Для сварки в предлагаемом варианте технологии используем поставляемый в отдельных баллонах и моноблоках указанную выше сжатую смесь по ТУ 2114-001-87144354-2012 Ar/18CO₂.

Защитная смесь поставляется в баллонах, емкостью 5,10 и 40 литров и в моноблоках из 9 или 12 баллонов емкостью по 40 литров.

Хорошее качество швов и отсутствие в них недопустимой пористости может быть достигнуто при выполнении соответствующих требований к газу. Наиболее вредными элементами являются содержание в газе азота воздуха,

которые при сварке увеличивают разбрызгивание жидкого металла шва и снижают пластические свойства металла шва и вызывают в нем образование нитридов.

Сравнительно высокий удельный вес защитной смеси увеличивает надежность защиты зоны сварки. [15].

1.2.3 Расчет режимов сварки

Стрела, как сварная конструкция собрана и сварена соединениями Т1, Н1, по ГОСТ 14771 – 76. В соединении применены угловые швы катетом 5 и 7 (в соответствии с таблицей деталей).

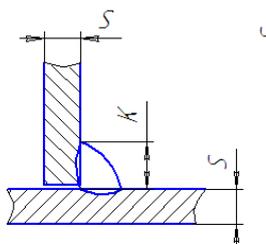


Рисунок 13 – Соединение Т1 -Δ5 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №1

1. Расчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №1

$$F_H = F_1 + F_2 \quad (1.6)$$

$$F_1 = 0.73qe \quad (1.7)$$

$$F_2 = \frac{K^2}{2} \quad (1.8)$$

где q – выпуклость сварного шва, мм, $q = 2$ мм

e – ширина сварного шва, $e = 7,1$ мм

K – катет шва, $K = 8$ мм

$$F_1 = 0.73 \cdot 2 \cdot 11.3 = 16.5 \text{ мм}$$

$$F_2 = \frac{8^2}{2} = 32.0 \text{ мм}$$

$$F_H = 16.5 + 32.0 = 48.5 = 49 \text{ мм}^2$$

Сваркой в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва 65 мм^2 . Однако, учитывая ответственность конструкции выполним сварку в 2 прохода. Примем площадь наплавленного металла первого прохода равной $F_{H1} = 25 \text{ мм}^2$, что предполагает получение сварного шва катетом $K = 5 \text{ мм}$ по формуле [5]

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1)K \quad (1.9)$$

$$h_{K1} = 0.8 \cdot 5 = 4.0 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{э}}$ по формуле [5]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.10)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 25^{0,625} = 0,9 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,2 \text{ мм}$, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока $I_{\text{св}}$ через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$I_{CB} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, A \quad (1.11)$$

$$I_{CB} = \frac{4.0}{2.9} 100 = 138 A$$

Примем $I_{CB} = 140 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.12)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

Примем величину потерь при сварке в выбранной смеси равной 3,2 %.

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.13)$$

где j – плотность тока, $A/\text{мм}^2$

$$j = \frac{4 \cdot 140}{3,14 \cdot 1,2^2} = 124 A/\text{мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{\text{э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (1.14)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 140^{0,32} \cdot 8^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 14,4 \text{ г} / A \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.15)$$

$$\alpha_H = 14,4 \frac{100 - 7,8}{100} = 13,3 \text{ г} / A \cdot \text{ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.16)$$

$$V_{CB1} = \frac{13.3 \cdot 140}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.25} = 0.5 \text{ см/с} = 18,4 \text{ м/ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB}$$

$$(1.17)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 140 = 21 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (1.18)$$

$$q_n = \frac{140 \cdot 21 \cdot 0,75}{0,5} = 4410 \text{ Дж/см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0.01 I_{CB}) \frac{d_3 U_d}{I_{CB}} \quad (1.19)$$

$$\psi_{\text{ПР}} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 140) \frac{0,8 \cdot 21}{140} = 1,94$$

где $\psi_{\text{ПР}}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициентом $\psi_{\text{ПР}}$ в пределах $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует оптимальным нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (1.20)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{4410}{1,94}} = 0,39 \text{ см}$$

где h – глубина проплавления заданная глубина проплавления $h = 4,0$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 3,9$ мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0,01 \psi_{\text{Р}})}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.21)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 18,4 \cdot 13 \cdot (1 + 0,01 \cdot 7,8)}{3,14 \cdot 1,2^2} = 313 \text{ м/ч}$$

Таблица 4 - Параметры режима сварки корневого прохода

$d_{\text{Э}}$, мм	$I_{\text{СВ}}$	$I_{\text{Э}}$, мм	$V_{\text{СВ}}$, м/ч	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{ПП}}$, м/ч	$F_{\text{Нл}}$, мм ²
1,2	140±5	12±2,4	18±1	21	313	25

Выполним расчет параметров режимов сварки заполняющего прохода.

Вычислим площадь наплавленного металла второго прохода F_{H2}

$$F_{H2} = F_H - F_{H1} \quad (1.22)$$

$$F_{H2} = 36 \text{ мм}^2$$

Найдем расчетную глубину проплавления h_K . Конечная величина катета шва №1 составляет 8 мм. Рассчитаем по формуле (7)

$$h_K = 0,8 \cdot 8 = 6,4 \text{ мм}$$

полная глубина проплавления составляет 6,4 мм, однако первым проходом выполнено проплавлено проплавление на 4 мм, значит оставшаяся глубина проплавления составит

$$h_{K2} = (h_K - h_{K1}) + q \quad (1.23)$$

где q – выпуклость сварного шва, 2 мм

$$h_{K2} = (6,4 - 4,0) + 2 = 4,4 \text{ мм}$$

Рассчитаем параметры режима сварки по формулам (1.9÷1.21)

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0,625}$$

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 36^{0,625} = 1,13 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{\text{э}} = 1,2 \text{ мм}$

$$I_{CB} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, A$$

$$I_{CB} = \frac{4.4}{2.1} 100 = 209 \text{ A}$$

где $K_H = 2,1$ для $d_{\text{э}} = 1,2$ мм [2]

Принимаем $I_{CB} = 210 \pm 5$ А

$$L_{\text{э}} = 10 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2}$$

$$j = \frac{4 \cdot 210}{3.14 \cdot 1.2^2} = 186 \text{ A/мм}^2$$

Для проволоки диаметром 1,2 мм, при сварке в смеси CORGON 18 величина плотности тока для переходной дуги находится в диапазоне 110÷175 А/мм². Данные полученные после анализа настроек источника питания для сварки в защитном газе TAURUS 530 PULS Arc.

При сварке на плотностях токов вне диапазона переходной дуги разбрызгивание соответствуют значениям 6÷8%: принимаем $\psi = 8\%$.

$$\alpha_{P2} = 1,21 \cdot 210^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1.2^{0,64}} = 15,8 \text{ Г / A} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_{P2} = 15,8(100 - 8/100) = 14,5 \text{ Г / A} \cdot \text{ч}$$

$$V_{CB1} = \frac{14.5 \cdot 210}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.36} = 0.3 \text{ см / с} = 11 \text{ м / ч}$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 210 = 25 \text{ В}$$

$$q_n = \frac{210 \cdot 25 \cdot 0,75}{0,3} = 13125 \text{ Дж / см}$$

$$\psi_{PP} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 210) \frac{1,2 \cdot 25}{210} = 2,22$$

Величина ψ_{PP2} находится в пределах оптимальных значений 0,8÷4

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$V_{\text{III}} = \frac{4 \cdot 11 \cdot 36 \cdot (1 + 0.01 \cdot 8)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 368 \text{ м/ч}$$

Таблица 5 - Параметры режима сварки лицевого прохода

d _э , мм	I _{св}	l _э , мм	V _{св} , м/ч	U _д , В	V _{III} , м/ч	F _{Н1} , мм ²
1,2	210±5	12±2,5	11	25±1	368	36

Расчет режимов автоматической сварки продольных швов короба стрелы по формулам (1.9 – 1.21)

Исходные данные для расчета

K – катет сварного шва, K=8 мм

F_Н – площадь наплавленного металла, F_Н =49 мм²

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1)K$$

$$h_{K1} = 0.8 \cdot 8 = 6,4 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки d_э по формуле [5]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625}$$

где K_d – табличный коэффициент, K_d = 0,12 [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 49^{0.625} = 1,4 \text{ мм}$$

Примем d_э = 1,6 мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока I_{CB} через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]

$$I_{CB} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, A$$
$$I_{CB} = \frac{6.4}{1.75} 100 = 366 A$$

Примем $I_{CB} = 370 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки

$$l_{\varnothing} = 10d_{\varnothing} \pm 2d_{\varnothing}$$
$$l_{\varnothing} = 10 \cdot 1.6 \pm 2 \cdot 1.6 = 16 \pm 3.2 \text{ мм}$$

Для проволоки диаметром 1,6 мм, при сварке в смеси CORGON 18 величина плотности тока для переходной дуги находится в диапазоне $90 \div 180 \text{ A/мм}^2$. Данные полученные после анализа настроек источника питания для сварки в защитном газе TAURUS 530 PULS Arc.

При сварке на плотностях токов вне диапазона переходной дуги разбрызгивание соответствует значениям $6 \div 8\%$: принимаем $\psi = 8 \%$.

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\varnothing}^2}$$
$$j = \frac{4 \cdot 370}{3,14 \cdot 1,6^2} = 184 \text{ A/мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]

$$\alpha_P = 1.21 \cdot I_{CB}^{0.32} \cdot l_{\varnothing}^{0.39} \frac{1}{d_{\varnothing}^{0.64}}$$

$$\alpha_p = 1.21 \cdot 370^{0.32} \cdot 16^{0.39} \frac{1}{1,6^{0.64}} = 16,4 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \psi}{100} \quad (14)$$

$$\alpha_H = 16,4 \frac{100 - 8}{100} = 15,1 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (15)$$

$$V_{CB1} = \frac{15,1 \cdot 370}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,49} = 0,4 \text{ см/с} = 14,4 \text{ м/ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB}$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 370 = 32 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}}$$

$$q_n = \frac{370 \cdot 32 \cdot 0,75}{0,4} = 22200 \text{ Дж/см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$\psi_{\text{ПР}} = K(19 - 0.01I_{\text{СВ}}) \frac{d_{\text{э}}U_{\text{о}}}{I_{\text{СВ}}}$$

$$\psi_{\text{ПР}} = 0,92(19 - 0.01 \cdot 370) \frac{1,6 \cdot 32}{370} = 1,97$$

где $\psi_{\text{ПР}}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициентом $\psi_{\text{ПР}}$ в пределах $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}}$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{22200}{1,97}} = 0,68 \text{ см}$$

где h – глубина проплавления заданная глубина проплавления $h = 6,8$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 6,9$ мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Hi}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_{\text{Р}})}{\pi \cdot d_{\text{э.Пл}}^2}$$

$$V_{\text{э.Пл}} = \frac{4 \cdot 14.4 \cdot 49 \cdot (1 + 0.01 \cdot 8.2)}{3.14 \cdot 1.6^2} = 380 \text{ м/ч}$$

Таблица 6 - Параметры режима сварки корневого прохода

d _э , мм	I _{св}	l _э , мм	V _{св} , м/ч	U _д , В	V _{ПП} , м/ч	F _{Н2} , мм ²
1,6	370±5	16±3,2	14,4±1	32	380	49

1.2.4 Технологический процесс изготовления стрелы инженерной машины

Подготовка под сварку деталей

Зачистить кромки соприкасаемых поверхностей свариваемых деталей до металлического блеска (ширина 15-20 мм), используя зачистную машинку BOSCH.

