

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ
КАРКАСА АККУМУЛЯТОРНОГО БЛОКА ЛОКОМОТИВА**

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: 790

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 в профессиональном обучении в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н.Гузанов
« ____ » _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**Разработка технологического процесса изготовления каркаса
аккумуляторного блока локомотива**

Исполнитель:
студент группы ЗСМ-404С _____ А.В. Шестаков

Руководитель:
ст. преподаватель _____ Е.В. Радченко

Нормоконтролер:
к.т.н., доцент _____ Д.Х. Билалов

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 94 листа машинописного текста, 12 рисунков, 17 таблиц, 30 использованных источников литературы, графическую часть на 6 листах формата А1.

Ключевые слова: КАРКАС БЛОКА АККУМУЛЯТОРОВ, МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМОВ СВАРКИ, ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ».

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос сборки и сварки каркаса аккумуляторного блока локомотива.

В связи с этим была поставлена задача – разработать технологию сварки сборки и сварки каркаса и выбор оборудования для реализаций предлагаемой технологий с последующим применением его на предприятии.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса сварки каркаса с использованием роботизированной сварки в среде защитных газов.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части разработан проектируемый вариант технологического процесса сварки каркаса, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки каркаса.

					<i>ДП 44.03.04. 790 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Разработка технологического процесса изготовления каркаса аккумуляторного блока локомотива Пояснительная записка</i>	<i>Лист</i>		<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Шестаков А.В.</i>						95
<i>Руковод.</i>		<i>Радченко Е.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Билалов Д.Х.</i>						
<i>Утверд</i>		<i>Гузанов Б.Н.</i>				<i>ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ, гр. ЗСМ-404с</i>		

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Описание конструкции	6
1.1 Назначение конструкции	6
1.2 Характеристика материала изделия.....	9
1.3 Выбор способа сварки	11
1.4 Выбор и описание сварочных материалов	17
1.5 Расчет параметров режимов сварки	20
1.6 Выбор оборудования.....	43
1.7 Технологическая последовательность изготовления каркаса аккумуляторного блока локомотива	48
2 Экономический раздел	51
2.1 Определение капиталобразующих инвестиций	51
2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки.....	55
2.3 Расчет капитальных вложений	57
2.4 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций	59
2.5 Расчет полной себестоимости	71
2.6 Расчет основных показателей сравнительной эффективности.....	73
3 Методическая часть	78
3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	79
3.2 Разработка учебного плана переподготовки	83
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология».....	84
3.4 Разработка плана - конспекта урока	85
Заключение.....	91
Список использованных источников	92
Приложение А –Лист задание ВКР.....	95

Введение

В настоящее время особое значение приобрела проблема рационального использования всех имеющихся ресурсов сырья, материалов и электроэнергии. Повышение эффективности использования материальных ресурсов имеет большое значение, как для экономики отдельного предприятия, так и для государства в целом. От того насколько рационально и грамотно используются ресурсы зависит как развитие экономики в целом, так и ее отдельных секторов. Результативность использования материальных ресурсов обеспечивает увеличение объемов производимой продукции при тех же размерах материальных затрат, и даже меньших.

Одним из основных направлений в решении этой проблемы является применение автоматической сварки.

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос сборки и сварки каркаса аккумуляторного блока локомотива.

В связи с этим была поставлена задача – разработать технологию сварки сборки и сварки каркаса и выбор оборудования для реализаций предлагаемой технологий с последующим применением его на предприятии.

Объектом разработки является технология изготовления каркаса аккумуляторного блока локомотива.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки каркаса.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса сварки каркаса с использованием роботизированной сварки в среде защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант;
- проработать и обосновать проектируемый способ сварки каркаса;
- провести необходимые расчеты автоматической сварки в среде защитных газов;

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		4

- выбрать и обосновать сборочное и сварочное оборудование;
- разработать технологию сварки каркаса;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части разработан проектируемый вариант технологического процесса сварки каркаса, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки каркаса.

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.

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		5

1 Описание конструкции

1.1 Назначение конструкции

«Уральские локомотивы» (г. Верхняя Пышма, Свердловская область) – совместное предприятие Группы Синара и концерна Siemens, которое начало работу 1 июля 2010 года.

Общие сведения. Аккумуляторная батарея на электровозах служит источником напряжения 50 В для катушек аппаратов, осветительных и сигнальных ламп при неработающих генераторах управления; Кроме того, аккумуляторная батарея необходима для питания малого мотор-компрессора, обеспечивающего подачу сжатого воздуха для подъема токоприемника и наполнения воздушного резервуара главного выключателя (если нет воздуха в главных резервуарах электровоза). На электровозе применяют щелочную аккумуляторную батарею 42НК-125. Буквы и цифры в обозначении типа означают: НК - никель-кадмиевая, 125 - емкость, А-ч, 42 - число элементов в батарее.

Щелочные аккумуляторы обладают большей электрической и механической устойчивостью, чем кислотные.

Щелочные аккумуляторы меньше боятся тряски и толчков и устойчивы к коротким замыканиям. Они также имеют значительно больший срок службы, чем кислотные. К. п. д. щелочных аккумуляторов выше, чем кислотных. Недостатком щелочного аккумулятора является низкое напряжение (1,25 В).

Технические данные:

- Номинальная емкость, А-ч125
- Номинальное напряжение батареи, В..... 50
- Номинальное напряжение элемента, В....1,25

Заряд (нормальный режим):

- время, ч.....6

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		6

- ток, А.....31

Разряд:

- время, ч.....8
- ток, А.....12,5

Габаритные размеры элемента, мм:

- высота.....330
- ширина.....128
- толщина.....70
- Масса элемента без электролита, кг . 5,4
- Количество электролита, л1,2

Конструкция аккумуляторной батареи. Аккумуляторная батарея состоит из металлического ящика с открывающейся верхней крышкой; в нем расположено 42 аккумулятора (элемента), из которых 40 соединены последовательно медными никелированными шинами и включены в работу, а два являются резервными.

Ящик батареи имеет три патрубка: для проводов, для отвода щелочи, для отвода газов. Отвод щелочи производится через специальную трубу, соединяющую дно ящика с подкузовной частью электровоза. Труба для отвода газов соединяет верхнюю часть ящика с крышей электровоза. Ящик батареи внутри покрывают щелочестойкой эмалью.

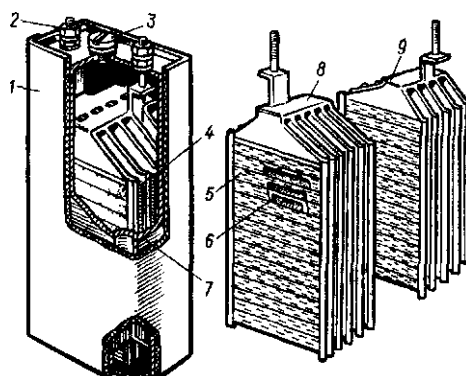


Рисунок 1.1 - Элемент НК-125 аккумуляторной батареи

Элемент аккумулятора НК-125 состоит из стального бака 7, в котором расположены отрицательный блок 9, состоящий из пяти пластин, и положительный блок 8, состоящий из шести пластин. Каждый блок имеет шпильку, являющуюся выводом.

Активная масса 6 положительных и отрицательных пластин помещена в пакеты 5. Пакеты выполняют в виде плоских стальных никелированных трубок с большим количеством очень малых отверстий, через которые в трубки проникает электролит. Для улучшения контакта между пакетами пластин и активной массой к последней добавляется проводящий материал (например, чешуйчатый графит). Положительные и отрицательные пластины изолированы друг от друга эбонитовыми палочками 4.

Выводные шпильки 2 проходят сквозь крышку бака через изолирующие втулки. Для обеспечения герметичности уплотнение производят кольцом. Блок положительных элементов соединен непосредственно с баком элемента. Изоляцией бака элемента служит резиновый чехол 1. Электролит заливают через отверстие, расположенное между выводами. Заливочное отверстие закрыто пробкой 3.

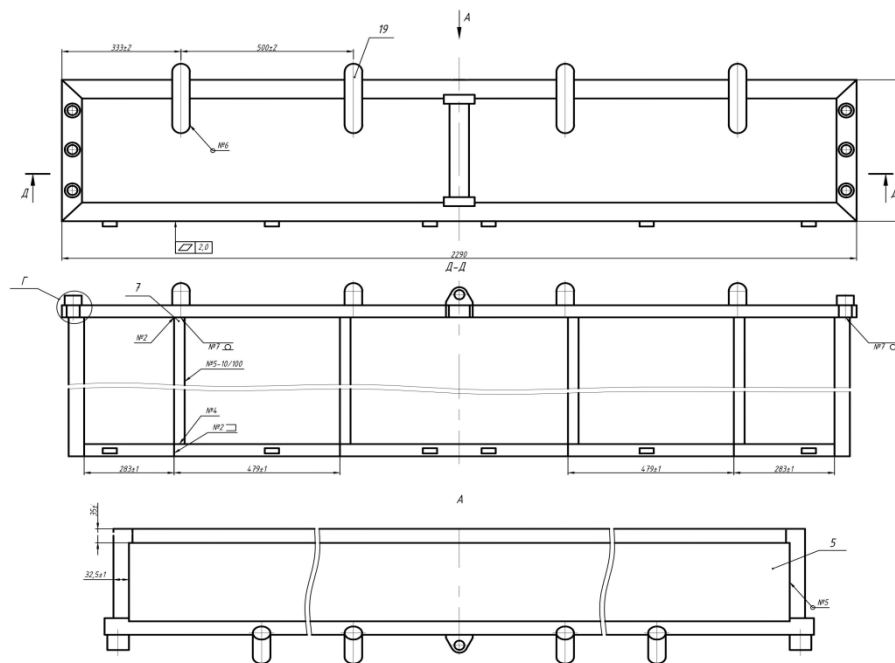


Рисунок 1.2 – Каркас

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.790 ПЗ					



Рисунок 1.3 – Блок аккумуляторов локомотива

1.2 Характеристика материала изделия

Сталь 09Г2С - сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций. Различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 до $+425^{\circ}\text{C}$ под давлением. Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 [3] приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
до 0,12	0.5 - 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.035	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3

Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Сортамент	Размер	Напр.	σ_b	σ_T	δ_5	KCU	Термообр
-	мм	-	МПа	МПа	%	кДж/м ²	-
Лист, ГОСТ 5520-79			430-490	265-345	21	590-640	Закалка и отпуск
Сталь	От 10 до 20		1520	1320	21	590	

Технологические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3-Технологические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Свариваемость:	без ограничений
Склонность к отпускной хрупкости:	не склонна

Свариваемость стали

Свариваемость - свойство металлов или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки неразъемное соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. В сварочной практике существуют такие понятия, как физическая и технологическая свариваемость [4].

Свариваемость оценивается степенью соответствия свойств сварного соединения тем же свойствам основного материала и его склонностью к образованию дефектов. Материалы делятся на хорошо, удовлетворительно, плохо и ограниченно свариваемые.

Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Такой свариваемостью обладают практически все технические сплавы и чистые металлы, а также ряд сочетаний металлов с неметаллами.

Технологическая свариваемость – это, характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами. В этом случае свариваемость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям [3].

Эквивалент углерода $C_{э\text{кв}}$, %, определяют по эмпирическим формулам, одна из которых имеет следующий вид:

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/5 + \text{V}/5 + \text{Ni}/15 + \text{Cu}/13 \quad (1.1)$$

Если $C_{\text{ЭКВ}} < 0,45$, то говорят, что металл не склонен к образованию холодных трещин.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,12 + 1,3/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 = 0,43\%$$

Таким образом, основной металл не склонен к образованию холодных трещин.

Определим склонность к образованию горячих трещин по формуле:

$$\text{HCS} = \frac{C \left(S + P + \frac{\text{Si}}{25} + \frac{\text{Ni}}{100} \right) 1000}{3\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}, \quad (1.2)$$

где HCS - параметр, оценивающий склонность сварных швов к образованию горячих трещин, %;

C, S, P и другие химические элементы, %.

$$\text{HCS} = \frac{0,12 \left(0,04 + 0,035 + \frac{0,5}{25} + \frac{0,3}{100} \right) 1000}{3 \times 1,3 + 0,3} = 2,8$$

Так как расчетное значение параметра HCS менее 4, появление горячих трещин не возможно.

1.3 Выбор способа сварки

Рассмотрим способы сварки, которые возможно применить при сварке имеющейся конструкции.

Ручная дуговая сварка.

К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный или переменный сварочный ток. Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл как показано на рисунок 1.4.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		11

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.



Рисунок 1.4- Схема ручной электродуговой сварки

Длина дуги зависит от марки и диаметра электрода, пространственного положения сварки, разделки свариваемых кромок и т. п. Нормальная длина дуги считается в пределах $l_d = (0,5 - 1,1) d_{эл}$ ($d_{эл}$ - диаметр электрода). 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.

Для возбуждения дугового разряда при сварке для получения начальной ионизации обычно сводят два электрода до соприкосновения (электрод и деталь), а затем быстро их разводят. При достаточно большом токе при соприкосновении электродов в промежутке между концами электродов выделяется большое количество тепла. Ток между электродами проходит через мелкие неровности на торцах и разогревает их до расплавления. При быстром разведении электродов расплавленные мостики растягиваются и сужаются, вследствие чего плотность

тока доходит в них в момент разрыва до такой величины, что обращает их в пар. При высокой температуре паров металла ионизация промежутка получается настолько значительной, что при сравнительно небольшой разности потенциалов между концами электродов возникает дуговой разряд. Разряд поддерживается далее, как устойчивая стационарная дуга в том случае, если сохраняются факторы, поддерживающие ионизацию дугового промежутка.

Достоинства РДС

- + Сварка деталей небольшой длины
- + Ручное управление сварочной ванной

Недостатки

- Большие требования к опыту оператора
- Низкая производительность

Сущность процесса сварки под флюсом

При этом способе сварки электрическая дуга горит между концом электродной (сварочной) проволоки и свариваемым металлом под слоем гранулированного флюса. Ролики специального механизма подают электродную проволоку в дугу. Сварочный ток, переменный или постоянный прямой, или обратной полярности от источника подводится скользящим контактом к электродной проволоке и постоянным контактом - к изделию. Сварочная дуга горит в газовом пузыре, образованном в результате плавления флюса и металла и заполненном парами металла, флюса и газами. По мере удаления дуги расплавленный флюс при остывании образует шлаковую корку, которая легко отделяется от поверхности шва. Флюс засыпается впереди дуги из бункера слоем толщиной 40—80 и шириной 40—100 мм (чем больше толщина свариваемого металла и ширина шва, тем больше толщина и ширина слоя флюса). Масса флюса, идущего на шлаковую корку, обычно равна массе расплавленной

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

сварочной проволоки. Нерасплавившаяся часть флюса собирается специальным пневмоотсосом в бункер и повторно используется.

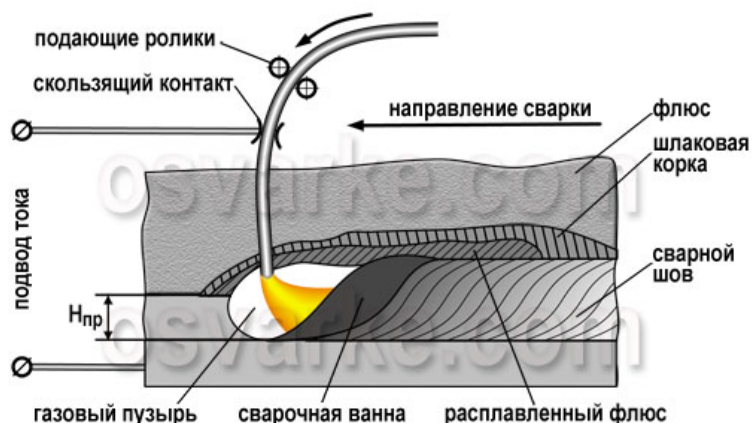


Рисунок 1.5 - Сварка под флюсом

Расплавленные электродный и основной металлы в сварочной ванне перемешиваются и при кристаллизации образуют сварной шов. В промышленности преимущественное применение находит способ сварки проволочными электродами (сварочной проволокой). Производительность по сравнению с ручной сваркой увеличивается в 5-12 раз. При сварке под флюсом ток по электродной проволоке проходит только в ее вылете (место от токоподвода до дуги). Поэтому можно использовать повышенные ($25-100 \text{ А/мм}^2$) по сравнению с ручной дуговой сваркой ($10-20 \text{ А/мм}^2$) плотности сварочного тока без опасения значительного перегрева электрода в вылете в отслаивания обмазки, как в покрытом электроде. Использование больших сварочных токов резко повышает глубину проплавления основного металла и появляется возможность сварки металла повышенной толщины без разделки кромок. При сварке с разделкой кромок уменьшается угол разделки и увеличивается величина их притупления, т. е. уменьшается количество электродного металла, необходимого для заполнения разделки. Металл шва обычно состоит приблизительно на $2/3$ из переплавленного основного металла (при ручной дуговой сварке соотношение обратное). В результате вышесказанного растут скорость и производительность

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.790 ПЗ

Лист

14

сварки. Под флюсом сваривают металл толщиной 2-60 мм при скорости однодуговой сварки до 0,07 км/ч. Применение многодуговой сварки позволяет повысить ее скорость до 0,3 км/ч. Высокое качество металлов шва и сварного соединения достигается за счет надежной защиты расплавленного металла от взаимодействия с воздухом, его металлургической обработки и легирования расплавленным шлаком. Наличие шлака на поверхности шва уменьшает скорость кристаллизации металла сварочной ванны и скорость охлаждения металла шва.

В результате металл шва не имеет пор, содержит пониженное количество неметаллических включений. Улучшение формы шва и стабильности его размеров, особенно глубины проплавления, обеспечивает постоянные химический состав и другие свойства на всей длине шва. Сварку под флюсом применяют для изготовления крупногабаритных резервуаров, строительных конструкций, труб и т.д. из сталей, никелевых сплавов, меди, алюминия, титана и их сплавов. Экономичность процесса определяется снижением расхода сварочных материалов за счет сокращения потерь металла на угар и разбрызгивание (не более 3 %, а при ручной сварке достигают 15%), отсутствием потерь на огарки. Лучшее использование тепла дуги при сварке под флюсом по сравнению с ручной сваркой уменьшает расход электроэнергии на 30-40 %.

Повышению экономичности способствует и снижение трудоемкости работ по разделке кромок под сварку, зачистке шва от брызг и шлака. Сварка выполняется с применением специальных автоматов или полуавтоматов. Условия работы позволяют сварщику обходиться без щитков для защиты глаз и лица. Повышаются общий уровень и культура производства. Недостатками способа является повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса. Поэтому сварка возможна только в нижнем положении при отклонении плоскости шва от горизонтали не более чем на 10-15°. В противном случае нарушится формирование шва, могут образоваться подрезы и другие дефекты.

Это одна из причин, почему сварку под флюсом не применяют для соединения поворотных кольцевых стыков труб диаметром менее 150 мм. Кроме

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

того, этот способ сварки требует и более тщательной сборки кромок под сварку и использования специальных приемов сварки. При увеличенном зазоре между кромками возможно вытекание в него расплавленного металла и флюса и образование в шве дефектов.

Сущность сварки в защитном газе.

Преимущества сварки в углекислом газе. Преимущество этого вида сварки перед сваркой под флюсом состоит в том, что сварщик может наблюдать за ходом процесса и горением дуги, которая не закрыта флюсом; не нужны приспособления для подачи и отсоса флюса, усложняющие сварочное оборудование; отпадает необходимость в последующей очистке швов от шлака и остатков флюса, что особенно важно при многослойной сварке.

Основными достоинствами способа сварки в газе являются:

1. Хорошее использование тепла сварочной дуги, вследствие чего обеспечивается высокая производительность сварки.
2. Высокое качество сварных швов.
3. Возможность сварки в различных пространственных положениях с применением аппаратуры для полуавтоматической и автоматической сварки.
4. Низкая стоимость защитного газа.
5. Возможность сварки металла малых толщин и сварки электрозаклепками.
6. Возможность сварки на весу без подкладки.

Коэффициент наплавки при сварке в газе выше, чем при сварке под флюсом. При сварке постоянным током прямой полярности этот коэффициент в 1,5-1,8 раза выше, чем при обратной полярности. Процесс сварки отличается высокой производительностью, достигающей 18 кг/ч наплавленного металла. Скорость сварки достигает 60 м/ч. Производительность сварки в углекислом газе в 1,5-4 раза выше, чем производительность ручной сварки покрытыми электродами, и в 1,5 раза выше, чем при сварке под флюсом. Добавки в

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

углекислый газ аргона (иногда в эту смесь вводят кислород) изменяют технические свойства дуги (глубину проплавления и форму шва, стабильность дуги и др.) и позволяет регулировать концентрацию легирующих элементов в металле шва.

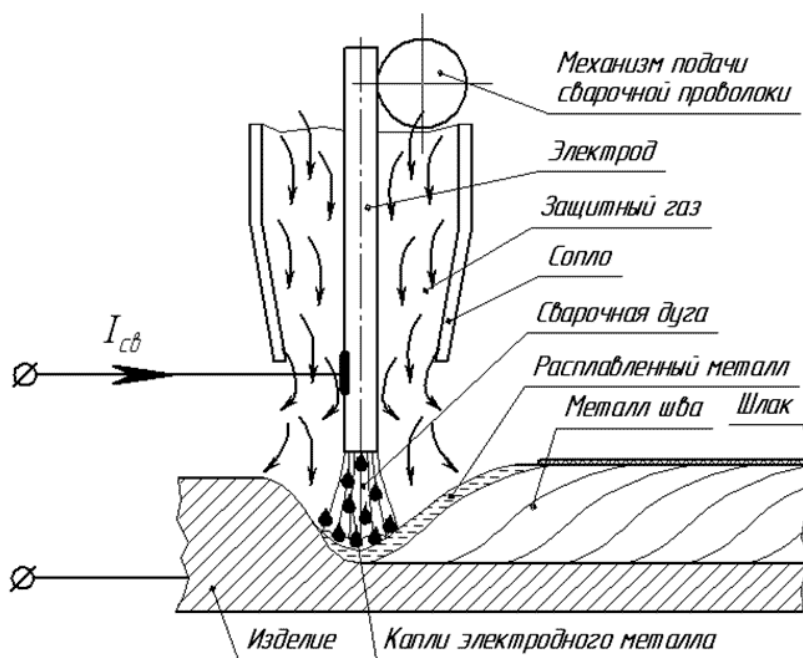


Рисунок 1.6 - Схема сварки в среде защитных газов

Для нашей марки стали, условий работы изделия и с учетом конструкции принимаем автоматическую сварку в среде защитных газов. Ручная дуговая сварка (РДС) не производительна, требует большой затраты времени.

При сварке каркаса, производительность повышается в 15-20 раз.

За счет повышения коэффициента использования сварочной установки можно добиться значительного дальнейшего роста производительности сварки под флюсом.

1.4 Выбор и описание сварочных материалов

Сварочные материалы, используемые в базовом варианте

Сварочная проволока Св-08Г2С

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		17

Особые свойства

Металл шва характеризуется высокой стойкостью против образования кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода. Сварку следует производить короткой дугой. Свариваемые кромки должны быть очищены от окалины, ржавчины и следов масла.

Сварочные материалы, используемые в проектируемом варианте

Сварочная проволока Св-08Г2С

Св-08Г2С применяют при работе со сварочными автоматами и полуавтоматами в промышленности. Она гарантирует прочное высококачественное соединение, характеризующееся чистым и очень ровным сварочным швом. Св-08Г2С незаменима для выполнения двух важных операций:

- образования на соединительном шве валика;
- заполнения пространства между краями свариваемого изделия.

Сварочная проволока обеспечивает надежное сваривание с ровным и чистым швом, а также заполняет зазор между краями металла. У этой марки небольшое содержание примесей: фосфора и серы. Это вредные вещества, которых в совокупности менее 0,03%. Также в ее составе незначительное количество хрома – 0,2% и никеля – до 0,25%. Практически нет титана и молибдена.

Химический состав наплавленного данной проволокой металла по ГОСТ 2246-70 [28] представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Химический состав наплавленного металла по ГОСТ 2246-70, %

C	Si	Mn	S	P
0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	≤0,025	≤0,03

Таблица 1.5 – Механические свойства металла шва и наплавленного металла по ГОСТ 2246-70

Механические свойства наплавленного металла	Нормативные	Типичные
Предел текучести, МПа	490-660	580
Временное сопротивление разрыву, МПа	≤375	475
Относительное удлинение, %	≤22	25
Работа удара, Дж	≤47(-20 ⁰ С)	50

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		18

В качестве защитных газов для сварки сталей в промышленности нашли широкое применение активные (CO₂, O₂) и инертные (Ar, He) защитные газы.