Зачищенные поверхности обезжирить нефрасом С₂ 80/120 ТУ 3840167-108-92 и протереть салфеткой х/б ГОСТ 29298-92.

Обезжирить приспособление нефрасом, зачищенные и обезжиренные детали собрать в приспособление, выдерживая размеры.

Производим зачистку мест под сварку на деталях поз. 1,2

Устанавливаем детали поз. 1,2 в приспособление для сборки корпуса под прихватку.

Осуществляем прихватку деталей поз. 1,2.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 180 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим зачистку мест прихваток.

Привариваем деталь поз.4 к детали поз.3

- катет шва - 5 мм;

- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз.5 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350А;
- скорость сварки -15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Поворачиваем сборочный узел на 90⁰.

Привариваем деталь поз.4 к детали поз.3

- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз.5 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода —1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Поворачиваем сборочный узел на 90⁰.

Привариваем деталь поз.4 к детали поз.3

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Привариваем деталь поз.5 к детали поз.3 .

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Поворачиваем сборочный узел на 900.

Привариваем деталь поз.4 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока – 350
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз.5 к детали поз.3 .

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода -1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Производим поворот сборочного узла на 900.

Осуществляем зачистку от шлака и брызг.

Устанавливаем детали поз.14,12,2,11,15,10,9,8,13,6 по приспособлению.

Повернуть сборочный узел на 90°. Производим прихватку деталей поз. 14 к деталям поз. 12,3 и детали поз. 12 к деталям поз.3,5.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки -35 м/ч;

- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим прихватку детали поз. 11 к детали поз.3, детали поз. 10 к детали поз.3 и детали поз.9 к детали поз. 10.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода -1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки -35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим прихватку детали поз. 15 к детали поз. 11

- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки -35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим прихватку детали поз.1 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки - 35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим прихватку деталей поз 8,13 к деталям поз.3,4.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода -1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки -35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

- напряжение - 27 В.

Осуществляем прихватку детали поз.6 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки -35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим зачистку мест прихваток. Поворачиваем сборочный узел на 180°

Производим прихватку детали поз. 14 к деталям поз. 12,3 и детали поз. 12 к деталям поз.3,5.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки - 35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Снимаем приспособление для сборки корпуса под прихватку.

Производим зачистку мест прихваток.

Устанавливаем детали поз. 1,2 в сварочную установку.

Поворачиваем изделие на 45° .

Производим сварку.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода -1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Поворачиваем изделие на 90° .

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Производим сварку.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа - 15 л/мин.

Снимаем корпус поз.3. Производим зачистку от шлака и брызг.

Проверяем качество сварных швов внешним осмотром. Производим зачистку деталей под сварку.

Устанавливаем деталь поз.3 в приспособление для сборки стрелы под прихватку и сварку.

Устанавливаем детали поз.4,5 в приспособления для сборки стрелы под прихватку и сварку, и намечаем места подгонки.

Снимаем детали поз.4,5 с приспособления.

Подгоняем детали поз.4,5 до плотного прилегания к детали поз. 3.

Устанавливаем детали поз. 14,12,2,11,15,10,9,1,7,8,13,6 по приспособлению, намечаем места наложения сварных швов, снимаем детали с приспособления.

Производим зачистку деталей под сварку по разметке.

Устанавливаем окончательно детали поз.4,5,1,7 по приспособлению. Осуществляем прихватку детали поз. 5 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки - 35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин. -напряжение - 27 В.

Производим прихватку деталей поз. 4,7 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки - 35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим прихватку деталей поз.2,10 к детали поз.3, детали поз.9 к детали поз. 10.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки - 35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим прихватку детали поз. 15 к детали поз.2.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки - 35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Производим прихватку детали поз. 13 к деталям поз.8,3 и детали поз.8 к деталям поз.3,4.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 280 А;
- скорость сварки - 35 м/ч;
- расход газа - 12 л/мин.
- напряжение - 27 В.

Осуществляем зачистку мест прихваток.

Привариваем детали поз. 12,14 к деталям поз.3,5, деталь поз. 14 к детали поз.12.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз.2 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз. 15 к детали поз.2.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз. 13 к детали поз.8,3, деталь поз. 8 к деталям поз. 3,4.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз.1 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;

- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Поворачиваем сборочный узел на 90⁰ .

Привариваем деталь поз. 9 к деталям поз.3, 10, деталь поз. 10 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
 - диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока – 350

- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Поворачиваем сборочный узел на 90⁰ .

Привариваем деталь поз. 14 к деталям поз. 12,3 и деталь поз. 12 к деталям поз. 5,3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз.11 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз. 15 к детали поз. 11

- сварки - 15 м/ч;
- расход газа -15 л/мин.

Привариваем деталь поз.1 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа - 15 л/мин.

Привариваем деталь поз.8 к деталям поз. 13,3,

- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа - 15 л/мин.

Привариваем деталь поз.6 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа - 15 л/мин.

Поворачиваем сборочный узел на 90^0 . Привариваем детали поз.2,1 1 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;
- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа - 15 л/мин.

Привариваем детали поз. 1,7 к детали поз.3.

- катет шва - 5 мм;
- диаметр электрода - 1,6 мм;
- сила сварочного тока - 350 А;

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

- скорость сварки - 15 м/ч;
- расход газа - 15 л/мин.

Производим зачистку сварных швов. Снимаем сборочный узел с приспособления.

При обнаружении дефектных мест производим их зачистку и завариваем их, затем производим зачистку места сварки, контроль качества швов осуществляем визуально и швомером.

1.2.5 Контроль качества

Качество продукции согласно ГОСТ 15467-70 есть совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с её назначением. Показатели качества определяются той или иной совокупностью свойств: прочность, надёжность, отсутствие дефектов, структуры металла шва и околошовной зоны, числом и характером исправлений и т. д. [5].

Классификация дефектов

Наружные дефекты:

- отклонение от формы и размеров шва; неправильная форма, резкие переходы от шва к металлу, бугристость могут существенно списать работоспособность изделия;
- подрезы вызывают концентрацию напряжений, могут стать причиной трещин;
- кратеры - снижают прочность шва и его рабочих сечений;
- шлаковые включения - снижают прочность и пластичность;
- непровары являются концентраторами напряжений, уменьшают сечение шва;
- трещины - самый опасный дефект. Трещины могут быть холодными и горячими.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Горячие - образуются в процессе затвердевания металла, вследствие разного снижения пластичных свойств и развитие пластичных деформаций. Холодные - в результате протекания фазовых превращений, на этапе завершения охлаждения или по истечении некоторого времени.

Трещины существенно снижают работоспособности изделия

Все наружные дефекты хорошо выявляются внешним осмотром и могут быть исправлены подваркой, если исправление не приносит большего вреда, чем дефект.

Для выявления внутренних дефектов целесообразно выбрать неразрушающие методы контроля. Выбираем магнитопорошковый метод. Его выбор обусловлен конструкцией изделия и рядом преимуществ:

- высокая чувствительность;
- простота;
- оперативность получения результатов контроля и их наглядность.

Сущность метода заключается в том, что на поверхность намагниченной детали наносят ферромагнитный порошок в виде суспензии с маслом, мыльным раствором или в виде магнитного аэрозоля. Под втягивающей силой магнитных полей рассеянные частицы порошка перемещаются по поверхности детали и скапливаются в виде валиков под дефектами. Форма скопления порошка соответствует очертаниям выявляемых дефектов.

Недостатком метода является невозможность выявления глубины залегания дефектов в шве.

Материалы и аппаратура: в качестве материала для приготовления порошков используют мелко помолотую закись — окись железа с размером зёрен 5-10 мкм. Также используют цветные порошки, специально обработанные для свечения в фиолетовых лучах.

Для намагничивания широко используют приставные или стационарные магниты, состоящие из П - образного сердечника и обмотки. Промышленность выпускает переносные либо стационарные дефектоскопы УДМ-

9000, УМДЭ-1000 и магнитные силовые агрегаты МСА-9000, и др. Дефектоскопы комплектуются намагничивающими устройствами различных параметров. Выбираем стационарный дефектоскоп типа УМД-9000 [5].

1.3 Выбор оборудования и оснастки

1.3.1 Выбор сварочного оборудования

Для операции прихватки элементов корпуса, а также для прихватки и приварки накладных деталей к корпусу предусматривается применение полуавтомата, производящего сварку плавящимся электродом в CO_2 . Исходными данными для выбора полуавтомата являются основные параметры режима сварки, приведенными в предыдущем разделе.

Исходя из исходных данных, выбираем полуавтомат ПДГ-515. Это передвижной полуавтомат, толкающего типа, предназначен для сварки проволоками d 1,2-2 мм на токах до 500А. В комплект полуавтомата входят держатели, передвижной подающий механизм, обеспечивающий плавное регулирование скорости подачи проволоки, аппаратура управления и выпрямитель ВДУ-506. Подающий механизм типа МПО-1 обеспечивает скорость подачи электродной проволоки от 120 до 1200 м/ч. Типы сварочных горелок ГДГТГ-301-8 и ГДПГ-501-4.

Полуавтомат ПДГ-515 имеет унифицированное подающее устройство и блок управления. Регулирование скорости подачи электродной проволоки осуществляется с дистанционного пульта управления, который может размещаться вблизи сварщика. Команды на начало, и окончание сварки подаются с помощью выключателя, установленного на рукоятке горелки. Блок управления БУ-06 обеспечивает постоянство скорости подачи проволоки и необходимый цикл работы. Блок размещен в нише источника сварочного тока. Все полуавтоматы предназначены для сварки в среде углекислого газа [18].

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Полуавтомат ПДГ-515 комплектуется выпрямителем ВДУ-506, двумя горелками типов ГДПГ-101-10 и ГДПГ-506, редуктором-расходомером У-30, соединительными проводами, щитком сварщика и запчастями.