Диоксид углерода (углекислота) отличается дешевизной и широкой распространенностью. Инертные газы более дорогие и требуют наличия специализированных заводов по производству газов. Смеси инертных газов с активными газами позволяет повысить устойчивость дуги, увеличить глубину проплавления, улучшить внешний вид сварного шва, уменьшить разбрызгивание металла при сварке плавящимся электродом, повысить плотность металла шва, увеличить производительность процесса сварки.

Для сварки низколегированных сталей марки 09Г2С наиболее выгодным и экономичным будет смесь газов – 82% Ar + 18% CO₂.

Углекислый газ (CO₂) - бесцветный, со слабым запахом, с резко выраженными окислительными свойствами, хорошо растворяется в воде. Тяжелее воздуха в 1,5 раза, может скапливаться в плохо проветриваемых помещениях, в колодцах, приямах. Состав двуокиси углерода представлен в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Состав двуокиси углерода по ГОСТ 8050-85 [29]

Газ	Сорт	Содержание основных компонентов, об %				Содержание водяных паров, % не более	Температура насыщения, К не более
		Ar Не менее	O ₂ Не менее	N ₂ Не более	CO ₂ Не более		
Углекислый газ	Высший Первый	-	-	-	99,8	0,037	225
					99,5	0,184	

Серьезное влияние на свойства металла шва оказывает качество углекислого газа. Повышенное содержание водяных паров и воды способствует образованию пор даже при хорошей защите дуги от воздуха и надлежащем количестве кремния и марганца в сварочной ванне.

Согласно ГОСТ 8050-85, CO₂ не должен содержать сероводород, кислоты, органические соединения (спирты, эфиры, альдегиды, органические кислоты), аммиак, этаноламины, ароматические углеводороды.

1.5 Расчет параметров режимов сварки

Каркас, как сварная конструкция собран и сварен соединениями Т1 по ГОСТ 14771 – 76.

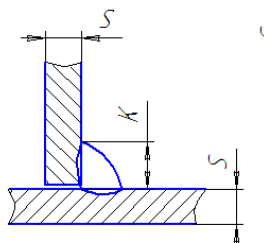


Рисунок 1.7 – Соединение Т1 -Δ3 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №1

1. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №1

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1,05k \quad (1.3)$$

где k – катет шва, $k = 3$ мм

$$F_H = \frac{3^2}{2} + 1,05 \cdot 3 = 7,65 \text{ мм}^2$$

Сваркой в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва 41 мм^2 . Однако, учитывая ответственность конструкции выполним сварку в 1 прохода. Примем площадь наплавленного металла равной $F_H = 8 \text{ мм}^2$, что предполагает получение сварного шва катетом $K = 3$ мм по формуле [3]

$$h_{K1} = (0,7 \div 1,1)K \quad (1.4)$$

$$h_{K1} = 1 \cdot 3 = 3,0 \text{ мм}$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{э}}$ по формуле [3]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.5)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [3]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 8^{0.625} = 1,13 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,2$ 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 [3]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, \text{ А} \quad (1.6)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{3.0}{2.1} 100 = 142,8 \text{ А} \approx 143 \text{ А}$$

Примем $I_{\text{св}} = 140 \pm 5 \text{ А}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [3]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.7)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1.2 \pm 12 \text{ мм}$$

Рассчитаем величину потерь при сварке в CO_2

$$\Psi = 16 \exp[-7.48 \cdot 10^{-5} \cdot (200-j)^2], \% \quad (1.8)$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

где j – плотность тока, A/mm^2

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_3^2} \quad (1.9)$$

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

$$\Psi = 16 \exp[-7,48 \cdot 10^{-5} \cdot (200-124)^2] = 9,21 \%$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [3]

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot I_3^{0,39} \frac{1}{d_3^{0,64}} \quad (1.10)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 144^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 13 \text{ г} / A \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \Psi}{100} \quad (1.11)$$

$$\alpha_H = 13 \frac{100 - 9}{100} = 10,62 \text{ г} / A \cdot \text{ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления $г/А \cdot ч$;

α_H – коэффициент наплавки $г/А \cdot ч$

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.12)$$

$$V_{CB1} = \frac{10,6 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 8} = 0,58 \text{ мм} / \text{с} = 21 \text{ м} / \text{ч} = 35 \text{ см} / \text{мин}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г} / \text{см}^3$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		22

Рассчитаем напряжение на дуге, В [3]

$$U_{д} = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.13)$$

$$U_{д} = 14 + 0,05 \cdot 140 = 20 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_{д} \eta}{V_{CB}} \quad (1.14)$$

$$q_n = \frac{140 \cdot 20 \cdot 0,75}{0,35} = 6000 \text{ Дж / см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [3]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{э} U_{д}}{I_{CB}} \quad (1.15)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 140) \frac{1,2 \cdot 20}{140} = 2,17$$

где $\psi_{ПР}$ – 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 коэффициента $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [3]

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		23

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.16)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{6000}{2,17}} = 0,276 \text{ мм}$$

где h – глубина проплавления заданная глубина проплавления $h = 3,0$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 2,76$ мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{Э.Пл} = \frac{4 \cdot F_{Н1} \cdot V_{Св} \cdot (1 + 0.01\psi_P)}{\pi \cdot d_{Э.Пл}^2} \quad (1.17)$$

$$V_{Э.Пл} = \frac{4 \cdot 8 \cdot 0,6 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2,17)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 156,96 \text{ м/ч}$$

Расход газа

$$q_{Г} = 0.0033 \cdot I^{0.75}$$

$$q_{Г} = 0.0033 \cdot 140^{0.75} = 0.12 = 7,2 \text{ л/мин}$$

Таблица 1.7 - Параметры режима сварки соединения Т1

$d_{Э}$, мм	$I_{СВ}$	$l_{Э}$, мм	$V_{СВ}$, м/ч	$U_{д}$, В	$V_{ПП}$, м/ч	$F_{Н1}$, мм ²
1,2	140±5	12	21±1	20	157	8

Соединение Т1 по ГОСТ 14771 – 76.

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		24

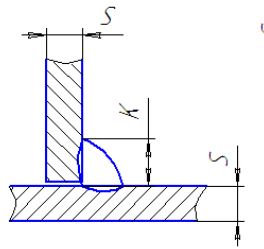


Рисунок 1.8 – Соединение Т1 -Δ4 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №2

2. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №2

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1,05k \quad (1.18)$$

где k – катет шва, $k = 4$ мм

$$F_H = \frac{4^2}{2} + 1,05 \cdot 8 = 12,2 \text{ мм}^2$$

Сваркой в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва 41 мм^2 . Однако, учитывая ответственность конструкции выполним сварку в 1 прохода. Примем площадь наплавленного металла равной $F_H = 12,2 \text{ мм}^2$, что предполагает получение сварного шва катетом $K = 4$ мм по формуле [3]

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1)K \quad (1.19)$$

$$h_{K1} = 1 \cdot 4 = 4.0 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{э}}$ по формуле [3]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.20)$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [3]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 12,2^{0,625} = 1,28 = 1,6 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,6$ 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 [3]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{\text{к1}}}{K_H} 100, \text{ А} \quad (1.21)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{3,0}{2,1} 100 = 142,8 \text{ А} \approx 143 \text{ А}$$

Примем $I_{\text{св}} = 140 \pm 5 \text{ А}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [3]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.22)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1,6 \pm 16 \text{ мм}$$

Рассчитаем величину потерь при сварке в CO_2

$$\Psi = 16 \exp[-7,48 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - j)^2], \% \quad (1.23)$$

где j – плотность тока, А/мм^2

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.24)$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

$$j = \frac{4 \cdot 140}{3,14 \cdot 1,6^2} = 70 \text{ A / мм}^2$$

$$\Psi = 16 \exp[-7,48 \cdot 10^{-5} \cdot (200-70)^2] = 9,21 \%$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [3]

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{\text{Э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{Э}}^{0,64}} \quad (1.25)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 144^{0,32} \cdot 16^{0,39} \frac{1}{1,6^{0,64}} = 12,72 / \text{A} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \Psi}{100} \quad (1.26)$$

$$\alpha_H = 13 \frac{100 - 9}{100} = 10,62 / \text{A} \cdot \text{ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.27)$$

$$V_{CB1} = \frac{10,6 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 12,2} = 0,43 \text{ мм/с} = 15 \text{ м/ч} = 35 \text{ см/мин}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [3]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.28)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 140 = 20 \text{ В}$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		27

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (1.29)$$

$$q_n = \frac{140 \cdot 20 \cdot 0,75}{0,35} = 6000 \text{ Дж / см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [3]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{\Delta} U_d}{I_{CB}} \quad (1.30)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 140) \frac{1,6 \cdot 20}{140} = 3,7$$

где $\psi_{ПР}$ – 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 коэффициента $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [3]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.31)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{6000}{3,7}} = 0,376 \text{ мм}$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

где h – глубина проплавления заданная глубина проплавления $h = 4,0$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 3,76$ мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_p)}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.32)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 12,2 \cdot 0,43 \cdot (1 + 0.01 \cdot 3,7)}{3.14 \cdot 1.6^2} = 272 \text{ м/ч}$$

Расход газа

$$q_r = 0.0033 \cdot I^{0.75}$$

$$q_r = 0.0033 \cdot 140^{0.75} = 0.12 = 7,2 \text{ л/мин}$$

Таблица 1.8 - Параметры режима сварки соединения Т1

$d_{\text{Э}}$, мм	$I_{\text{СВ}}$	$l_{\text{Э}}$, мм	$V_{\text{СВ}}$, м/ч	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{ПШ}}$, м/ч	$F_{\text{Нл}}$, мм ²
1,6	140±5	12	20±1	20	272	12,2

Соединение Т6 по ГОСТ 14771 – 76.

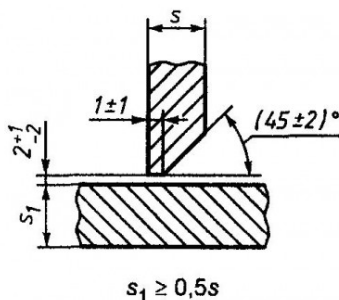


Рисунок 1.10 – Соединение Т6 – $s=6$, $e=8$, $b=1$, $c=2$, $q=3$ по ГОСТ 14771-76, сварной шов №3

3. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №3

$$F_H = (s + m)b + \frac{(s - c)^2}{2} \operatorname{tg} \alpha + 0.75ef \quad (1.33)$$

$$F_H = 10 + 11 + 18 = 39 \text{ мм}^2$$

Сваркой в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва 41 мм². Однако, учитывая ответственность конструкции выполним сварку в 1 проход. Примем площадь наплавленного металла равной $F_H = 39 \text{ мм}^2$ по формуле

$$h_{K1} = 0.7 \cdot s - 0.5b \quad (1.34)$$

$$h_{K1} = 4.2 - 0.5 = 3.7 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{Э}}$ по формуле [3]

$$d_{\text{Э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.35)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [3]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{Э}} = 0,12 \cdot 39^{0.625} = 1,6 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{Э}} = 1,6 \text{ мм}$, 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 [3]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, \text{ А} \quad (1.36)$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		30

$$I_{CB} = \frac{3.7}{2.1} 100 = 162 \text{ A}$$

Примем $I_{CB} = 160 \pm 5 \text{ A}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [3]

$$l_{\text{Э}} = 10d_{\text{Э}} \pm 2d_{\text{Э}} \quad (1.37)$$

$$l_{\text{Э}} = 16 \pm 3,2 \text{ мм}$$

Рассчитаем величину потерь при сварке в CO_2

$$\Psi = 16 \exp[-7.48 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - j)^2], \% \quad (1.38)$$

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

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} \quad (1.39)$$

$$j = \frac{4 \cdot 160}{3,14 \cdot 1,6^2} = 80 \text{ A} / \text{мм}^2$$

$$\Psi = 16 \exp[-7.48 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - 80)^2] = 5,21 \%$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [3]

$$\alpha_P = 1.21 \cdot I_{CB}^{0.32} \cdot l_{\text{Э}}^{0.39} \frac{1}{d_{\text{Э}}^{0.64}} \quad (1.40)$$

$$\alpha_P = 1.21 \cdot 160^{0.32} \cdot 16^{0.39} \frac{1}{1,6^{0.64}} = 12,72 / \text{A} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \Psi}{100} \quad (1.41)$$

$$\alpha_H = 13 \frac{100 - 5}{100} = 12,352 / \text{A} \cdot \text{ч}$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.42)$$

$$V_{CB1} = \frac{12,35 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 39} = 29_{м/ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8$ г/см³

Рассчитаем напряжение на дуге, В [3]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.43)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 160 = 22 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (1.44)$$

$$q_n = \frac{160 \cdot 22 \cdot 0,75}{8,1} = 5359 \text{ Дж/см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [3]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_3 U_D}{I_{CB}} \quad (1.45)$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		32

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 160) \frac{1,6 \cdot 22}{160} = 3,52$$

где $\psi_{ПР}$ – 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 коэффициента $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [3]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.46)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{5359}{3,52}} = 0,36 \text{ мм}$$

где h – глубина проплавления заданная глубина проплавления $h = 3,7$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 3,6$ мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{Э.Пл} = \frac{4 \cdot F_{Hi} \cdot V_{Cв} \cdot (1 + 0,01 \psi_{ПР})}{\pi \cdot d_{Э.Пл}^2} \quad (1.47)$$

$$V_{Э.Пл} = \frac{4 \cdot 39 \cdot 29 \cdot (1 + 0,01 \cdot 3,52)}{3,14 \cdot 1,6^2} = 385 \text{ м/ч}$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		33

Расход газа

$$q_r = 0.0033 \cdot I^{0.75}$$

$$q_r = 0.0033 \cdot 160^{0.75} = 0.15 = 7,8 \text{ л/мин}$$

Таблица 1.9 - Параметры режима сварки соединения Т6

$d_{\text{э}}, \text{мм}$	$I_{\text{СВ}}$	$l_{\text{э}}, \text{мм}$	$V_{\text{СВ}}, \text{м/ч}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$V_{\text{ПП}}, \text{м/ч}$	$F_{\text{Н1}}, \text{мм}^2$
1,6	160±5	16	29±1	22	385	39

4. Соединение С2 по ГОСТ 14771-76

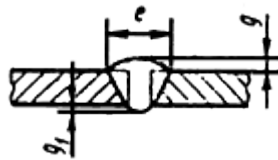


Рисунок 1.10 – Сварное соединение С2
 $S=6 \text{ мм}; b=1 \text{ мм};$

$$F_{\text{Н}} = Sb + 0.75eq$$

$$F_{\text{Н}} = 6 + 13.5 = 19.5 \text{ мм}^2$$

Глубина проплавления

$$H_1 = S - 0.5b = 6 - 0.5 = 5,5 \text{ мм}^2$$

Диаметр присадочной проволоки

$$d_{\text{эп}} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0.05h_p$$

$$d_{\text{эп}} = \sqrt[4]{5,5} \approx 1,5 \text{ мм}$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

Принимаем $d_{ЭП} = 1,6$ мм

Рассчитаем значение сварочного тока I_{CB} через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [3]

$$I_{CB} = \frac{h_{KL}}{K_H} 100, A \quad (1.48)$$

$$I_{CB} = \frac{5,5}{2,9} 100 = 262 A$$

Примем $I_{CB} = 262 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [3]

$$l_{Э} = 10d_{Э} \pm 2d_{Э} \quad (1.49)$$

$$l_{Э} = 10 \cdot 1,6 \pm 2 \cdot 1,6 = 16 \pm 3,2 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока j :

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{Э}^2} \quad (1.50)$$

$$j = \frac{4 \cdot 262}{3,14 \cdot 1,6^2} = 131 A / \text{мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [3] при условии, что при величине сварочного тока более 210 А при сварке проволокой диаметром 1,6 мм величина потерь составляет 1,5 %.

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{Э}^{0,39} \frac{1}{d_{Э}^{0,64}} \quad (1.51)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 262^{0,32} \cdot 16^{0,39} \frac{1}{1,6^{0,64}} = 12,72 / A \cdot ч$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		35

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.52)$$

$$\alpha_H = 12,7 \frac{100 - 3,8}{100} = 15,32 / A \cdot ч$$

где α_P – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.53)$$

$$V_{CB1} = \frac{15,3 \cdot 262}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,195} = 0,73 \text{ см/с} = 26,28 \text{ м/ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [3]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.54)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 262 = 27,1 \approx 27 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (1.55)$$

$$q_n = \frac{262 \cdot 27 \cdot 0,75}{0,73} = 7295 \text{ Дж/см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		36

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [3]

$$\psi_{ПР} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 262) \frac{1,6 \cdot 27}{262} = 2,4$$

где $\psi_{ПР}$ – 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 коэффициента $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [3]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.56)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{7295}{2,4}} = 5,4 \text{ см}$$

где h – глубина проплавления, заданная $h = 5,5$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 5,4$ мм. Результат расчета неудовлетворительный. Рассчитанная скорость сварки слишком низкая и сварка с такой скоростью приведет к прожогу. Выполним обратный расчет с целью определения необходимой скорости сварки, обеспечивающей при данных значениях сварочного тока и напряжения глубину проплавления равную 5,4 мм.

$$V_{св} = (I \cdot U \cdot \eta) / q_{П}$$

$$V_{св} = 262 \cdot 27 \cdot 0,75 / 7295 = 0,73 \text{ см/с}$$

Примем скорость сварки равную 0,73 см/с (26,8 м/ч).

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		37

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_p)}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.57)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 1,95 \cdot 0,73 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2,4)}{3,14 \cdot 1,6^2} = 0,72 \text{ см/с} = 264 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.10 - Параметры режима сварки соединения

d _Э , мм	I _{СВ}	l _Э , мм	V _{СВ} , м/ч	U _д , В	V _{ПШ} , м/ч	F _{Нл} , мм ²
1,6	262±5	16±3,2	27±5	27	264	19,5

Рассчитаем режимы сварки соединения Н1



Рисунок 1.11 – Соединение Н1 -Δ3 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №5

5. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №5

$$F_{\text{Н}} = F_1 + F_2 \quad (1.58)$$

$$F_1 = 0.73qe \quad (1.59)$$

$$F_2 = \frac{K^2}{2} \quad (1.60)$$

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

e – ширина сварного шва, e = 4 мм

K – катет шва, K = 3 мм

$$F_1 = 0.73 \cdot 2 \cdot 4 = 5.84 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{2^2}{2} = 2.0 \text{ мм}^2$$

$$F_H = 4.5 + 1.05 \cdot 3 = 7.7 = 8 \text{ мм}^2$$

Сваркой в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва 65 мм^2 . Однако, учитывая ответственность конструкции выполним сварку в 1 прохода. Примем площадь наплавленного металла равной $F_{H1} = 8 \text{ мм}^2$, что предполагает получение сварного шва катетом $K=3 \text{ мм}$ по формуле [3]

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1)K \quad (1.61)$$

$$h_{K1} = 1.1 \cdot 3 = 3.3 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{Э}}$ по формуле [3]

$$d_{\text{Э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.62)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0.12$ [3]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{Э}} = 0.12 \cdot 8^{0.625} = 0.5 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{Э}} = 0.8 \text{ мм}$, 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 [3]

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		39

$$I_{CB} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, A \quad (1.63)$$

$$I_{CB} = \frac{3,3}{2,9} 100 = 114 A$$

Примем $I_{CB} = 114 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [3]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.64)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 0,8 \pm 2 \cdot 0,8 = 8 \pm 1,6 \text{ мм}$$

Рассчитаем величину потерь при сварке в CO_2

$$\Psi = 16 \exp[-7,48 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - j)^2], \% \quad (1.65)$$

где j – плотность тока, A/mm^2

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.66)$$

$$j = \frac{4 \cdot 114}{3,14 \cdot 0,8^2} = 228 A/mm^2$$

$$\Psi = 16 \exp[-7,48 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - 228)^2] = 4,6 \%$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [3]

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{\text{э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (1.67)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 114^{0,32} \cdot 8^{0,39} \frac{1}{0,8^{0,64}} = 14,42 / A \cdot ч$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.68)$$

$$\alpha_H = 14,4 \frac{100 - 4,6}{100} = 5,72 / A \cdot ч$$

где α_P – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.69)$$

$$V_{CB1} = \frac{5,7 \cdot 114}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,8} = 0,3 \text{ см/с} = 10,8 \text{ м/ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [3]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.70)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 114 = 19,7 \approx 20 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (1.71)$$

$$q_n = \frac{114 \cdot 20 \cdot 0,75}{0,3} = 5700 \text{ Дж/см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [3]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0.01I_{CB}) \frac{d_{\text{э}} U_{\text{д}}}{I_{CB}} \quad (1.72)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0.01 \cdot 114) \frac{0,8 \cdot 20}{114} = 2,3$$

где $\psi_{ПР}$ – 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 $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [3]

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.73)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{5700}{2,3}} = 1,6 \text{ см}$$

где h – глубина проплавления заданная глубина проплавления $h = 2$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 1,6$ мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{э.ли}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Hi}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_{\text{P}})}{\pi \cdot d_{\text{э.ли}}^2} \quad (1.74)$$

$$V_{\text{э.ли}} = \frac{4 \cdot 8 \cdot 10,8 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2,3)}{3.14 \cdot 0.8^2} = 178 \text{ м/ч}$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		42

Таблица 1.11 - Параметры режима сварки соединения Н1

$d_{\text{Э}}$, мм	$I_{\text{СВ}}$	$l_{\text{Э}}$, мм	$V_{\text{СВ}}$, м/ч	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{ПП}}$, м/ч	$F_{\text{Н1}}$, мм ²
0,8	114±5	8±1,6	11±1	20	178	8

1.6 Выбор оборудования



Рисунок 1.12 - Сварочный портал

Портал типа НУ для сварки в среде защитного газа сконструирован для полностью механизированного изготовления стойки с изгибами формы до $13В^\circ$ из листового металла.

При конструировании этой установки основное внимание было уделено повышению производительности. Высокая степень автоматизации не только повышает качество сварки, но и существенно снижает стоимость производства.

Для раскроя металла выбираем установку лазерного раскроя «FIBERMAK».



Рисунок 1.13 - Оптоволоконная установка лазерного раскроя «FIBERMAK»

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		43

Таблица 1.12 - Технические характеристики установки лазерного раскроя «FIBERМАК»

Модель станка	2000. 3x1.5	2000. 4x2	2000. 6x2
Резонатор, Ватт	YLS 2000-compact		
Режущая голова	HIGHYAG + PRECITEC HP SSL		
Объём охлаждающей жидкости, л/мин	10		
Мощность источника, Вт	2000	2000	2000
Общее потребление электричества, кВт	30		
Габариты и вес			
Длина, мм	8935	11135	15485
Ширина, мм	3180	3730	3730
Высота, мм	2325	2325	2325
Рабочий диапазон			
Зона обработки, мм	3000x1500	4000x2000	6000x2000
Максимальная нагрузка на стол, кг	1500	2500	4000
Разрезающая способность, мм			
Малоуглеродистая сталь	15		
Нержавеющая сталь	8		
Алюминий	6		
Латунь	5		
Медь	4		
Параметры точности			
Точность позиционирования, мм	± 0,03		
Точность повторения, мм	± 0,015		
Фокусная повторяемость, мм	125-200		
X, U	3050	4050	6050
Y	1550	2050	2050
Z	150	150	150

Кондуктор для сборки и сварки FOERSTER GmbH 4100



Рисунок 1.14 - Кондуктор для сборки и сварки FOERSTER GmbH 4100

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		44

Таблица 1.13 - Характеристики

Характеристики	
Размер рамы, мм	3000x1500
Диапазон вертикального поворота, °	360
Тормозной механизм	вручную

Кондуктор для сборки и сварки FOERSTER GmbH 4100 - стационарный поворотный стапель для сборки и сварки рамных конструкций. С системой поворота и пневмобалансировкой положения рамы. Максимальный размер рамы 1,5x3,0 м, максимальная полезная нагрузка 50 кг. Поворот на 360° с фиксацией 15° в каждую сторону.

Робот для дуговой сварки Kawasaki FA10-D40



Рисунок 1.15 - Робот для дуговой сварки Kawasaki FA10-D40

Серия R, роботы для электродуговой сварки и перемещения

Роботы серии R – это новые многофункциональные промышленные роботы Kawasaki с высокими показателями надежности и грузоподъемности. Они подойдут для автоматизации процессов сварки, резки и механической обработки металлов. Прекрасно интегрируются на участок сборки. Благодаря высокой скорости манипуляций серия R идеально подходит для операций перемещения и паллетирования грузов, а также для работы со станками.

Эргономичность робота наряду с высокими показателями надежности, точности выполнения поставленных задач и обширным рабочим диапазоном

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

делает его прекрасным рабочим инструментом для широкого спектра использования в разных отраслях промышленности.