На подающем устройстве размещаются редукторный привод подачи электродной проволоки, тормозное устройство с кассетой, двухпанельный блок разъемов. К лицевой панели блока подключаются коммуникации горелки. Задняя панель, расположенная в средней части основания подающего устройства, выполнена откидной для удобства подключения проводов и шлангов, соединяющих подающее устройство с источником сварочного тока. Редукторный привод подачи и кассета закрыты составным кожухом. Снаружи кожуха устанавливается съемный пульт дистанционного управления.

Унифицированный редукторный привод состоит из трехступенчатого цилиндрического редуктора с передаточным числом 27 и двигателя постоянного тока с независимым возбуждением типа КПА-531, мощностью 90 Вт. На корпусе редуктора соосно с выходным валом расположен цилиндрический выступ для установки прижимного устройства.

Прижимное устройство состоит из роликов, поджимаемых один к другому в радиальном направлении. Ведущий ролик установлен на выходном валу редуктора, а прижимной — на поворотном рычаге корпуса, закрепленного на выступе редуктора. Усилие поджатия прижимного ролика регулируется винтом, воздействующим на рычаг через плоскую пружину. Жестко связанные с роликами шестерни исключают их взаимное проскальзывание.

Горелка ГДПГ-506 (рисунок 13) предназначена для сварки электродной проволокой диаметром 1,2 и 1,6 мм током до 500 А. Горелка состоит из корпуса 8, спирали 5, свечи, 3, наконечника 4, цанги 2, сопла 1, токоподвода 10, направляющего канала для электродной проволоки П, выключателя 7, проводов управления 9. Корпус горелки заключен в пластмассовую рукоятку 6.

Для выполнения операции сварки продольных швов корпуса предусматривается применение самоходной сварочной головки, производящей

сварку плавящимся электродом в CO_2 . Исходными данными для выбора сварочной головки являются основные параметры режима сварки, приведенные в предыдущем разделе

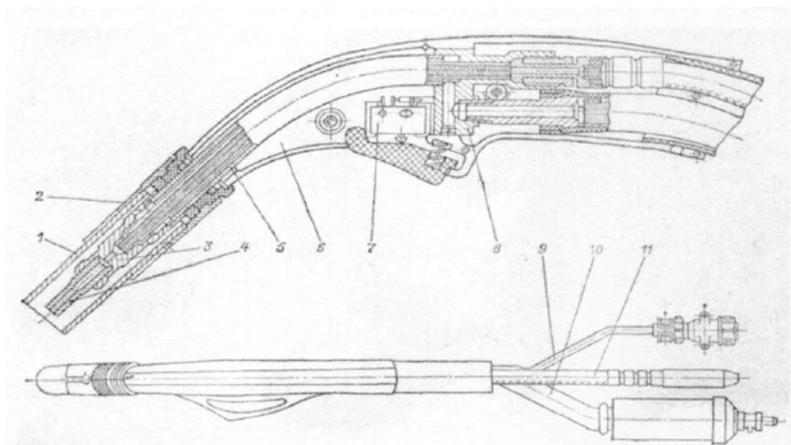
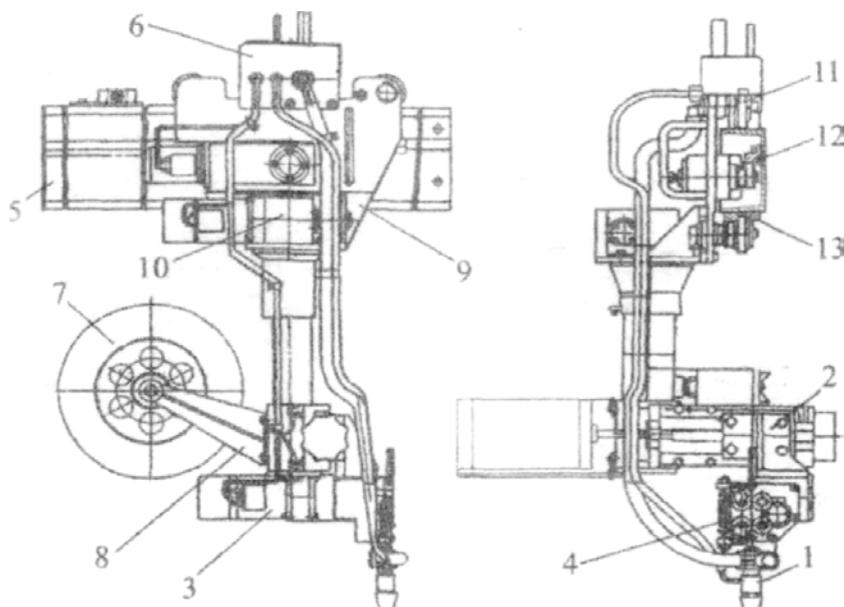


Рисунок 14 – Горелка ГДПГ – 506.2

Анализируя исходные данные, выбираем ГСП-2. Это самоходная подвесная сварочная головка предназначена для сварки проволокой 1,2-1,6 мм на токах до 500 А. Механизм перемещения головки обеспечивает скорость сварки 20-60 м/ч, а механизм подачи проволоки обеспечивает скорость подачи проволоки 150-700м/ч. В качестве источника питания применяем выпрямитель ВДГ-505.

НИИТМ для автоматической сварки продольных швов плавящимся электродом в среде CO_2 разработаны сварочные головки серии ГСП. В состав головки входит самоходная каретка, сварочная горелка типа ГПА, кронштейн с кассетой для проволоки, подвесная балка с направляющей зубчатой рейкой, механизм подачи проволоки, механизмы вертикального и поперечного перемещения горелки и распределительная коробка. В комплект головки входят также источник питания серии ВСП или ВДУ и блок автома-

тического регулирования сварки БАРС-4В. Схема подвесной самоходной головки ГСП-2 показана на рисунке 15.



1 - горелка; 2 - механизм вертикального перемещения горелки; 3 - механизм поперечного перемещения горелки; 4 - механизм подачи электродной проволоки; 5 - направляющая балка; распределительная коробка; 7 - кассета с электродной проволокой; 8 - кронштейн крепления; 9 - самоходная каретка; 10 - механизм перемещения каретки; 11 - ролики механизма перемещение каретки; 12 - зубчатая рейка; 13 - направляющая механизма перемещения каретки

Рисунок 15 - Схема подвесной самоходной сварочной головки ГСП-2

Технические характеристики выпрямителей ВДУ-506 и ВДГ-505 приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики выпрямителей ВДУ-506 и ВДГ-505[8]

Тип	Номинальный ток	Максимальное напряжение холостого хода, В	Предел регулирования		КПД, %
			Ток, А	Напряжение, В	
ВДУ-506	500	82	50-500	18-50	72
ВДГ-505	500	60	665-500	516-40	990

Источник питания

Для сварки в среде углекислого газа используем универсальный выпрямитель ВДУ-506. Универсальные выпрямители применяют при ручной и

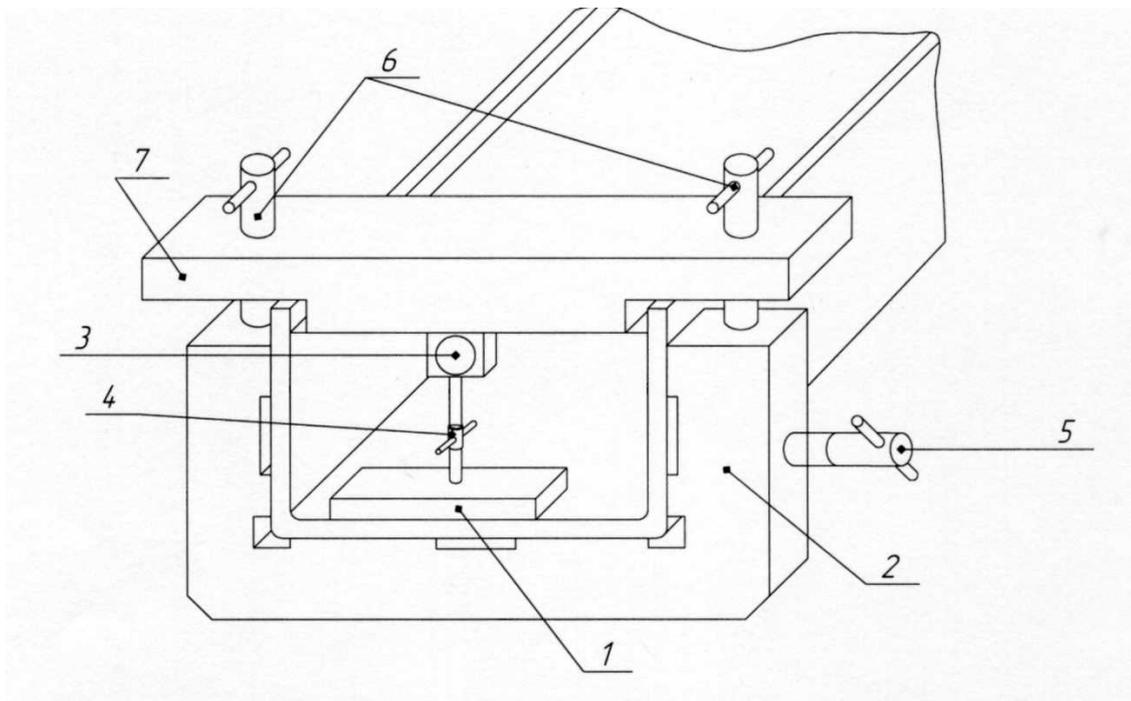
автоматической сварке, сварке под флюсом и в защитных газах. Области применения этих выпрямителей обеспечиваются их внешними характеристиками, которые могут быть как падающими, так и жёсткими. Источники питания серии ВДУ, обеспечивают плавное регулирование выходных тока и напряжения, стабилизацию напряжения при изменениях напряжения сети [7].

Основой выпрямителя является понижающий трансформатор Т1, имеющий одну первичную W1 и две вторичные W2 обмотки, соединённые в две обратные «звезды» через уравнивательный реактор $L_{ур}$. Обмотки выполнены алюминиевым проводом АСПД. Фазы первичной обмотки в зависимости от требуемого режима соединяются с помощью пакетного переключателя либо «треугольником» либо «звездой». Соединение «треугольником» производят при работе с падающей ВАХ или для первой ступени регулирования при работе с жёсткой ВАХ. Соединение «звездой» применяют при жёсткой форме ВАХ для второй ступени регулирования.

Выпрямительный блок собран по шестифазной схеме на тиристорах Т-160. Тиристоры последовательно соединены с фазами вторичных обмоток трансформатора Т1. Катоды тиристоров соединены вместе и образуют положительный полюс выпрямителя. Отрицательный полюс - средняя точка уравнивательного реактора А.

В цепь выпрямительного тока встроены линейный дроссель Др1 для сглаживания пульсаций тока и уменьшения разбрызгивания. У дросселя имеются два вывода 1 и 2. Первый вывод соответствует большей индуктивности и его используют при работе с ВАХ падающей формы и в первом диапазоне жёстких ВАХ; второй - во втором диапазоне жёстких ВАХ.

На рисунке 16 изображена принципиальная электрическая схема.



1 - стойка; 2 - стяжка; 3 - штанга; 4, 6 - гайки; 5 - винт; 7 - шаблон
 Рисунок 17 - Приспособление для сборки корпуса под прихватку

Порядок сборки элементов корпуса в приспособлении следующий:

- устанавливаем короб в стяжки 2 и вращением винтов 5 с небольшим усилием закрепляем короб в стяжках.
- устанавливаем стойки 1 вместе с штангой 3 так, чтобы упорная пластина стойки упиралась в торец короба как показано на рисунок 1.
- на опорные пластины штанги укладываем лист.
- сверху устанавливаем шаблон 7 и вращением гаек 6 прижимаем его к верхним кромкам короба.
- вращая гайку 4 в правую сторону, прижимаем лист к шаблону. Сборочный узел готов к прихватке. Снятие приспособления ведем в обратном порядке.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

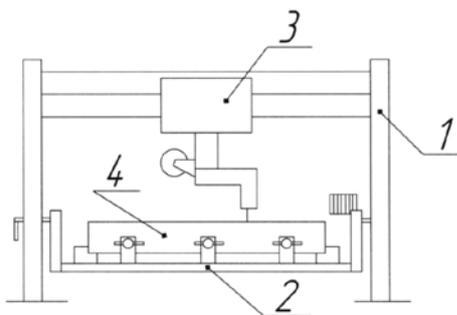
1.3.3 Описание конструкции стенда для сварки корпуса

Для сварки угловых продольных швов корпуса необходимо разработать стенд для сварки корпуса, который совместно со сварочной головкой ГСП-2 будет представлять собой сварочную установку.

Стенд должен обеспечить надежное закрепление сборочного узла, поворот его на 45° в одну и другую сторону, стопорение сборочного узла в положении под сварку в лодочку, а также должен обеспечивать, подвес и заданное направление сварочной головки.

Исходными данными для проектирования стенда являются размеры изделия, размеры и особенности установки на направляющие сварочной головки, а также учитываем заданное технологией положение сборочного узла при сварке.

Общий вид сварочной установки представлен на рисунке 18



1 - порталная конструкция; 2 - кантователь; 3 - сварочная головка; 4 - изделие

Рисунок 18 - Сварочная установка

Основой сварочной установки является порталная конструкция 1, которая состоит из двух колонн и балки, закрепленной на них. На балке закреплены направляющие, по которым перемещаются опорные ролики сварочной головки 3. Также на балке крепится зубчатая рейка, в зацепление с которой входит зубчатое ведущее колесо сварочной головки, обеспечивающее перемещение сварочной головки вдоль соединения. Фиксацию изделия 4 и его поворот обеспечивает кантователь 2, представляющий собой рамную кон-

Основными крепежными приспособлениями являются: приспособление для крепления верхней проушины, расположенное на стойке 4; приспособление для фиксации нижней проушины, расположенное на стойке 5; приспособление для фиксации щек, расположенное на стойках 7; тиски станочные для крепления корпуса, расположенные на стойках 8, 10; приспособление для фиксации втулки, кронштейна и накладки, расположенное на стойках 14, 15. Процесс установки корпуса и накладных деталей в стенд - кантователь осуществляется в соответствии с последовательностью, установленной технологией.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

2 Экономический раздел

В дипломном проекте рассматривается сборка и сварка корпуса стрелы из стали марки 09Г2С. В данном разделе рассчитывается себестоимость изготовления отдельно взятой операции по внедрению автоматической сварки в защитном газе, вместо ручной дуговой сварки.

По базовому варианту работа выполнялась ручной дуговой сваркой. По проектируемой технологии ручная дуговая сварка заменяется на автоматическую сварку в защитном газе. Это приведёт к снижению затрат на сварочные материалы, повысится качество сварных соединений, и значительно увеличится производительность за счет внедрения новой технологии и нового оборудования.

Базовый вариант:

- ВДУ 506 – 33728 руб. за шт.;
- сварочные электроды LB-52, стоимость – 75 руб./кг;

Проектируемый вариант:

- сварочный автомат АДГО-510 с источником питания ВДУ 506С;
- сварочная проволока – Св-08Г2С, Ø 1,6 мм;

Стоимость основных и расходных материалов:

1. сварочная проволока для автомата и автомата Св-08Г2С – 72,3 руб./кг;
2. защитный газ – 16 руб./л;
3. электроэнергия – 3,30 руб./кВт.ч

Стоимость оборудования:

Автомат АДГО-510 с ВДУ-506 - 92440 руб. за комплект;

Материал: сталь 09Г2С – 72,3 руб./ кг;

Длина шва: 8,4 м;

Толщина: 8×10;

Количество изделий – 1 шт;

Работа – средней сложности;

										Лист
										74
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.612 ПЗ					

Положение шва – нижнее;

Условия выполнения работы – стационарные;

Серийность – мелкосерийное (100 шт в год)

Тип шва – тавровое (Т1); нахлесточное (Н1)

2.1 Определение технических норм времени на сборку и сварку

Общее время на выполнение сварочной операции $T_{шт}$, час, для базового варианта составляет 2,9 часа. Для предлагаемого варианта $T_{шт}$ неизвестно, найдем его путем расчета. $T_{шт}$ состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

$$T_{шт} = t_0 + t_{пз} + t_B + t_{обс} + t_{п}, \quad (2.1)$$

где $T_{св}$ – общее время на выполнение сварочной операции, час;

$t_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, час;

t_0 – основное время, час;

t_B – вспомогательное время, час;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, час;

$t_{п}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, час;

$$T_{шт} = 0,57 + 0,057 + 0,84 + 0,0456 + 0,039 = 1,55 \text{ час.}$$

Основное время – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{M_{\Sigma нм}}{\alpha_n \cdot I_{св}} \quad (2.2)$$

$$t_0 = \frac{4586,4}{14,2 \cdot 260} = 0,57 \text{ час.}$$

						ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			75

где t_0 – основное время, час;

α_H – коэффициент наплавки, $\alpha_H = 14,2$

I_{CB} – ток сварки, А. $I_{CB} = 260$ А;

$M_{\Sigma HM}$ – масса наплавленного металла, г;

$$M_{\Sigma HM} = F_H \cdot L_{\Sigma ШВ} \cdot \gamma \quad (2.3)$$

где $M_{\Sigma HM}$ – масса наплавленного металла, г;

ΣF_H – сумма площадей наплавленного металла всех швов, $см^2$;

γ – плотность металла, $г/см^3$;

$L_{\Sigma ШВ}$ – сумма длин всех швов, см.

$$M_{\Sigma HM} = 0,7 \cdot 8,4 \cdot 7,8 = 4586,4 \text{ г}$$

Рассчитанное основное время сварки может быть проверено по формуле:

$$t_0 = \frac{\Sigma L_{\Sigma ШВ}}{V_{CB}} \quad (2.4)$$

где t_0 – основное время, час;

$L_{\Sigma ШВ}$ – сумма длин всех швов, см. $\Sigma L_{\Sigma ШВ} = 8,4$ м;

V_{CB} – скорость сварки шва, см/час. $V_{CB} = 14,5$ м/ч.

$$t_0 = \frac{8,4}{14,5} = 0,57 \text{ час.}$$

Подготовительно-заключительное время включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. При

его определении общий норматив времени $t_{ПЗ}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену. Примем:

$$t_{ПЗ} = 10\% \text{ от } t_0.$$

$$t_{ПЗ} = 0,057 \text{ час.}$$

Вспомогательное время включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволоки $t_{\text{Э}}$, осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{КР}$, очистку швов от шлака и брызг $t_{БР}$, клеймение швов $t_{КЛ}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{ИЗД}$:

$$t_B = t_{\text{Э}} + t_{КР} + t_{БР} + t_{ИЗД} + t_{КЛ} \quad (2.5)$$

где t_B – вспомогательное время, мин;

$t_{\text{Э}}$ – время на заправку кассеты с электродной проволоки, мин;

$t_{КР}$ – время на осмотр и очистку свариваемых кромок, мин;

$t_{БР}$ – время на очистку швов от шлака и брызг, мин;

$t_{КЛ}$ – время на клеймение швов, мин;

$t_{ИЗД}$ – время на установку и поворот изделия, его закрепление, мин.

$$t_B = 0,0845 + 0,252 + 0,252 + 0,071 + 0,18 = 0,84 \text{ час.}$$

При автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным

$$t_{\text{Э}} = 5 \text{ мин.}$$

Время зачистки кромок или шва вычисляют по формуле:

$$t_{КР} = L_{ШВ} (0,6 + 1,2 \cdot (n_C - 1)), \quad (2.6)$$

t_0 – основное время, час. $t_0 = 0,57$ час.

$$t_{OBC} = 0,08 \cdot 0,57 = 0,0456 \text{ час.}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении

$$t_{II} = 0,07 \cdot t_0 \quad (2.8)$$

$$t_{II} = 0,07 \cdot 0,57 = 0,039 \text{ час.}$$

$T_{шт} = 2,9$ час. (базовый вариант);

$T_{шт} = 1,55$ час. (проектируемый вариант);

2.2 Расчёт количества оборудования и его загрузки

Количество оборудования для базового варианта известно по данным техпроцесса и составляет 2 комплекта. Оборудование базового варианта используется только для изготовления стрелы. [26]

Требуемое количество оборудования для предлагаемого варианта (измененный технологический процесс) найдем путем расчета.

Определяем действительный фонд времени работы оборудования на измененный тех. процесс Φ_d , час., по формуле:

$$\Phi_d = (D_P \cdot t_{II} - D_{ПР} \cdot t_C) \cdot K_{ПО} \cdot K_C, \quad (2.9)$$

где Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$D_P = 253$ – число рабочих дней;

$D_{ПР} = 9$ – число предпраздничных дней;

t_{II} – продолжительность смены, час. $t_{II} = 8$ час.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

$t_C = 1$ – число часов, на которое сокращен рабочий день перед праздниками ($t_C = 1 \text{ час}$);

$K_{ПО} = 0,95$ – коэффициент, учитывающий простои оборудования в ремонте;

K_C – число смен. $K_C = 1$.

$$\Phi_D = (253 \cdot 8 - 9 \cdot 1) \cdot 0,95 \cdot 1 = 1914 \text{ час.}$$

Определяем общую трудоёмкость, программы T_O сварных конструкций по операциям техпроцесса:

$$T_O = T_{шт} \cdot N \quad (2.10)$$

где T_O – общая трудоёмкость, программы;

$T_{шт}$ – норма штучного времени сварной конструкции по операциям техпроцесса, мин;

N – годовая программа, шт. $N = 1000 \text{ шт.}$

$$T_O = 1,55 \cdot 1000 = 1550 \text{ час. (проектируемый вариант);}$$

Рассчитываем количество оборудования C_P по операциям техпроцесса:

$$C_P = \frac{T}{\Phi_D \cdot K_H} \quad \dots \quad (2.11)$$

где C_P – количество оборудования по операциям техпроцесса, шт;

T – трудоёмкость программы по операциям, час.;

Φ_D – действительный фонд времени работы оборудования, час.