Давайте рассмотрим основные узлы робота Kawasaki

Особенности модели:

- Шестиосевой робот предназначен для работы с большими деталями, за счет объемной рабочей площади
- Отличается универсальностью крепления как в перевернутом виде, под углом так и в стандартном положении, для эффективного использования рабочего пространства
- Выполняет сварочные работы на большой скорости
- Соотношение радиуса рабочего действия и длины хода составляет 1420 мм к 1066 мм
- Совместно с встроенным контроллером R-30iВ происходит интеграция с системой сварки, на базе контроллера подключается функция технического зрения

Таблица 1.14 – Технические характеристики

1. Степеней подвижности	6		
2. Угол поворота и максимальная скорость	Действие оси		
	Поворот руки (JT1)		
3. Грузоподъемность 4. Масса	Рука из/в (JT2)	Угол поворота	Макс. Скорость
	Рука вверх- вниз (JT3)	320 °	160 °/с
	Поворот запястья (JT4)	245 °	140 °/с
	Изгиб запястья (JT5)	275 °	160 °/с
	Кручение запястья (JT6)	540 °	330 °/с
	10 кг	290 °	330 °/с
	280 кг	720 °	500 °/с
5. Зона досягаемости	1850 мм		
6. Максимальная скорость	Макс. 9200 мм/с в прямолинейном движении		
7. Контроллер	D40		

Сварочный источник LORCH S-RoboMIG

Источники питания для роботизированной сварки мощностью от 25 до 500 А. Данные аппараты были построены на основе импульсных аппаратов серии S. Они имеют схожую с аппаратами серии S концепцию управления, что позволяет легко и быстро разобраться в управлении данными источниками.



Рисунок 1.16 - Сварочный источник LORCH S-RoboMIG

Контроль качества сварных соединений

Контроль качества шва необходимо производить для выявления наружных дефектов шва и керосиновой пробой.

Керосиновая проба (ГОСТ 3242-79).

Служит для определения плотности сварных швов на металле толщиной до 10 мм. Керосиновой пробой обнаруживают дефекты размером 0,1 мм и выше. Доступную для осмотра сторону шва покрывают водной суспензией мела или каолина и подсушивают. Противоположную сторону смачивают 2-3 раза керосином. Проницаемость обнаруживают по жирным желтым пятнам на поверхности, покрытой мелом или каолином. Продолжительность испытания составляет не менее 4 ч при положительной температуре и не менее 8 - при температуре ниже 0⁰ С. Если швы нагреть до 50-60° С, то процесс ускорится до 1,5-2 ч. Его также можно ускорить, добавляя в керосин краску "Судан-Ш" (2,5 г/л) и обдувая швы со стороны керосина сжатым воздухом.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.790 ПЗ

Лист

47

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

Окончание таблицы 1.15

1	2	3	4
9	Сборка	Установить основание на плиту. Выставить уголки по размерам	Lorch S- RoboMIG. Св-08Г2С , d=1,2, I=120 А, q=8 л/мин.
10	Сборка	На собранную заготовку устанавливаем верхнюю рамку Устанавливаем прихватку	Lorch S- RoboMIG. Св-08Г2С , d=1,2, I=120 А, q=8 л/мин.
11	Сварка	Выполнить сварку собранного каркаса	П/А Lorch S- RoboMIG. Режимы для сварки швов Св-08Г2С , d=1,2, I=140 А, q=16 л/мин. U _д = 20В, V _{св} = 21 м/ч
12	Зачистка	Провести зачистку сварных швов	Шлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe, круг шлифовальный веерный лепестковый на шпильке
13	Контрольная	Выполнить визуальный контроль. Выполнить мело-керосиновую пробу	Лупа 4х–10х, мел, керосин.

Вывод: В технологической части разработан проектируемый вариант на основе анализа базового варианта технологического процесса изготовления каркаса блока аккумуляторов вагона, при помощи автоматической сварки в среде защитного газа. Выбрали способ сварки, сварочные материалы, рассчитали режимы сварки, определились со сварочным оборудованием, так же разработали технологию последовательного изготовления изделия.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		50

2 Экономический раздел

В ВКР спроектирован технологический процесс сборки и сварки каркаса блока аккумуляторов локомотива с применением автоматической (роботизированной) сварки в среде защитных газов.

По базовому варианту работа выполнялась механизированной (полуавтоматической) сваркой в среде CO_2 . При этом для сборки и сварки использовалась сварочная установка, в состав которой входили: сварочный полуавтомат ПДГ-251 с источником ВДГ-302, сварочная горелка, сварочная плита, баллон с углекислотой.

Проектируемая технология предполагает замену механизированной сварки корпуса сборника на автоматическую сварку в защитной смеси К-18 (Ar-82%; CO_2 – 18%).

2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

Определение технологических норм времени для получения сварного изделия

Общее время на выполнение сварочной операции $T_{шт-к}$, ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{нз} + t_e + t_{обс} + t_n, \quad (2.1)$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч.;

$t_{осн}$ – основное время, ч.;

$t_{нз}$ – подготовительно-заключительное время, ч.;

t_e – вспомогательное время, ч.;

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

t_n – время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		51

Основное время ($t_{осн}$, ч) – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_{осн} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (2.2)$$

где $L_{шв}$ – сумма длин всех швов, $m \sum L_{шв} = 13,264 \text{ м}$;

$V_{св}$ – скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч, $V_{св} = 29 \text{ м/ч}$;

$V_{св}$ – скорость сварки (базовый вариант), м/ч, $V_{св} = 8 \text{ м/ч}$

Определяем основное время по формуле для обоих вариантов

$$t_{осн} = \frac{13,264}{8} = 1,66 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = \frac{13,264}{29} = 0,46 \text{ (проектируемый вариант)}$$

Подготовительно-заключительное время ($t_{нз}$) 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 $t_{нз}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену. Примем:

$$t_{нз} = 10\% \text{ от } t_{осн}$$

$$t_{нз} = \frac{1,66 \cdot 10}{100} = 0,166 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{нз} = 0,046 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Вспомогательное время ($t_{в}$) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой $t_{э}$, осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{кр}$, очистку

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		52

швов от шлака и брызг $t_{бр}$, клеймение швов $t_{кл}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{уст}$:

$$t_{в} = t_{э} + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (2.3)$$

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным $t_{э} = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч}$.

Время зачистки кромок или шва $t_{кр}$ (мин.) вычисляют по формуле:

$$t_{кр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_C - 1)) \quad (2.4)$$

где n_C – количество слоев при сварке за несколько проходов, $n_C = 1$;

$L_{шв}$ – длина шва, м, $L_{шв} = 13,264 \text{ м}$.

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле для обоих вариантов

$$t_{кр} = 13,264 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (1-1)) = 7,9 \text{ мин.} = 0,14 \text{ ч.}$$

Сварка и в базовом и проектируемом варианте производится в один проход. Время на очистку швов от шлака и брызг $t_{бр}$ (мин.) рассчитываем по формуле

$$t_{бр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_C - 1)) \quad (2.5)$$

$$t_{бр} = 0,14 \text{ ч.}$$

Время на установку клейма ($t_{кл}$) принимают 0,03 мин. на 1 знак, $t_{кл} = 0,21 \text{ мин.} = 0,0035 \text{ ч}$.

Время на установку, поворот и снятие изделия ($t_{уст}$) зависит от его массы, данные указаны в таблице 2.1.

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		53

Таблица 2.1 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Время, мин						
	вручную				краном		
Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования	1,30	3,00	4,30	6,00	5,20	6,30	8,40

$$t_{уст} = 3 \text{ мин.} = 0,05 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитываем значение t_e для обоих вариантов (оно одинаково)

$$t_e = 0,083 + 0,14 + 0,14 + 0,0035 + 0,05 = 0,42 \text{ ч.}$$

Время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д., принимаем равным:

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{осн} \quad (2.6)$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) по формуле для обоих вариантов

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 1,66 = 0,12 \text{ ч.}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,46 = 0,03 \text{ ч.}$$

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

$$t_n = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (2.7)$$

Рассчитываем t_n по формуле для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_n = 0,07 \cdot 1,66 = 0,12 \text{ ч.}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 0,46 = 0,03 \text{ ч.}$$

Таким образом, расчет общего времени $T_{шт-к}$ на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле

$$T_{шт-к} = 1,66 + 0,166 + 0,42 + 0,12 + 0,12 \approx 0,83 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{шт-к} = 0,46 + 0,046 + 0,42 + 0,12 + 0,03 \approx 0,62 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

Время сварки на одно изделие:

$$T_{шт} = L_{шв} / V_{св} \quad (2.8)$$

$$t_{осн} = 1,66 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = 0,46 \text{ ч. (проектируемый вариант).}$$

Определяем общую трудоемкость *годовой производственной программы* $T_{произв. пр.}$ сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле (1), где N – годовая программа, *шт.*, в нашем случае $N = 1000 \text{ шт.}$

$$T_{произв. пр.} = T_{шт} \cdot N \quad (2.9)$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время технологической операции – сварки, ч. на одну металлоконструкцию;

N – годовая программа, шт.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		55

$$T_{\text{произв. пр.}} = 0,83 \cdot 1000 = 830 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 0,62 \cdot 1000 = 620 \text{ ч.}$$

Определим трудоемкость только процесса сварки при выполнении годовой производственной программы

$$T_{\text{год}} = t_{\text{очн}} \cdot N \quad (2.10)$$

$$T_{\text{год}} = 1,66 \cdot 1000 = 1660 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{год}} = 0,46 \cdot 1000 = 460 \text{ ч.}$$

Рассчитаем количество единиц сварочного оборудования:

$$C_p = \frac{T_{\text{год}}}{\Phi_d \cdot K_n \cdot K_{см}} \quad (2.11)$$

где Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования, *час.*

($\Phi_d = 1914 \text{ час.}$);

K_n – коэффициент выполнения норм ($K_n = 1,1 \dots 1,2$);

$K_{см}$ – количество смен, ($K_{см} = 2$)

$$C_p = \frac{1660}{1914 \cdot 1,2} = 0,7 \text{ шт}$$

$$C_p = \frac{460}{1914 \cdot 1,2} = 0,2 \text{ шт}$$

Принятое количество оборудования C_p 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%. Таким образом, по базовой технологии используются три рабочих места для сварки годового объема продукции. По новой измененной

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		56

технологии достаточно двух установок для автоматической сварки в среде защитного газа. Примем для базового варианта $C_{np} = 1$ шт., для проектируемого варианта примем $C_{np} = 1$ шт.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования КЗ производим по формуле

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{np}} \quad (2.12)$$

$$K_3 = \frac{0,7}{1} = 0,7 \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_3 = \frac{0,2}{1} = 0,2 \text{ (проектируемый вариант).}$$

2.3 Расчет капитальных вложений

Для проведения расчета балансовой стоимости оборудования необходимо знать цену приобретения выбранного в технологии оборудования. Для этого представляем исходные данные в виде таблицы.

Таблица 2.2 – Состав и стоимость технологического оборудования

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3	4
Годовая производственная программа выпуска	шт	1000	1000
Сварочный полуавтомат ПДГ-251с источником питания ВДГ-302, Ц _{онт}	руб./шт	320000	
Сварочно-сборочный стол	руб./шт	5000	
Роботизированная ячейка, ВСЕГО: сварочный робот Kawasaki MA1400, контроллер KR C4, источник питания TPS/i, вращатель-позиционер PanaDice	руб./шт		4600000 3000000 180000 1000000 420000
Приспособление для сборки и сварки	руб./шт		120000
Сварочная проволока Св-08Г2С, Ø 1,2 мм, Ц _о	руб./кг	80	80

Рассчитываем балансовую стоимость оборудования при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле

Балансовая стоимость оборудования ($K_{обj}$) определяется:

$$K_{обj} = Ц_{обj} \cdot (1 + K_{мз}), \quad (2.13)$$

где $Ц_{обj}$ – цена приобретения одного комплекта оборудования, руб.;

$K_{мз}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты устройство фундамента, монтаж, наладку ($K_{мз} = 0,12$).

$$K_{обj} = Ц_{обj} \cdot (1 + K_{тз}) \quad (2.14)$$

$$K_{обj} = 325000 \cdot (1 + 0,12) = 364000 \text{ руб.} \quad (\text{базовый вариант});$$

$$K_{обj} = 4720000 \cdot (1 + 0,12) = 5664000 \text{ руб.} \quad (\text{проектируемый вариант}).$$

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объёма работ ($K_{об}$, руб.) определяется по формуле:

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{Пj} \cdot K_{зj}, \quad (2.15)$$

$$K_{об} = 364000 \cdot 1 \cdot 0,7 = 254800 \text{ руб.} \quad (\text{базовый вариант});$$

$$K_{об} = 5664000 \cdot 1 \cdot = 5664000 \text{ руб.} \quad (\text{проектируемый вариант}).$$

где $K_{обj}$ – балансовая стоимость j -ого оборудования, руб.;

$C_{Пj}$ – принятое количество j -ого оборудования, шт.;

$K_{зj}$ – коэффициент загрузки j -ого оборудования, $K_{зj} = 1$, т.к. загрузка участка другой продукцией не предполагается.