$\Phi_D = 1914 \text{ час.};$

K_H – коэффициент выполнения норм ($K_H = 1,1 \dots 1,2$).

$$C_P = \frac{1550}{1914 \cdot 1,1} = 0,75; \text{ примем } C_P = 1.$$

По базовой технологии используется 2 источника питания для сварки.

По новой измененной технологии достаточно 1 источника питания и 1 установки для автоматической сварки в CO_2 .

Принятое количество оборудования, $C_{П}$, определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{П}} \dots \quad (2.12)$$

где K_3 – коэффициент загрузки оборудования;

C_P – количество оборудования по операциям техпроцесса, *шт*;

$C_{П}$ – принятое количество оборудования, *шт*.

$$K_3 = \frac{0,75}{1} = 0,75$$

Коэффициент загрузки оборудования принимаем равным 1, так как оборудование и техоснастка не используется на других работах этого предприятия.

Необходимо стремиться к тому, чтобы средний коэффициент загрузки оборудования был возможно ближе к единице. В серийном производстве величина его должна быть не менее 0,7...0,85, а в массово-поточном и крупно-

рудования. По базовой технологии работает 2 сварщика. По новой измененной технологии достаточно 1 сварщика.

При поточной организации производства число основных рабочих определяется по числу единиц оборудования с учетом его загрузки, возможного совмещения профессий и планируемых невыходов по уважительным причинам. Исходя из этого, определяем суммарное количество основных рабочих P_{OP}

2.4 Расчёт капитальных вложений в оборудование для выполнения годового объёма работ

Марка оборудования для автоматической сварки в защитном газе – сварочный автомат АДГО-510 с источником питания – выпрямитель ВДУ-506С

Для внедрения новой технологии необходимо приобрести или изготовить новое оборудование и техоснастку, так как их не имеется в наличие на производстве. Затраты на приобретение оборудования будут являться дополнительными затратами на внедрение новой технологии.

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объёма работ определяется по формуле:

$$K_{OB} = \sum K_{OБj} \cdot C_{II} , \text{руб.} \quad (2.15)$$

где $K_{OБj}$ – балансовая стоимость оборудования, руб;

C_{II} – принятое количество оборудования, шт. $C_{II} = 1$ шт.

Балансовая стоимость оборудования определяется:

$$K_{OB} = Ц_{OB} \cdot (1 + K_{TЗ}) , \text{руб.} \quad (2.16)$$

где C_{OB} – цена единицы оборудования, руб;

$K_{ТЗ}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты на монтаж, наладку и устройство фундамента в зависимости от цены на оборудование.

Базовый вариант:

$$K_{OBj} = 67456 \cdot (1 + 0,12) = 75550,7 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:

$$K_{OBj} = 92440 \cdot (1 + 0,12) = 110928 \text{ руб.}$$

Определяем капитальные вложения:

$$K_{OB} = 75550,7 \cdot 2 = 151101,4 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$K_{OB} = 110928 \cdot 1 = 110928 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 9

Таблица 9 – Цена и балансовая стоимость на оборудование

Параметр	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Цена единицы оборудования	67456	92440
Количество штук	2	1
Балансовая стоимость	1 109 280	1 511 014

Расчет количества наплавленного металла, расхода сварочных материалов, электроэнергии

Масса наплавленного металла $M_{\Sigma HM}$ (перевести в кг), определяется по формуле:

$$M_{HM} = F_H \cdot L_{ШВ} \cdot \gamma \quad (2.17)$$

где M_{HM} – масса наплавленного металла, г;
 F_H – площадь наплавленного металла всех швов, $см^2$;
 γ – плотность металла, $г/см^3$;
 $L_{ШВ}$ – сумма длин всех швов, $см$.

$$M_{HM} = 0,7 \cdot 8,4 \cdot 7,8 = 4,5 \text{ кг}$$

Необходимо расчетным путём определить расход электродов (для базового варианта), сварочной проволоки и защитного газа (для нового варианта) для изготовления одной операции и годовой программы. При определении расхода электродов учитывается вес наплавленного металла, а также все неизбежные потери металла в процессе сварки на угар и разбрызгивание, в виде электродного покрытия.

Расход электродов при ручной дуговой сварке(базовый вариант), $G_{ЭЛ}$ кг. определяется по формуле:

$$G_{ЭЛ} = \psi \cdot M_{HM} \quad (2.18)$$

где $G_{ЭЛ}$ – расход электродов при ручной дуговой сварке, кг;
 ψ – коэффициент расхода, учитывающий потери электродов на огарки, угар и разбрызгивание металла;
 $M_{\Sigma HM}$ – масса наплавленного металла. $M_{\Sigma HM} = 4,5 \text{ кг}$.

$$G_{ЭЛ} = 1,7 \cdot 4,5 = 7,65 \text{ кг}$$

Расход проволоки при автоматической сварке в CO₂ $G_{ПР}$ кг, определяется по формуле: [27].

$$G_{ПР} = M_{\Sigma НМ} \cdot (1 + \psi) \quad (2.19)$$

где $G_{ПР}$ – расход проволоки при автоматической сварке в CO₂, кг;

$M_{\Sigma НМ}$ – масса наплавленного металла, кг;

ψ – коэффициент потерь проволоки.

$$G_{ПР} = 4,5 \cdot (1 + 1,15) = 9,675 \text{ кг.}$$

Таблица 10 – Коэффициент расхода ψ при различных способах сварки

Способы сварки	ψ
Ручная дуговая сварка электродами марок:	
ВСЦ-3, ОЗЛ-4, КУ-2	1,4
АН-1, ОМА-11, АНО-1	1,5
УОНИ-13/45, ВСП-1, МР-1, АМО-5, ОЗС-3, АНО-3, ОЗС-6, УП-1/5	1,6
МР-3, НИАТ-6, ЗИО-7, АНО-4, ОЗС-4, К-5А, УОНИ-13/55	1,7
ОММ-5, СМ-5, ВСЦ-2, ЦЛ-11	1,8
УТ-15, ЦТ-17	1,9
ОЗА-1, ОЗА-2	2,3
Автоматическая сварка под флюсом и электрошлаковая	1,02
Автоматическая сварка под флюсом	1,03
Сварка неплавящимся электродом в инертных газах с присадкой:	
- ручная	1,1
- автоматическая	1,02
Автоматическая и автоматическая сварка плавящимся электродом в инертных газах и в смеси инертных и активных газов	1,05
Автоматическая и автоматическая сварка в углекислом газе и автоматическая сварка в смесях газов 50% (Ar+CO ₂)	1,15

Расход углекислого газа определяется по формуле:

$$G_{CO_2} = Q_G \cdot L_{ШВ} + Q_{Доп}, \text{ л} \quad (2.20)$$

где G_{CO_2} – расход углекислого газа, кг.;

Q_G – удельная норма расхода газа на 1 м шва;

$L_{ШВ}$ – длина шва, м;

$Q_{ДОП}$ – дополнительный расход газа на подготовительно-заключительные операции. $Q_{ДОП} = 0,7$ кг.;

$$G_{CO_2} = 48,84 \cdot 8,4 + 0,7 = 411 \text{ кг.}$$

Удельная норма расхода газа определяем по формуле:

$$Q_G = q_{3Г} \cdot t_0 \quad (2.21)$$

где $q_{3Г}$ – оптимальный расход газа, л/мин;

t_0 – время сварки одного метра шва, мин;

$$Q_G = 12 \cdot 4,07 = 48,84$$

2.5 Расчет материальных затрат

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты ($MЗ$, руб.) рассчитываются по формуле

$$MЗ = C_{О.М} + C_{В.М} + C_{ЭН} \quad (2.22)$$

где $MЗ$ – материальные затраты, руб.;

$C_{О.М}$ – стоимость основных материалов, руб.;

$C_{В.М}$ – стоимость вспомогательных материалов, руб.;

$C_{ЭН}$ – стоимость энергоресурсов, руб.;

$MЗ = 8417$ руб. (базовый вариант)

$MЗ = 7557,17$ руб. (проектируемый вариант)

К основным относятся материалы, из которых изготавливаются конструкции, а при процессах сварки также и сварочные материалы: электроды, проволока, присадочный материал. Стоимость основных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов ($C_{O.M}$, руб.) рассчитывается по формуле

Затраты на сырье, сталь 09Г2С

Затраты на сырье составляет 6267 руб., как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет затрат на сварочную проволоку (проектируемый вариант)

$$C_{ПР} = M_{НМ} \cdot K_{Э} \cdot Ц \cdot K_{ТР}, \text{ руб.} \quad (2.23)$$

где $M_{НМ}$ – масса наплавленного металла, кг. $M_{НМ} = 4,5$ кг;

$K_{Э} = 1,3$ коэффициент расхода электродного металла;

$Ц = 72,3$ руб/кг – оптовая цена 1 кг сварочной проволоки;

$K_{ТР}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{ПР} = 4,5 \cdot 1,3 \cdot 72,3 \cdot 1,05 = 444,1 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на электроды (базовый вариант)

$$C_{ПР} = M_{НМ} \cdot K_{Э} \cdot Ц \cdot K_{ТР}, \text{ руб} \quad (2.24)$$

где $M_{НМ}$ – масса наплавленного металла, кг. $M_{НМ} = 4,5$ кг;

$K_{\text{э}} = 1,3$ коэффициент расхода электродного металла;

$\text{Ц} = 75$ руб/кг – оптовая цена 1 кг электродов LB-52.

$K_{\text{ТР}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{\text{ПР}} = 4,5 \cdot 1,3 \cdot 75 \cdot 1,07 = 532 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

К числу вспомогательных сварочных материалов относятся флюс, кислород, защитные и горючие газы. Стоимость вспомогательных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов ($C_{\text{В.М.}}$, руб.)