Рассчитанные данные заносим в таблицу 2.3.

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		58

Таблица 2.3 – Расчеты капитальных вложений по вариантам

Статьи расчетов	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Цена комплекта оборудования, руб.	325 000	4 720 000
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	364 000	5 664 000
Количество комплектов оборудования, шт.	1	1
Суммарные капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.	254 800	5 664 000

Определение себестоимости изготовления металлоконструкций

2.4 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций

Таблица 2.4 – Данные для расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска изделий

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Сталь 09Г2С, C_k	руб./т	40000	40000
Тариф на электроэнергию, $C_{элм}$	руб./кВт-час	3,16	3,16
Защитный газ CO ₂ , $C_{з.г}$	руб./л	0,08	
Защитный газ (смесь К18), $C_{з.г}$	руб./л		0,13
Расход защитного газа	л/мин	8	26
Длина сварного шва	м	26,356	26,356
Квалификационный разряд электросварщика	разряд	4	5
Тарифная ставка, $T_{ст}$	руб.		
Сварщики		144	168
Вспомогательные рабочие		130	130
Масса конструкции	кг	96,7	96,7

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходованием ресурсов при проведении сварочных работ в цехе. Расчет технологической себестоимости проводим по формуле (2.16).

$$C_T = MЗ + З_э + З_{пр} , \quad (2.16)$$

где МЗ - затраты на все виды материалов, основных, комплектующих и полуфабрикатов;

$З_э$ - затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

$З_{пр}$ - затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос - 30% от фонда оплаты труда).

Расчет материальных затрат

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

Материальные затраты (МЗ, руб.) рассчитываются по формуле (2.17).

$$MЗ = C_{о.м} + C_{др} + C_{ЭН} , \quad (2.17)$$

где $C_{о.м}$ - стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

$C_{ЭН}$ - стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.;

$C_{др}$ - стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие.

К основным - относятся материалы, из которых изготавливаются конструкции, а при процессах сварки также учитываются и сварочные материалы: электроды, сварочная проволока, присадочный материал (защитный газ, сварочный флюс).

Стоимость основных материалов ($C_{о.м}$, руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (2.18).:

$$C_{о.м} = [C_{к.м} + C_{св.пр.} + (C_{зг} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр} , \quad (2.18)$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		60

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

Стоимость конструкционного материала ($C_{к.м}$)

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 20.

$$C_{к.м} = m_{к} \times Ц_{к.м}, \quad (2.19)$$

где $m_{к}$ – масса конструкции, $m_{к} = 0,0967$ т;

$Ц_{к.м}$ - цена одной тонны конструкционного материала, $Ц_{к.м} = 40000$ руб.

$$C_{к.м} = 0,0967 \cdot 40000 = 38680 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 40000 руб. как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет затрат на электродную проволоку

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \psi \cdot Ц_{с.п.} \cdot K_{тр}, \quad (2.20)$$

где $M_{нм}$ – масса наплавленного металла, кг;

ψ - коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в среде CO_2 -
 $\psi = 1,15-1,20$; сварка в смеси K18 $\psi = 1,01-1,04$);

$Ц_{с.п.}$ - оптовая цена 1 кг сварочной проволоки, $Ц_{с.п.} = 80$ руб.;

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

Масса наплавленного металла $M_{нм}$ рассчитывается по формуле:

$$M_{нм} = V_{нм} \cdot \rho_{нм}, \quad (2.21)$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		61

где V_{HM} - объем наплавленного металла, см^3 ;

ρ_{HM} - плотность наплавленного металла, $\text{г}/\text{см}^3$ ($\rho_{стали} = 7,8 \text{ г}/\text{см}^3$).

Объем наплавленного металла V_{HM} рассчитывается по формуле:

$$V_{HM} = L_{шв} \cdot F_o, \quad (2.22)$$

где F_o – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см^2 ;

$L_{шв}$ - длина сварного шва, см.

Исходные данные для расчетов:

$$L_{шв} = 13264 \text{ мм} = 1326,4 \text{ см}$$

$$F_o = 86,05 \text{ мм}^2 = 0,86 \text{ см}^2.$$

$$V_{HM} = 13264 \cdot 0,86 = 114137 \text{ см}^3.$$

$$M_{HM} = 114137 \cdot 7,8 = 89026664 \text{ г} \approx 89026,66 \text{ кг}$$

Производим расчеты $C_{св.пр}$ на изготовление одной металлоконструкции по формуле:

$$C_{св.пр} = 89027 \cdot 1,2 \cdot 80 \cdot 1,05 = 8973922 \text{ руб. (базовый вариант – сварка в } \text{CO}_2\text{)}$$

$C_{св.пр} = 89027 \cdot 1,02 \cdot 80 \cdot 1,05 = 7627833 \text{ руб. (проектируемый вариант – сварка в защитной смеси К-18)}$.

Расчет затрат на защитный газ проводим по формуле (2.23).

$$C_{ог} = t_{осн} \cdot q_{зг} \cdot k_P \cdot Ц_{зг} \cdot K_m, \quad (2.23)$$

где $t_{осн}$ – время сварки в расчете на одно металлоизделие, базовый вариант $t_{осн} = 99,6$ мин., проектируемый вариант $t_{осн} = 27,6$ мин.;

$q_{зг}$ – защитного газа, CO_2 – 8 л/мин., смесь К18 - 26 л/мин.;

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		62

k_p – коэффициент расхода газа, $k_p = 1,1$;

$C_{зг}$ – цена газа за один дм^3 газа в свободном состоянии, CO_2 – 0,08 руб./ дм^3 , смесь К18 – 0,13 руб./ дм^3 ;

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

$C_{зг} = 99,6 \cdot 8 \cdot 1,1 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 73,62$ руб. (базовый вариант – защитный газ CO_2)

$C_{зг} = 27,6 \cdot 26 \cdot 1,1 \cdot 0,13 \cdot 1,05 = 107,75$ руб. (проектируемый вариант – защитная смесь К-18)

Стоимость основных материалов ($C_{о.м}$, руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле:

$$C_{о.м} = (38680 + 8973922 + 73,62) \cdot 1,05 = 9463309 \text{ руб.}$$

$$C_{о.м} = (38680 + 7627833 + 107,75) \cdot 1,05 = 8049952 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию, $Z_{э}$, расходуемую на выполнение технологической операции сварки металлоизделия, рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_{э} = \alpha_{э} \cdot W \cdot Ц_{э}, \quad (2.24)$$

где $\alpha_{э}$ – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг;

W – расход электроэнергии, кВт·ч;

$Ц_{э}$ – цена за 1кВт/ч; $Ц_{э} = 3,16$ кВт/ч.

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		63

Для укрупнённых расчётов при автоматической сварке на постоянном токе величину α можно принимать равной - 5...8 кВт·ч/кг

$$Z_3 = 86,05 \cdot 8 \cdot 0,752 \cdot 3,16 = 1636 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_3 = 5 \cdot 86,05 \cdot 0,752 \cdot 3,16 = 1022 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Материальные расходы ($MЗ$) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле:

По базовому варианту:

$$MЗ = 9463309 + 1636 + 73,62 = 9465019 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$MЗ = 8049952 + 1022 + 107,75 = 8051082 \text{ руб.}$$

Расчет численности производственных рабочих

Определяем численность производственных рабочих (основных рабочих - сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих $Ч_{ор}$, а также сварщиков в их числе $Ч_{св}$ определяется по формуле:

$$Ч_{ор} = \frac{T_{произв. пр.}}{\Phi_{др} \cdot n \cdot K_B}, \quad (2.25)$$

$$Ч_{св} = \frac{T_{год.}}{\Phi_{др} \cdot n \cdot K_B} \quad (2.26)$$

где $T_{произв. пр.}$ - трудоемкость производственной программы, час.;

$\Phi_{др}$ - действительный фонд времени производственного рабочего

($\Phi_{др} = 1870 \text{ час.}$);

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		64

K_B – коэффициент выполнения норм выработки (1,1... 1,3).

$$Ч_{op} = \frac{830}{1870 \cdot 1,1} = 0,4 \text{ примем } Ч_{OP} = 1 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{op} = \frac{620}{1870 \cdot 1,1} = 0,3 \text{ примем } Ч_{op} = 1 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

примем $Ч_{op} = 2$ человек, $Ч_{св} = 1$ человек.

Расчет расходов на оплату труда производственных рабочих

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих (Зпр) с отчислениями на социальное страхование рассчитывается по формуле (при применении повременной формы оплаты труда сварщиков и вспомогательных рабочих)

$$З_{пр} = (P_{пв_{св}} + P_{пв_{вс}}) \cdot K_{пр} \cdot K_{д} \cdot K_{сс} + Д_{вр}, \quad (2.27)$$

$$P_{пв} = T_{ст} \cdot \Phi_r \cdot Ч / N \quad (2.28)$$

где Φ_r - годовой действительный фонд времени одного рабочего, час.

($\Phi_r \approx 1870$ час.);

$T_{ст}$ - тарифная ставка; для сварщиков в базовом варианте - 144 руб./час., в проектируемом - 168 руб./час.; для вспомогательных рабочих - 130 руб/час.;

$Ч$ - количество рабочих; в базовом варианте сварщиков $Ч_{св} = 1$ чел. в проектируемом $Ч_{св} = 1$ чел.

N - годовая программа выпуска металлоизделий, $N = 1000$ шт.

$P_{пв}$ –расценка за единицу изделия для сварщиков $P_{пв_{св}}$ и вспомогательных рабочих $P_{пв_{вс}}$, руб.;

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

$K_{сс}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (социальный взнос), $K_{сс} = 1,3$;

$K_{д}$ - коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы, (статья «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		65

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% -20% от основной зарплаты), Кд - 1,2;

Двр – доплата за вредные условия труда, руб.

$$Р_{пв_{св}} = 144 \cdot 1870 \cdot 1 / 100 = 2693 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Р_{пв_{св}} = 168 \cdot 1870 \cdot 1 / 100 = 3141,6 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Доплата за вредные условия труда (только для сварщиков) рассчитывается по формуле

$$D_{вр} = T_{ст} \cdot T_{вр} , \quad (2.29)$$

где $D_{вр}$ – доплата за вредные условия труда, руб.;

$T_{ст}$ – тарифная ставка сварщиков, для базового варианта $T_{ст} = 144$ руб.; для проектируемого $T_{ст} = 168$ руб.;

$T_{вр}$ – время работы во вредных условиях труда,

$T_{вр} = T_{шт-к}$ (0,05 ... 0,51), мин.; для полуавтоматической и роботизированной сварки коэффициент принимаем соответственно 0,51 и 0,05.

Выполним расчет расходов на оплату труда рабочих $Z_{пр}$ (с учетом доплат за вредность для сварщиков) приходящихся на одно изделие:

$$D_{вр} = 144 \cdot 0,83 \cdot 0,83 \cdot 0,5 = 49,6 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Z_{пр} = 2693 + 49,6 = 2743 \text{ руб.}$$

$$D_{вр} = 168 \cdot 0,62 \cdot 0,62 \cdot 0,5 = 32,3 \text{ руб. (проектный вариант)}$$

$$Z_{пр} = 3141,6 + 32,6 = 3175 \text{ руб.}$$

Выполним расчет расходов на оплату труда рабочих $Z_{пр}$ на годовую программу:

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		66

$$Z_{\text{год}} = N \cdot Z_{\text{пр}}$$

$$Z_{\text{год}} = 1000 \cdot 2743 = 2743000 \text{ руб. (базов. вариант)}$$

$$Z_{\text{год}} = 1000 \cdot 3175 = 3175000 \text{ руб. (проект. вариант)}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости Ст изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ($N = 1000$ шт.) в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, Со.м , руб.	9463309	8049952
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), Сэн, руб.	1636	1022
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), Зпр, руб.	2743	3175
Технологическая себестоимость, Ст, руб./металлоизделие	9467688	8054149

Расчет производственной себестоимости изготовления металлоизделия

Производственная себестоимость ($C_{\text{пр}}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет $C_{\text{пр}}$ проводят по формуле:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{т}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{хоз}} , \quad (2.30)$$

где $C_{\text{т}}$ – технологическая себестоимость, руб.;

$P_{\text{пр}}$ – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{\text{хоз}}$ – общехозяйственные расходы, руб.