Расчет затрат на газ (проектируемый вариант)

$$C_{\text{ВМ(Г)}} = t \cdot V_{\text{СВ}} \cdot k_{\text{Р}} \cdot \text{Ц}_{\text{ВМ(Г)}} \cdot K_{\text{Т}} \quad (2.25)$$

где: t – время сварки, час. $t = 0,57$ час.;

$q_{\text{ЗГ}}$ – скорость подачи защитного газа, л/мин.; $q_{\text{ЗГ}} = 12$ л/мин.;

$k_{\text{Р}}$ – коэффициент расхода газа; $k_{\text{Р}} = 1,1$;

$\text{Ц}_{\text{ВМ(Г)}}$ – цена газа, руб.; $\text{Ц}_{\text{ВМ(Г)}} = 0,16$ руб./л.;

$K_{\text{ТР}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{\text{ВМ(Г)}} = 0,57 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 0,16 \cdot 1,05 = 1,27 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Статья «Топливо и энергия на технологические цели» ($C_{\text{ЭН}}$, руб.) включает затраты на все виды топлива и энергии, которые расходуются в процессе производства данной продукции (силовая энергия) [27]

Затраты на электроэнергию на операцию

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

$$C_{ЭН} = \alpha_{Э} \cdot W \cdot Ц_{Э}, \text{ руб.} \quad (2.26)$$

где $\alpha_{Э}$ – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, $кВт \cdot ч/кг$.

W – расход электроэнергии, $кВт \cdot ч$;

$Ц_{Э}$ – цена за 1 $кВт \cdot ч$; $Ц_{Э} = 3,30 \text{ кВт} \cdot ч$.

$C_{ЭН} = 1618 \text{ руб.}$ (базовый вариант);

$C_{ЭН} = 8 \cdot 32 \cdot 3,30 = 844,8 \text{ руб.}$ (проектируемый вариант);

2.6 Расчет заработной платы производственных рабочих

Этот раздел предусматривает расчет основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих, отчислений и налога от нее, которые включаются в себестоимость. Расчет выполним для обоих вариантов.

Расходы на оплату труда рассчитываются по формуле

$$ЗП = ЗП_О + ЗП_Д, \quad (2.27)$$

где $ЗП$ – расходы на оплату труда, $руб.$;

$ЗП_О$ – основная заработная плата, $руб.$;

$ЗП_Д$ – дополнительная заработная плата, $руб.$

$$ЗП = 660,3 + 747 = 1271,6 \text{ руб.} \text{ (базовый вариант);}$$

$$ЗП = 413 + 466,6 = 879,6 \text{ руб.} \text{ (проектируемый вариант);}$$

Статья «основная заработная плата производственных рабочих» включает зарплату основных рабочих, занятых непосредственно изготовлением изделий, на основании трудоемкости работ.

Основная заработная плата определяется по формуле

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

$$ЗПО = P_{CD} \cdot K_{ПР} \cdot K_{СС} + Д_{ВР}, \quad (2.28)$$

где $ЗПО$ – основная заработная плата, руб.;

P_{CD} – суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

$K_{ПР}$ – коэффициент премирования, (данные предприятия) $K_{ПР} = 1,5$;

$Д_{ВР}$ – доплата за вредные условия труда, руб.

$K_{СС}$ – коэффициент учитывающий отчисления на ЕСН. $K_{СС} = 1,26$.

$$ЗПО = 348 \cdot 1,5 \cdot 1,26 + 2,6 = 660,3 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$ЗПО = 217 \cdot 1,5 \cdot 1,26 + 3,03 = 413 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия определяется

$$P_{CD} = \frac{T_{СТ} \cdot T_{ШТ}}{60}$$

$$(2.29)$$

где P_{CD} – суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

$T_{СТ}$ – часовая тарифная ставка по разряду выполняемых работ с учетом повышающего коэффициента, руб.;

$T_{ШТ}$ – штучное время обработки изделия по операциям техпроцесса, мин.

Наименование операции по базовому техпроцесса 4-го разряда – $T_{СТ}$ четвертого разряда = 120 руб.

Норма штучного времени $T_{ШТ} = 174 \text{ мин}$

$T_{СТ}$ пятого разряда = 140 руб.

Норма штучного времени $T_{ШТ} = 93 \text{ мин}$.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

$$P_{CD} = \frac{120 \cdot 174}{60} = 348 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{CD} = \frac{140 \cdot 93}{60} = 217 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Доплата за вредные условия труда рассчитываются по формуле

$$D_{BP} = \frac{T_{CT} \cdot T_{BP} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (2.30)$$

где D_{BP} – доплата за вредные условия труда, руб.

T_{CT} – тарифная месячная ставка, руб.

T_{BP} – время работы во вредных условиях труда, мин.

Коэффициент в пределах (0.10...0.31).

$$D_{BP} = \frac{120 \cdot 420 \cdot 0,31}{100 \cdot 60} = 2,6 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$D_{BP} = \frac{140 \cdot 420 \cdot 0,31}{100 \cdot 60} = 3,03 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Статья «Дополнительная заработная плата производственных рабочих», отражает выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное в производстве время (оплата отпускных, компенсаций, оплата льготных часов подросткам, кормящим матерям). Размер выплат предусмотрен обычно в пределах 10% от основной зарплаты

$$ЗП_{Д} = K_{Д} \cdot ЗП_{О} \quad (2.31)$$

где $ЗП_{Д}$ – выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное на производстве время, руб.;

$ЗП_{О}$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_{Д}$ – коэффициент дополнительной заработной платы. $K_{Д} = 1,13$;

K_{CC} – коэффициент учитывающий отчисления на ЕСН. $K_{CC} = 1,26$.

$$ЗП_{Д} = 1,13 \cdot 660,3 = 747 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$ЗП_{Д} = 1,13 \cdot 413 = 466,6 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Отчисления на государственное социальное страхование (O_{CC} , руб.) в Фонд социальной защиты населения рассчитываются по формуле

$$O_{CC} = \frac{K_{СТР} \cdot ЗП}{100} \quad (2.32)$$

где O_{CC} – отчисления на государственное социальное страхование, руб.;

$ЗП$ – заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_{СТР}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования, в пенсионный фонд. $K_{СТР} = 5,4\%$.

$$O_{CC} = \frac{0,054 \cdot 1271,6}{100} = 0,68 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$O_{CC} = \frac{0,054 \cdot 879,6}{100} = 0,47 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Отчисления в государственный фонд занятости ($O_{ФЗ}$, руб.) рассчитываются по формуле

$$O_{ФЗ} = \frac{K_{ФЗ} \cdot ЗП}{100} \quad (2.33)$$

где $O_{ФЗ}$ – отчисления в государственный фонд занятости, руб.;

$ЗП$ – заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_{ФЗ}$ – норматив отчислений в государственный фонд занятости.

$$K_{ФЗ} = 1,5 \%$$

$$O_{\Phi 3} = \frac{0,015 \cdot 1271,6}{100} = 0,2 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$O_{\Phi 3} = \frac{0,015 \cdot 879,6}{100} = 0,13 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Отчисления в государственный пенсионный фонд ($O_{ПФ}$, руб.) рассчитываются по формуле

$$O_{ПФ} = \frac{K_{ПФ} \cdot ЗП}{100} \quad (2.34)$$

где $O_{ПФ}$ – отчисления в государственный фонд занятости, руб.;

$ЗП$ – заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_{ПФ}$ – норматив отчислений в государственный пенсионный фонд.

$K_{ПФ} = 28 \%$.

$$O_{ПФ} = \frac{0,28 \cdot 1271,6}{100} = 3,5 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$O_{ПФ} = \frac{0,28 \cdot 879,6}{100} = 2,4 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Отчисления на медицинское страхование ($O_{МС}$, руб.) рассчитываются по формуле

$$O_{МС} = \frac{K_{МС} \cdot ЗП}{100} \quad (2.35)$$

где $O_{МС}$ – отчисления в государственный фонд занятости, руб.;

$ЗП$ – заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_{МС}$ – норматив отчислений на медицинское страхование. $K_{МС} = 3,6 \%$.

$$O_{MC} = \frac{0,036 \cdot 1271,6}{100} = 0,45 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$O_{MC} = \frac{0,036 \cdot 879,6}{100} = 0,31 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Затраты на амортизацию оборудования

Затраты на амортизацию, приходящиеся на одно изделие рассчитаем по формуле

$$C_A = \frac{K_{OB} \cdot H_A \cdot T_O \cdot n_O}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \cdot K_O, \text{ руб.} \quad (2.36)$$

где K_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования, руб;

H_A – норма годовых амортизационных отчислений, %;

Источник питания базовый вариант $H_A = 11\%$;

Установка втоматической сварки $H_A = 14\%$;

Φ_D – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час. $\Phi_D = 1914 \text{ час.}$

K_O – коэффициент загрузки оборудования. $K_O = 1$

n_O – количество оборудования;

K_B – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени. $K_B = 1,1.$

$$C_A = 1 \cdot (151101,4 \cdot 11 \cdot 2,9 \cdot 2) / (100 \cdot 1914 \cdot 1,1) = 45,79 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_A = 1 \cdot (110928 \cdot 14 \cdot 1,55 \cdot 1) / (100 \cdot 1914 \cdot 1,1) = 11,43 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования

хов, вспомогательных рабочих; амортизация; расходы на ремонт основных средств; охрану труда работников; на содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др. Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле.

$$P_{ПР} = \frac{\% P_{ПР} \cdot ЗП}{100} \quad (2.39)$$

где $P_{ПР}$ – расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих; амортизация; расходы на ремонт основных средств; охрану труда работников; на содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др., руб.;

$ЗП$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{ПР}$ – процент общепроизводственных расходов, $\%P_{ПР} = 3\%$.

$$P_{ПР} = \frac{3 \cdot 1271,6}{100} = 38 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{ПР} = \frac{3 \cdot 879,6}{100} = 26 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

В статью «Общехозяйственные расходы» ($P_{ХОЗ}$, руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний. Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле:

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

$$P_{ХОЗ} = \frac{\% P_{ХОЗ} \cdot ЗП}{100} \quad (2.40)$$

где $P_{ХОЗ}$ – расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний, руб.;

$ЗП$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{ХОЗ}$ – процент общехозяйственных расходов, %.

$$P_{ХОЗ} = \frac{2,5 \cdot 1271,6}{100} = 31 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{ХОЗ} = \frac{2,5 \cdot 879,6}{100} = 21 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Подставив рассчитанные значения в формулу (58) найдем производственную себестоимость.

$$C_{ПР} = 11454,93 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_{ПР} = 9607,79 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Полная себестоимость ($C_{ПОЛ}$, руб.) включает затраты на производство и реализацию продукции и рассчитывается по формуле

$$C_{ПОЛ} = C_{ПР} + P_{ВН} + O_{ИН.Ф} \quad (2.41)$$

где $C_{ПОЛ}$ – полная себестоимость, руб.;

$P_{ВН}$ – внепроизводственные расходы, руб.;

$O_{ИН.Ф}$ – отчисления в инновационный фонд, руб.