В статью «Общепроизводственные расходы» ($P_{\text{пр}}$, руб.) включаются:

– амортизационные отчисления технологического оборудования, установленного в цехе;

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		67

- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;
- расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов;
- расходы на охрану труда работников и др.

$$P_{\text{пр}} = C_A + C_p + P_{\text{пр}}^* \quad (2.31)$$

где C_A – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

C_p - на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

$P_{\text{пр}}^*$ - расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

Затраты на амортизацию оборудования, приходящиеся на одно изделие (C_A), при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии рассчитаем по формуле:

$$C_A = \frac{K_{\text{об}} \cdot N_A \cdot n_o \cdot T_{\text{шт-к}} \cdot K_O}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \quad (2.32)$$

где $K_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

N_A – норма годовых амортизационных отчислений, %; для механизированной сварки $N_A = 14,7$ %;

Φ_D – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час. $\Phi_D = 3828$ час.;

$T_{\text{шт-к}}$ – время на выполнение сварочной операции на годовую программу производства, час.;

K_O – коэффициент загрузки оборудования, $K_O = 0,9$;

n_o – количество оборудования, шт.;

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

Базовый вариант:

$$C_A = \frac{254800 \cdot 14,7 \cdot 830}{100 \cdot 3828 \cdot 1,1} \cdot 0,93 = 7384 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант

$$C_A = \frac{5664000 \cdot 14,7 \cdot 620}{100 \cdot 3828 \cdot 1,1} \cdot 0,8 = 122594 \text{ руб.}$$

Другие затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования, Ср, руб. рассчитываются по формуле:

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot Д}{100} \quad (2.33)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование и техоснастку, руб.;

Значение $Д$ принимается равным 3 %.

$$C_p = \frac{254800 \cdot 3}{100} = 7644 \text{ руб}$$

$$C_p = \frac{5664000 \cdot 3}{100} = 169920 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение), прочие цеховые расходы принимаются в процентах от заработной платы производственных рабочих

$$P_{\text{ПР}}^* = \frac{\%P_{\text{ПР}} \cdot 3\Pi_o}{100}, \quad (2.34)$$

$$P_{\text{ПР}}^* = \frac{2743 \cdot 10}{100} = 274,3 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		69

$$P_{\text{ПП}}^* = \frac{3175 \cdot 10}{100} = 317,5 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

где ЗППр – заработная плата производственных рабочих, руб.;

%РПП – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, %. РПП = 10%.

Расчет общехозяйственных расходов. В статью «Общехозяйственные расходы» ($P_{\text{ХОЗ}}$, руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация зданий и сооружений общезаводского назначения; расходы на содержание зданий и сооружений общезаводского назначения (ремонт и расходы по эксплуатации, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, прочие расходы по содержанию и охране, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний и т.д.). Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле:

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{\%P_{\text{ХОЗ}} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (2.35)$$

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

% Р_{ХОЗ} – процент общехозяйственных расходов, % Р_{ХОЗ} = 25%.

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{25 \cdot 2743}{100} = 686 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{25 \cdot 3175}{100} = 794 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		70

Выполним расчет общепроизводственных расходов (2.31) по базовому варианту:

$$R_{\text{пр}} = 7384 + 7644 + 274,3 = 15302 \text{ руб.}$$

по проектируемому варианту:

$$R_{\text{пр}} = 122594 + 169920 + 317,5 = 292832 \text{ руб.}$$

Выполним расчет производственной себестоимости по формуле (2.30)

По базовому варианту:

$$C_{\text{пр}} = 9467688 + 15302 + 689 = 9483679 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту

$$C_{\text{пр}} = 8054149 + 292832 + 794 = 8347775 \text{ руб.}$$

2.5 Расчет полной себестоимости

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций, $C_{\text{п}}$ производим по формуле:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{пр}} + R_{\text{к}}, \quad (2.36)$$

где $R_{\text{к}}$ – коммерческие расходы, руб.

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ($R_{\text{к}}$, руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку,

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		71

погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{к}} = \frac{\%P_{\text{к}} \cdot C_{\text{пп}}}{100} \quad (2.37)$$

где $\%P_{\text{к}}$ – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости, $\%P_{\text{к}} = 0,1-0,5\%$.

$$P_{\text{к}} = \frac{0,1 \cdot 9483679}{100} = 9484 \text{ (базовый вариант)}$$

$$P_{\text{к}} = \frac{0,1 \cdot 8347775}{100} = 8348 \text{ (проектируемый вариант)}$$

$$C_{\text{п}} = 9483679 + 9484 = 9493163 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{\text{п}} = 8347775 + 8348 = 8356123 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Результаты расчетов себестоимости изготовления металлоизделий сводятся в таблицу 2.6

Таблица 2.6 – Калькуляция себестоимости по сравниваемым вариантам, руб.

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектируемый вариант	Отклонения (+,-) проектируемый вариант в сравнении с базовым
1. Материальные затраты:	9 465 019	8 051 082	1 413 937
2. Затраты на технологическую электроэнергию	1 636	1 022	614
3. Заработная плата производственных рабочих	2 743	3 175	-432
Итого технологическая себестоимость, Ст	9 467 688	8054 149	1 413 539
4. Общепроизводственные расходы, РПР	15 302	292 832	-277 530
5. Общехозяйственные расходы, Рхоз.	686	794	-108
Итого производственная себестоимость, Спр	9 483 679	8 347 775	6 235 904
6. Коммерческие расходы, Рк	9 484	8 348	1 136
Итого полная себестоимость, Сп	9 493 163	8 356 123	1 137 040

2.6 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

Расчет годовой экономии по полной себестоимости, $\Delta C_{\text{п}}$, руб., производим по формуле:

$$\Delta C_{\text{п}} = C_{\text{п1}} - C_{\text{п2}}, \quad (2.38)$$
$$\Delta C_{\text{п}} = 9493163 - 8356123 = 1137040$$

где $C_{\text{п1}}$, $C_{\text{п2}}$ - полная себестоимость годового выпуска продукции по базовому и проектируемому вариантам соответственно.

Технологическая себестоимость в проектируемом варианте меньше технологической себестоимости в базовом варианте за счет снижения расходов на заработную плату и общехозяйственные нужды, а также за счет снижения коммерческих расходов.

Расчет прибыли от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, Π , руб. рассчитываем по формуле (2.41).

Сначала рассчитываем отпускную цену металлоконструкции (C , руб.) по формуле (2.39) по базовому и проектируемому вариантам. Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции, K_p , определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте - 1,3; в проектируемом - 1,5.

$$C = (C_n * K_p) / N, \quad (2.39)$$

где N – годовой объем выпуска изделий, шт., $N = 1000$

$$C_1 = (9493163 \cdot 1,3) / 1000 = 12341 \text{ руб.}$$

$$C_2 = (8356123 \cdot 1,5) / 1000 = 12534 \text{ руб.}$$

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		73

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий (В) по базовому и проектируемому вариантам:

$$B = Ц * N \quad (2.40)$$

$$B_1 = 12341 \cdot 1000 = 12341000 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 12534 \cdot 1000 = 12534000 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (2.42) по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий

$$\Pi = B - C_{п}, \quad (2.41)$$

$$\Pi_1 = 12341000 - 9493163 = 2847837 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 12534000 - 8356123 = 4177877 \text{ руб.}$$

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли $\Delta\Pi$ в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле:

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (2.42)$$

$$\Delta\Pi = 4177877 - 2847837 = 1330040 \text{ руб.}$$

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций, $N_{кр}$) проводим по формуле (58) по базовому и проектируемому вариантам:

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер.}}, \quad (2.43)$$

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		74

где $N_{кр}$ - критический объем выпуска продукции, металлоизделий в расчете на год;

$C_{пост.}$ - постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий $C_{п.}$, за вычетом технологической себестоимости в расчете на годовую программу выпуска, $C_{т.}$);

$Ц$ - отпускная цена металлоконструкции, руб./изделие;

$C_{пер}$ - переменные затраты, включающие технологическую себестоимость единицы изделия, руб./изделие.

$$C_{пер} = C_{тех} / N \quad (2.44)$$

$$C_{пер} = 9467688 / 1000 = 9467,688 \text{ руб}$$

$$C_{пер} = 8054149 / 1000 = 8054,149 \text{ руб}$$

$$N_{кр1} = \frac{25475}{12341 - 9468} = 9 \text{ шт.}$$

$$N_{кр2} = \frac{301974}{12534 - 8054} = 67 \text{ шт.}$$

Расчет рентабельности продукции, R , выполняем по формуле:

$$R = \frac{П}{C_n} * 100 \quad (2.45)$$

$$R_1 = \frac{2847837}{763482,35} \cdot 100 = 20\%$$

$$R_1 = \frac{4177877}{8356123} \cdot 100 = 50\%$$

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.), $П_{тр}$ производим соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		75

$$P_{mp} = \frac{B}{C_{op}}, \quad (2.46)$$

$$P_{mp1} = \frac{12341000}{1} = 12341000 \text{ руб./чел.}$$

$$P_{mp2} = \frac{12534000}{1} = 12534000 \text{ руб./чел.}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений, T_o производим по формуле:

$$T_o = \frac{\Delta K_o}{\Delta\Pi} \quad (2.47)$$

$$T_o = \frac{5664000 - 254800}{1330040} = 4 \text{ года}$$

После проведения экономических расчетов сгруппируем результирующие показатели экономической эффективности в виде таблицы.

Таблица 2.7 – Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5	6
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	1 000	1 000	
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, B	руб.	12 341 000	12 534 000	-193 000
3	Капитальные вложения, K	руб.	2 548 000	5 664 000	3 116
4	Технологическая себестоимость металлоизделия, C _т	руб.	9 467 688	8 054 149	1 413 539
5	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, C _п	руб.	9 493 163	8 356 123	1 137 040
6	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	руб.	2 847 837	4 177 877	-1 330 040

Окончание таблицы 2.7.

1	2	3	4	5	6
7	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	1	1	-
8	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего, в базовых ценах), П _{тр}	руб./чел.	12 341 000	12 534 000	-193 000
9	Рентабельность продукции, R	%	20	50	30
10	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (Т _{ок})	год	4		
11	Точка безубыточности (критический объем выпуска металлоизделий)	шт.	9	67	58

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, прежде всего, в сфере эксплуатации за счет повышения качества и увеличения срока службы сварных соединений металлоизделия.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена за счет сокращения доли общепроизводственных и общехозяйственных расходов в удельной себестоимости металлоизделия, поскольку эти затраты, оставаясь неизменными в целом по предприятию, списываются на себестоимость изделий пропорционально заработной плате производственных рабочих.

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3 Методическая часть

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология сборки и сварки каркаса блока аккумуляторов. В процессе разработки предложена замена механизированной сварки каркаса на электродуговую сварку с использованием роботизированного сварочного комплекса. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет использовать сварочного робота Kawasaki Fa10-d40 автомата для производства процесса сварки. 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 частично механизированной сварки плавлением» (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-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

Профессиональные стандарты применяются:

– работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников,

					ДП 44.03.04.790 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		78

разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

– образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;

– при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301)

2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег.№ 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

В таблице 3.1 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом (3-й разряд) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

Таблица 3.1 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
1	2	3
Трудовая функция	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	Полностью механизированная и автоматическая сварка 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 каркаса блока аккумуляторов вагона</p>	<p>Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документации.</p> <p>Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты.</p> <p>Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования для сварки в среде защитных газов.</p>
Необходимые умения:	Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением каркаса блока аккумуляторов вагона	<p>Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку.</p> <p>Применять сборочные приспособления для сборки и сварки в среде защитных газов</p>
Необходимые знания	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций,</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.</p>

Окончание таблицы 3.1

1	2	3
	выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.	Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов. Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов
Другие характеристики:	Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: механизированная сварка каркаса блока аккумуляторов вагона	Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварка дуговая в среде защитных газов планки автосцепки вагона
Характеристики выполняемых работ:	прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва; частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций типа каркаса блока аккумуляторов вагона	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го 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.

Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов

Необходимые умения:

- Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением, 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 давлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением.
- Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением
- Требования к подготовке 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.
- Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.
- Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82

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

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, общепромышленный и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке 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» является следующее, который представлен в таблице 3.2. Продолжительность обучения 1 месяц.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

Таблица 3.2 - Учебный план переподготовки рабочих

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	66
1.1	Основы экономики отрасли	3
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехника	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	52
2	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	122
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	36
2.2	Работа на предприятии	86
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	176

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного план переподготовки и учета требований работодателей.

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакаты «Промышленный робот Kawasaki Fa10-d40»

План-конспект

Таблица 3.4- План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5мин.	Здравствуйте, садитесь, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 мин	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки» Тема занятия: «Устройства и принцип работы сварочного робота робот Kawasaki Fa10-d40» Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного робота Kawasaki Fa10-d40, их назначении и принципе работы»	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Актуализация опорных знаний 10 мин.	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам: 1. Чем отличается механизированная сварка от автоматической сварки? 2. Для чего в сварочном автомате используют следящее устройство? 3. Каких видов модификаций выпускают сварочные автоматы?	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.
Изложение нового материала 35минут	Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала Сварочными роботами принято называть полностью автоматизированные системы для выполнения сварочных работ с возможностью программирования. Основные задачи, которые преследует роботизация - это вывод человека из сварочной зоны, полная автоматизация производства, а значит и повышение производительности в несколько раз. В настоящее время широко применяется автоматическая сварка. Это объясняется большой производительностью, качеством шва и экономически целесообразным решением.	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение. По мере изложения материала прошу смотреть на рисунки и схемы автомата.

Продолжение таблицы 3.4.

1	2	3
	<p>Серия R, роботы для электродуговой сварки и перемещения</p> <p>Роботы серии R – это новые многофункциональные промышленные роботы Kawasaki с высокими показателями надежности и грузоподъемности. Они подойдут для автоматизации процессов сварки, резки и механической обработки металлов. Прекрасно интегрируются на участок сборки. Благодаря высокой скорости манипуляций серия R идеально подходит для операций перемещения и паллетирования грузов, а также для работы со станками.</p> <p>Эргономичность робота наряду с высокими показателями надежности, точности выполнения поставленных задач и обширным рабочим диапазоном делает его прекрасным рабочим инструментом для широкого спектра использования в разных отраслях промышленности.</p> <p>Давайте рассмотрим основные узлы робота Kawasaki</p>	
	<p>Сварочный робот состоит из механической части (собственно робота) и системы управления. Механическая часть робота имеет подвижную руку и шарнирную кисть, в захвате которой закрепляется рабочий инструмент. Сварочный робот, дополнительно комплектуется необходимым сварочным оборудованием. Например, сварочный робот для дуговой сварки в защитном газе имеет сварочную горелку, механизм подачи проволоки, кассету, газовую аппаратуру, источник питания сварочного тока. В этом случае в качестве рабочего инструмента робота</p> <div data-bbox="694 1496 885 1742" data-label="Image"> </div> <p>используется сварочная горелка (при дуговой сварке) или сварочные клещи (при контактной точечной сварке). Механизм функционирует по определённой программе, и может быть перепрограммирован.</p>	<p>Вместе разбираем устройство механизмов, схемы, записываем основные моменты.</p> <p>Показываю плакат «ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ KAWASAKI FA10-D40»</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.790 ПЗ

Лист

87

Продолжение таблицы 3.4.

1	2	3																																													
	<p>Важный классификационный признак сварочных роботов – это число степеней свободы, то есть подвижность их руки. С увеличением количества степеней свободы сварочного манипулятора, усложняются производственные задачи, которые сможет выполнить этот механизм. Важно, что прообраз такого устройства – это человеческая рука, обладающая 37 подвижностями. Однако это большое число, которое большинству сварочных роботов просто не требуется, так как выполняемые им операции не многочисленны. Наличие трёх – восьми степеней свободы считается достаточным. Устройства для выполнения сварочных работ могут быть стандартного типа или могут производиться под конкретный заказ, исходя из технических требований заказчика.</p> <p>Технические характеристики</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="459 943 724 1010">1. Степеней подвижности</td> <td colspan="3" data-bbox="724 943 1102 1010">6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 1010 724 1111">2. Угол поворота и максимальная скорость</td> <td colspan="3" data-bbox="724 1010 1102 1111">Действие оси</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 1111 724 1800" rowspan="7">3. Грузоподъемность 4. Масса</td> <td colspan="3" data-bbox="724 1111 1102 1144">Поворот руки (JT1)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="724 1144 884 1274">Рука из/в (JT2)</td> <td data-bbox="884 1144 971 1274">Угол поворота</td> <td data-bbox="971 1144 1102 1274">Макс. Скорость</td> </tr> <tr> <td data-bbox="724 1274 884 1375">Рука вверх- вниз (JT3)</td> <td data-bbox="884 1274 971 1375">320 °</td> <td data-bbox="971 1274 1102 1375">160 %с</td> </tr> <tr> <td data-bbox="724 1375 884 1476">Поворот запястья (JT4)</td> <td data-bbox="884 1375 971 1476">245 °</td> <td data-bbox="971 1375 1102 1476">140 %с</td> </tr> <tr> <td data-bbox="724 1476 884 1576">Изгиб запястья (JT5)</td> <td data-bbox="884 1476 971 1576">275 °</td> <td data-bbox="971 1476 1102 1576">160 %с</td> </tr> <tr> <td data-bbox="724 1576 884 1677">Кручение запястья (JT6)</td> <td data-bbox="884 1576 971 1677">540 °</td> <td data-bbox="971 1576 1102 1677">330 %с</td> </tr> <tr> <td data-bbox="724 1677 884 1800">10 кг</td> <td data-bbox="884 1677 971 1800">290 °</td> <td data-bbox="971 1677 1102 1800">330 %с</td> </tr> <tr> <td data-bbox="724 1800 884 1868">280 кг</td> <td data-bbox="884 1800 971 1868">720 °</td> <td data-bbox="971 1800 1102 1868">500 %с</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 1800 724 1868">5. Зона досягаемости</td> <td colspan="3" data-bbox="724 1800 1102 1868">1850 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 1868 724 1935">6. Максимальная скорость</td> <td colspan="3" data-bbox="724 1868 1102 1935">Макс. 9200 мм/с в прямолинейном движении</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 1935 724 1984">7. Контроллер</td> <td colspan="3" data-bbox="724 1935 1102 1984">D40</td> </tr> </table>	1. Степеней подвижности	6			2. Угол поворота и максимальная скорость	Действие оси			3. Грузоподъемность 4. Масса	Поворот руки (JT1)			Рука из/в (JT2)	Угол поворота	Макс. Скорость	Рука вверх- вниз (JT3)	320 °	160 %с	Поворот запястья (JT4)	245 °	140 %с	Изгиб запястья (JT5)	275 °	160 %с	Кручение запястья (JT6)	540 °	330 %с	10 кг	290 °	330 %с	280 кг	720 °	500 %с	5. Зона досягаемости	1850 мм			6. Максимальная скорость	Макс. 9200 мм/с в прямолинейном движении			7. Контроллер	D40			<p>Рассматриваем технические характеристики робота Kawasaki FA10-D40</p>
1. Степеней подвижности	6																																														
2. Угол поворота и максимальная скорость	Действие оси																																														
3. Грузоподъемность 4. Масса	Поворот руки (JT1)																																														
	Рука из/в (JT2)	Угол поворота	Макс. Скорость																																												
	Рука вверх- вниз (JT3)	320 °	160 %с																																												
	Поворот запястья (JT4)	245 °	140 %с																																												
	Изгиб запястья (JT5)	275 °	160 %с																																												
	Кручение запястья (JT6)	540 °	330 %с																																												
	10 кг	290 °	330 %с																																												
280 кг	720 °	500 %с																																													
5. Зона досягаемости	1850 мм																																														
6. Максимальная скорость	Макс. 9200 мм/с в прямолинейном движении																																														
7. Контроллер	D40																																														

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.790 ПЗ

Лист

88

Окончание таблицы 3.4.

1	2	3
<p>Выдача домашнего задания. 5 минут</p>	<p>Теперь запишем домашнее задание: повторить из каких узлов состоит сварочный робот и сколько степеней свободы имеет.</p>	<p>Разбираем домашние задание, что нужно повторить к следующей теме.</p>

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения в системе начального профессионального образования. Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали профессиональный стандарт рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- 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.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90

Заключение

В результате выполнения дипломного проекта мной был проанализирован базовый вариант изготовления каркаса блока аккумуляторов локомотива, выявлены его минусы. Были рассмотрены различные способы сварки и выбран один, по которому и разрабатывался в дальнейшем дипломный проект. Сделаны расчеты режимов сварки.

Рассчитана экономическая эффективность проектируемого способа, которая доказала, что проектируемый способ является экономически выгодным для производства.

В дипломном проекте произведен расчет экономической эффективности от внедрения проектируемых технологических решений, и разработана программа переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		91

Список использованных источников

1 Николаев, Г.А. Сварка в машиностроении: справочник,/ Г.А. Николаев. – М.: Машиностроение, 1978.

Т.1. Справочник - 504 с.

Т.2. Справочник - 462 с.

Т.3. Справочник - 567 с.

Т.4. Справочник - 512 с.

2 Справочник сварщика/ Под ред. В.В. Степанова. - Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1975. - 520с.

3 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением/ А.И. Акулов, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. - 431 с.

4 Катаев, Р.Ф. Расчет основных параметров режима механизированной дуговой сварки/ Р.Ф. Катаев. – Екатеринбург: Сфера, 1992. -36 с.

5 Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов / К.В. Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. – Киев: Вища школа, 1976. – 424 с.

6 Бакиев, А. В. Технология аппаратостроения: учебное пособие / А.В. Бакиев. - Уфа: УГНТУ, 1995. - 297 с

7 Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / М. Колосков. - М.: Машиностроение, 2003. - 784 с.

8 Кнорозов, Б. В. Технология металлов / Л.Ф. Усова, А.В Третьяков, Б.В. Кнорозов. - М.: Металлургия, 1978. - 324 с.

9 Макарова. Э.Л. Сварка и свариваемые материалы/ Э. Л. Макарова. - М.: Металлургия, 1991. - 528 с.

10 Куликов, В.П. Технология сварки плавлением / В.П. Куликов. -Мн.: Дизайн ПРО, 2000. - 256 с.

11 Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением / СИ. Думов. - М.: Машиностроение, 1987. - 458 с.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92

12 Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский. - М.: Машиностроение, 1974. - 233 с.

13 Николаева, Г.А. Сварка в машиностроении: справочник / под ред. Г.А. Николаева. - М.: Машиностроение, 1978.

Т.1 – 385 с.

Т.2 - 391 с.

14 Елагин, А.В. Сварка в среде защитных газов / А.В. Елагин. - М: машиностроение 1971 - 263 с.

15 Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли» / сост. Л.Т. Плаксина, В.И. Панов, С.А. Задорина. - Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос гос. проф.-пед. ун-т, 2008. - 38 с.

16 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением/ А.И. Акулов, Г.А, Бельчук, В.П. Демянлевич. - М.: Машиностроение, 1977. -432 с.

17 Промышленное оборудование. Каталог №5 / Совплим // Промышленное оборудование. - М.: Дюкон, 2015. - 98 с.

18 Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. акад. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. - 768 с.

19 Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова. - М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.

20 Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного, производства / Л.А. Этингоф, А.Д. Гитлевич. - М: Машиностроение, 1979. -280с.

21 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация при производстве сварных конструкций: атлас / С.А. Куркин. — М.: Машиностроение, 1986. -327с.

22 Волченко, В.К. Контроль качества сварки / В.Н. Волченко. -М.: Машиностроение, 1975. - 328 с.

23 Троицкий, В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.П. Радько, В.Г. Демидко, В.А Троицкий. - Киев: Вища школа, 2003. -1144 с.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

24 Куркин, С.А., Сварные конструкции / Г.А. Николаев, С.А. Куркин. - М.: Высш. шк. 1991. - 397 с.

25 Карпей, Т.В. Экономика, организация и планирование промышленного производства / Т.Е. Карпей, - Мн.: Дизайн ПРО, 2004. -328 с.

26 Беляева, А. П. Профессионально - педагогическая технология в профессиональных учебных заведениях / А.Л. Беляевой. - СПб.: Высш. шк., 1995.- 294с.

27 Беспалько, В. П. Теоретические основы стандартизации образования: Педагогическое обеспечение Государственного стандарта образования: методическое пособие / В. П. Беспалько. - М.: Высш. шк. 1994. - 240 с.

28 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия / переиздание с поправками и изм. 1 от 18.05.2011 – Москва. ред. 2011. – 19 с.

29 ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия / переиздание с поправками и изм. №1,2 от 21.12.2017 – Москва. ред. 2018. – 22 с.

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		94

					<i>ДП 44.03.04.790 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		95