В статью «Внепроизводственные расходы» ($P_{ВН}$, руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле

$$P_{ВН} = \frac{\% P_{ВН} \cdot C_{ПР}}{100} \quad (2.42)$$

где $P_{ВН}$ – расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках, руб.;

$C_{ПР}$ – производственная себестоимость, руб.;

$\% P_{ВН}$ – процент внепроизводственных расходов; $\% P_{ВН} = 0,1\%$.

$$P_{ВН} = 0,1 \cdot 11454,93 / 100 = 11,45 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{ВН} = 0,1 \cdot 9607,79 / 100 = 9,61 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Отчисления в инновационный фонд ($O_{ИН.Ф}$, руб.) рассчитываются по формуле

$$O_{ИН.Ф} = \frac{h_{ИН.Ф} \cdot (C_{ПР} + P_{ВН})}{100} \quad (2.43)$$

где $O_{ИН.Ф}$ – отчисления в инновационный фонд, руб.;

$h_{ИН.Ф}$ – ставка отчислений в инновационный фонд, действующий на момент выполнения ДП, %;

$C_{ПР}$ – производственная себестоимость, руб.;

$P_{ВН}$ – расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках, руб.

$$O_{ИН.Ф} = 0,25 \cdot (11454,93 + 11,45) / 100 = 28,67 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$O_{ИН.Ф} = 0,25 \cdot (9607,79 + 9,61) / 100 = 24,04 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Подставив значения формул и найдем значение полной себестоимости изготовления детали.

$$C_{ПОЛ} = 11454,93 + 11,45 + 28,67 = 11495,05 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_{ПОЛ} = 9607,79 + 9,61 + 24,04 = 9641,44 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 11

Таблица 11 – Калькуляция себестоимости изготовления 1 изделия по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Сумма, руб.	
	базовый вариант	проектируемый
1	2	3
1. Материальные затраты:		
– затрат на сырье;	6267	6267
– затрат на сварочную проволоку;	-	444,1
– затрат на электроды;	532	-
– затрат на газ;	-	1,27
– затраты на электроэнергию на операцию;	1618	844,8
Итого	8417	7557,17
2. Основная заработная плата производственных рабочих	660,3	413
3. Дополнительная заработная плата производственных рабочих	747	466,6
Итого затраты на заработную плату основных рабочих	1407,3	879,6

4. Отчисления в Фонд социального страхования населения	0,68	0,47
5. Отчисления в государственный фонд занятости	0,2	0,13
6. Отчисления в государственный пенсионный фонд	3,5	2,4
7. Отчисления на медицинское страхование	0,45	0,31
8. Общепроизводственные расходы	38	26
9. Общехозяйственные расходы	31	21
10. Затраты на амортизацию	45,79	11,43

Окончание таблицы 11

1	2	3
11. Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования	1511,01	1109,28
Итого производственная себестоимость	11454,93	9607,79
10 Внепроизводственные расходы	11,45	9,61
11 Отчисления в инновационный фонд	28,67	24,04
Всего полная себестоимость	11495,05	9641,44

Расчет материалоемкости

Материалоемкость (M_E , руб/руб.) рассчитывается по формуле

$$M_E = \frac{MЗ}{C_{пол}} \quad (2.44)$$

где M_E – материалоемкость, руб/руб.;

$MЗ$ – материальные затраты, руб.;

$C_{пол}$ – полная себестоимость, руб.

$$M_E = 8417/11495,05 = 0,73 \text{ (базовый вариант);}$$

$$M_E = 7557,17/9641,44 = 0,78 \text{ (проектируемый вариант);}$$

Расчет экономического эффекта

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10
						1

Экономический эффект от применения нового технологического процесса, механизации и автоматизации обеспечивающих экономию производственных ресурсов при выпуске одной и той же продукции, определяется по формуле:

$$\Delta_{\Gamma} = (C_{\text{ПОЛ(ПРОЕКТ.)}} \cdot N + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ОБ(ПРОЕКТ.)}}) - (C_{\text{ПОЛ(БАЗ.)}} \cdot N + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ОБ(БАЗ.)}}) \quad (2.45)$$

где $C_{\text{ПОЛ(БАЗ.)}}$; $C_{\text{ПОЛ(ПРОЕКТ.)}}$ – полная себестоимость изготовления узла по базовой и проектируемой технологии, руб. указана в таблице;

$K_{\text{ОБ(БАЗ.)}}$; $K_{\text{ОБ(ПРОЕКТ.)}}$ – капитальные вложения по базовой и проектируемой технике рассчитанные на годовой объем продукции, производимой с помощью новой техники, руб.

$K_{\text{ОБ}} = 151101,4$ руб. (базовый вариант);

$K_{\text{ОБ}} = 110928$ руб. (проектируемый вариант);

$E_{\text{Н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений. $E_{\text{Н}} = 0,2$;

N – годовая программа выпуска изделий, $N = 100$ шт.

$$\begin{aligned} \Delta_{\Gamma} &= ((9641,44 \cdot 100 + 0,2 \cdot 110928) - (11495,05 \cdot 100 + 0,2 \cdot 151101,4)) = \\ &= (964144 + 22185,6) - (1149505 + 30220,28) = 986329,6 - 1179725,28 = \\ &= 585361,48 \text{ руб.} \end{aligned}$$

В первый год экономический эффект при замене ручной дуговой сварки на автоматическую сварку в CO_2 составит 193395,68 рублей.

Чистый приток от операций рассчитывается по формуле:

$$\Pi = \Delta_{\Gamma} - 0,20 \times \Delta_{\Gamma} + C_{\text{А}} \cdot N \quad (2.26)$$

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10
						2

где $0,20 \times \mathcal{E}_T$ - отчисления от прибыли в бюджет 20 %, C_A - амортизация нового оборудования.

$$\Pi = 193395,68 - 38679,14 + 11,43 \cdot 100 = 1535735,4 \text{ руб.}$$

Расчёт срока окупаемости капиталовложений

$$T_{ок} = K/\Pi \quad (2.27)$$

где $T_{ок}$ - срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, год,
 K - дополнительные капиталовложения.

$$T_{ок} = 1535735 / 585361 = 2,62 \text{ года}$$

Принимая годовую норму дисконта равной 12% скорректируем срок окупаемости капитальных вложений с учетом дисконта:

$$T_{ок} = 2,62 \times 1,12 = 2,93 \text{ года}$$

Таблица 12 – Техничко-экономические показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Величина показателя		Изменения показателя по сравнению с базовым вариантом увеличение (+); уменьшение (-)
		Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5
1. Годовой выпуск продукции	Шт.	100	100	-
2. Численность рабочих	Чел.	2	1	-1
3. Количество оборудования	Шт.	2	1	-1
5. Трудоемкость годового объема продукции	Норм-ч	2900	1550	-1350
6. Материалоемкость годового объема продукции	Т.	0,73	0,78	+0,05
7. Капитальные вложения в оборудование	руб.	1109280	1511014	+ 401734

8. Полная себестоимость годового выпуска	руб.	1 649 505	964 111	-675 394
9. Экономический эффект	руб.	585361		
10 Срок окупаемости	год	2,93		

Проект экономически целесообразен: срок окупаемости капитальных вложений - 2,93 года.

3 Методический раздел

В технологической части дипломного проекта разработана технология сварки стрелы инженерной машины. В процессе разработки предложена замена полуавтоматической сварки на автоматическую электродуговую сварку в среде защитных газов. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сварочного оборудования на более современное. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик ручной сварки» (4-го разряда), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. *Профессиональный стандарт* является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10
						4

В таблице приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик ручной дуговой сварки» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 13 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

<i>Характеристики</i>	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Трудовая функция</i>	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками.	Выполнение полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов

Трудовые действия:	<p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций (возможностей) сварочного оборудования.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сваренных частично механизированной сваркой (наплавкой) сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке</p> <p>Исправление дефектов частично механизированной сваркой (наплавкой).</p>	<p>Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты. Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке.</p> <p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования.</p> <p>Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Выполнение полностью механизированной или автоматической сварки плавлением.</p> <p>Извлечение сварной конструкции из сборочных приспособлений и технологической оснастки. Контроль с применением измерительного</p>
--------------------	---	---

Продолжение таблицы 13

1	2	3
		инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправление дефектов сварных соединений, обнаруженных в результате контроля. Контроль исправления дефектов сварных соединений.
Необходимые умения:	Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично	Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку.

	<p>механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением во всех пространственных положениях сварного шва сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции.</p> <p>Исправлять дефекты частично механизированной сваркой (наплавкой).</p>	<p>Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку. Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов. Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения.</p> <p>Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Исправлять выявленные дефекты сварных соединений</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 13

1	2	3
---	---	---

<p>Необходимые знания:</p>	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением. Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.</p> <p>Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых частично механизированной сваркой (наплавки) плавлением.</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва.</p> <p>Методы контроля и испытаний ответственных сварных конструкций.</p> <p>Порядок исправления дефектов сварных швов.</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением, и обозначение их на чертежах. Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов. Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением. Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к сборке конструкции под сварку. Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения. Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.</p>
----------------------------	--	--

Окончание таблицы 13

1	2	3
---	---	---

разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

Необходимые знания:

- Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением, и обозначение их на чертежах.
- Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.
- Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением.
- Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением. Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением.
- Требования к сборке конструкции под сварку
- Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением.
- Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения.
- Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

Необходимые умения:

- Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку.

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11
						1

- Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку.
- Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов.
- Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения.
- Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.
- Исправлять выявленные дефекты сварных соединений.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при пере-

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11
						2

подготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», который представлен в таблице 14. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 14 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» 5-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	Теоретическое обучение	58
1.1	Основы рыночной экономики и предпринимательства	8
1.2	Материаловедение	6
1.3	Электротехника	6
1.4.	Чтение чертежей	6
1.5.	Специальная технология	32
2	Производственное обучение на предприятии	92
2.1	Вводное занятие	4
2.2	Подготовка металла к сварке	6
2.3	Упражнения в пользовании источников питания	8
2.4	Упражнения в работе на сварочных автоматах	12
2.5	Сборка изделий под автоматическую сварку	12
2.6	Самостоятельное выполнение сварочных работ	12
	Квалификационная (пробная) работа	6
	Итого:	150

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

затраты времени		ательность
1	2	3
<p>Организационная часть 3 мин.</p> <p>Сообщение темы и цели занятия 3 мин</p>	<p>Здравствуйте!</p> <p>Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки». Тема занятия: «Сварочные выпрямители. Классификация выпрямителей. Сварочный выпрямитель ВДМ-1203/380 BRIMA</p> <p>Цель сегодняшнего занятия: изучить сварочные выпрямители на примере сварочного выпрямителя ВДМ-1203/380 BRIMA, познакомиться с их классификацией.</p> <p>Достижение данной цели поможет вам в производственной практике, когда вы самостоятельно будете выполнять производственные задания.</p>	<p>Приветствую обучающихся, проверяю отсутствующих, смотрю готовность к уроку. Объясняю, для чего мы изучаем данную тему. Сообщаю тему занятия и обучающую цель. Прошу тему занятия записать в тетради.</p>
<p>Актуализация опорных знаний 10 мин</p>	<p>Для того, чтобы перейти к изучению новой темы нам необходимо проверить как вы усвоили предыдущий материал и поэтому я прошу Вас ответить на следующие вопросы:</p> <p>1) Что называют трансформатором? Ответ: Трансформатором называют - электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты.</p> <p>2) Простейший трансформатор состоит: Ответ: Магнитопровода, первичной и вторичной обмоток.</p> <p>3) Какие вы знаете трансформаторы? Ответ: С нормальным магнитным рассеянием; с увеличенным магнитным рассеянием; с раздвижными катушками; с подвижным магнитным шунтом; с подвижным магнитным шунтом; с управляемым магнитным шунтом.</p>	<p>Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, то вызываю по списку журнала.</p>

Продолжение таблицы 16

1	2	3
<p>Изложение нового материала 20 мин.</p>	<p>Сегодня мы будем изучать новый материал, который вам пригодится при выполнении практических заданий на производственной практике.</p> <p>Темой нашего сегодняшнего занятия будет «Сварочные выпрямители, их классификация», а также познакомимся с источником питания ВДМ-1203/380 BRIMA для сварочной двухдуговой головки CRC-</p>	<p>Излагаю новый материал словесным методом с демонстрацией наглядных пособий. Прошу основные моменты</p>

	<p>Evans P-600, которые будут использоваться в нашей автоматической установке для сварки крышек люка полувагона.</p> <p>Сварочные выпрямители представляют собой устройство, предназначенное для преобразования переменного тока в постоянный (выпрямленный). Он состоит из следующих основных узлов: силового трансформатора для понижения напряжения сети до необходимого напряжения холостого хода источника, блока полупроводниковых элементов для выпрямления переменного тока, стабилизирующего дросселя для уменьшения пульсаций выпрямленного тока.</p> <p>Выпрямители для ручной дуговой сварки изготавливают на номинальные значения сварочного тока от 125 до 500 А при номинальном рабочем напряжении от 25 до 40 В. Выпрямители для механизированной и автоматической дуговой сварки изготавливают на номинальные значения сварочного тока от 500 до 2000 А при номинальном рабочем напряжении от 46 до 66 В.</p> <p><i>Классификация сварочных выпрямителей.</i></p> <p><i>Сварочный выпрямитель ВД</i> предназначен для питания сварочной дуги постоянным током при ручной дуговой сварке, наплавке и резке металлов при питании от сети трехфазного переменного тока. Он состоит из понижающего сварочного трансформатора с подвижной первичной обмоткой, выпрямительного кремниевого блока с вентилятором, пусковой и защитной аппаратуры. Все составляющие части выпрямителя смонтированы на каркасе тележки и защищены кожухом из листового металла.</p> <p><i>Сварочный выпрямитель ВДГ</i> предназначен для однопостовой механизированной сварки в среде углекислого газа на форсированных режимах. Выпрямитель имеет трехфазный трансформатор, силовой выпрямительный блок на тиристорах, собранных на шестифазной схеме, дроссель в сварочной цепи, блок управления тиристорами, блок управления сварочным полуавтоматом, подогреватель газа, пускорегулирующую и защитную аппаратуру.</p>	<p>записать в тетради. Учащиеся записывают в конспект.</p> <p>Обращаюсь к плакату «Классификация сварочных выпрямителей», акцентирую внимание на особенностях сварочных выпрямителей.</p> <p>Диктую под запись, хожу по аудитории, контролирую учащихся по успеваемости.</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 16

1	2	3
	<p>Для подключения выпрямителя к сети и подключения сварочного провода имеются специальные зажимы.</p> <p>Плавное регулирование сварочного напряжения осуществляется резисторами, расположенными на блоке управления (местное управление), или с пульта управления полуавтоматом (дистанционное управле-</p>	<p>Общаюсь с учащимися, для того, чтобы изла-</p>

	<p>ние). Выпрямитель имеет жесткие внешние характеристики.</p> <p><i>Сварочные выпрямители ВСВУ-ВСП, ВДУ</i></p> <p>Источники питания дуги этого вида относятся к тиристорным выпрямителям. Отличительным элементом их по сравнению с предыдущими является наличие тиристорного выпрямительного блока, который может использоваться в качестве регулятора силы тока. За счет управляющих импульсов, подаваемых на тиристорный блок, формируют вольтамперную характеристику выпрямителя и осуществляют его настройку на заданный режим непрерывной или импульсной дуговой сварки. Для этой цели в источнике предусмотрен специальный блок фазоимпульсного управления. Тиристорные выпрямители отличаются высокой стабилизацией по напряжению и силе тока дуги при изменениях напряжения питающей сети, длины дуги и температуры окружающей среды.</p> <p><i>Выбор выпрямителей для разных способов сварки:</i> при выборе сварочного выпрямителя для разных способов сварки определяют вольтамперную характеристику дуги и рассчитывают параметры режима сварки. Далее на основании технических условий эксплуатации сварочных выпрямителей и заданных электрических параметров сварки выбирают сварочный выпрямитель требуемой мощности и с необходимым режимом его работы (продолжительный, перемежающийся или повторно-кратковременный), устанавливают соответствие вольтамперной характеристики дуги с внешней характеристикой источника питания дуги.</p> <p>Рассмотрим более подробно источник питания ВДМ-1203-380 BRIMA, он относится к классу промышленных многопостовых, инверторных сварочных источников питания.</p>	<p>гаемый программный материал был доступен.</p> <p>Рассказываю. Общаюсь с обучающимися Диктую под запись</p> <p>Рассказ новой темы. Хожу по аудитории, рассказываю и показываю плакат «Сварочный выпрямитель ВДМ-1203/380 BRIMA».</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 16

1	2	3
---	---	---



Сварочные выпрямители серии ВДМ обеспечивают плавное дистанционное регулирование выходных тока и напряжения. В нашем случае данный источник питания предназначен для питания сварочной двух-дуговой головки CRC-Evans P 600 головки.

Выпрямители серии ВДМ имеют:

- функцию автоматической стабилизации тока при колебаниях в сети
- возможность дистанционного управления аппаратом с помощью пульта ДУ (до 10 м)
- небольшие габаритные характеристики и масса.

В таблице представлены технические характеристики данного источника питания.

Параметр	Режим
Номинальный сварочный ток, А	1250/31
Пределы регулирования сварочного тока,	50-500
Напряжение, В	380
Напряжение холостого хода, В	60
Масса, кг	350

Первичное за-крепление мате-риала
5мин

Предлагаю ответить на вопросы, чтобы выяснить, на сколько усвоили новый материал.

1) Для чего предназначен выпрямитель ВД?
 Ответ: предназначен для однопостовой механизированной сварки в среде углекислого газа на форсированных режимах.

2) К каким видам относятся выпрямители ВСВУ, ВДУ?
 Ответ: относятся к тиристорным выпрямителям

Провожу фронтальный опрос обучающихся, выясняю, кто усвоил пройденный материал, а с кем необходимо позаниматься дополнительно.

Продолжение таблицы 16

1	2	3
---	---	---

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.612 ПЗ

Лист
11
9

Задание на дом 4 мин.	Запишите домашнее задание: повторить конспект, записанный на уроке. Если возникнут вопросы обратитесь к учебнику: Овчинников В.В. Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугуна во всех пространственных положениях (с. 258. параграф 6.3)	Инструктирую обучающихся по выполнению домашнего задания
--------------------------	--	--

Методическая часть дипломного проекта является самостоятельной творческой деятельностью педагога профессионального образования. Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист 12 0
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В ходе работы над дипломным проектом был разработан технологический процесса сборки и сварки стрелы подъемного механизма инженерной машины с использованием автоматической сварки и механизированной сварки.

Были достигнуты поставленные задачи:

- проанализирован базовый вариант изготовления стрелы;
- подобран и обоснован проектируемый способ сварки стрелы;
- проведены необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрано и обосновано сварочное и сборочное оборудование;
- разработана технология сборки-сварки стрелы;
- проведены расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработана программа подготовки электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах;
- рассмотрены вопросы безопасности и экологичности разработки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта разработан проектируемый вариант технологического процесса по замене механизированной сварки на автоматическую сварку в среде защитного газа; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию сборки и сварки стрелы экскаватора; в разделе охраны труда и экологичности - предложены мероприятия по улучшению условий труда рабочих-сварщиков и охраны окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
						12
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		1

22 Крампит, Н.Ю. Сварочные приспособления / А.Г Крампит, Н.Ю. Крампит. – Югра: Изд-во ЮТИ ТПУ. 2008 – 95 с.

23 Криогенсервис - Урал [Электронный ресурс] - Электрон. дан. – Режим доступа: <http://WWW.argon35.ru/technical-gases/газовые> смеси.– Загл. с экрана (Дата обращения 01.06.2018).

24 Милютин В.С. Источники питания для сварки. Учеб. Пособие. ч.І. / В.С. Милютин, Н.М. Иванова. - Екатеринбург: Урал. Гос. Проф. – пед. Ун – т, 1995. – 234 с.

25 Справочник по сварочному оборудованию /Л.Ц. Прох, Б.М. Шпаков, Н.М. Яворская ; под ред. Л.Ц. Прох. – Киев: Техника, 1982.- 207с.

26 Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006. – 368 с. : ил. Режим доступа <http://e.lanbook.com/books/> (Дата обращения 12.04.2018)

27 Волченко, В.Н. Контроль качества сварки / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.

28 Троицкий, В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.П. Радько, В.Г. Демидко, В.А Троицкий. – Киев: Вища школа, 2003. – 144 с.

29 Якушева, Г.И. Методические указания к выполнению экономической части дипломных проектов: (ГОС-2000) для студентов всех форм обучения / Г.И. Якушева. - Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2008. – 40 с.

30 Карпей, Т.В. Экономика, организация и планирование промышленного производства / Т.В. Карпей. – Минск: Дизайн ПРО, 2004. – 328 с.

31 Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники / В.М. Рыбаков, Ю.В. Ширшов. - М.: Машиностроение, 1972. - 52 с.

32 Колесникова, И. А. Педагогическое проектирование / И. А. Колесникова, М. П. Горчакова-Сибирская. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

33 Чернилевский, Д.В. Технология обучения: учебное пособие / Д. В. Чернилевский, О. К. Филатов; под ред. В. Д. Чернилевского. – М.: Эксперт, 2006. – 342 с.

34 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. - Введ. 1973-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 20 с.

35 Каталог государственных стандартов [Электронный ресурс]: база данных содержит классификатор и базу данных нормативных документов. - Электрон. дан. – М.: RusCable.Ru, 1999. – Режим доступа: <http://gost.ruscable.ru/cgi-bin/catalog> . – Загл. с экрана (Дата обращения 12.04.2018).

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
						12
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ПРИЛОЖЕНИЕ А

					ДП 44.03.04.612 ПЗ	Лист
						12
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

