

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СВАРКИ КРОНШТЕЙНА**

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: 159

Екатеринбург 2018

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ИММ

_____ Б.Н. Гузанов

«__» _____ 2018г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки
кронштейна

Исполнитель:
студент группы СМ-403

Д.О. Корепанов

Руководитель:
доц., канд. техн. наук

Д.Х. Билалов

Нормоконтролер:
доц., канд. техн. наук

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2018

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

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 82 страницах, содержит 11 рисунков, 22 таблицы, 30 источников литературы, 1 приложение.

Ключевые слова: КРОНШТЕЙН, СТАЛЬ 20Х13, ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ, УСТАНОВКА ДЛЯ СБОРКИ, РОБОТИЗИРОВАННАЯ ЯЧЕЙКА, ТАВРОВЫЙ СВАРНОЙ ШОВ С V-ОБРАЗНОЙ РАЗДЕЛКОЙ КРОМОК, РАСЧЕТ РЕЖИМОВ СВАРКИ, УЧЕБНЫЙ ПЛАН, ПЛАН-КОНСПЕКТ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

Корепанов Д.О. Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки кронштейна: выпускная квалификационная работа / Д.О. Корепанов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т. Инж.-пед. образования, Каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2018. – 82 с.

Краткая характеристики содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки кронштейна».

2. Цель работы: разработка технологического процесса изготовления кронштейна с использованием автоматической сварки.

3. В проекте разработан технологический процесс для сварки тавровых швов кронштейна. Предложена конструкция установки для сборки и сварки тавровых стыков изделия. Рассчитаны режимы сварки для проектного варианта – автоматической сварки в среде защитных газов. В методической части проекта разработана документация, включающая учебный план, учебную программу и план-конспект урока теоретического обучения. Приведено экономическое обоснование эффективности замены ручной дуговой сварки на автоматическую в среде защитных газов.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Разработка технологии компоновка оборудования	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Корепанов</i>						4	82
<i>Провер.</i>	<i>Билалов Д.Х.</i>					ФГАОУ ВО РГППУ каф. ИММ гр. СМ-403		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Плаксина</i>							
<i>Утв.</i>	<i>Гузанов Б.Н.</i>							

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	6
1	Технологический раздел	8
1.1	Описание проектируемой конструкции	8
1.2	Характеристика основного металла	9
1.3	Особенности сварки стали	9
1.4	Свариваемость стали	11
1.5	Выбор способа сварки изделия	14
1.6	Выбор сварочных материалов	15
1.7	Расчет режимов сварки	18
1.8	Выбор оборудования	25
1.9	Контроль качества сварных соединений	30
1.10	Технология изготовления	33
2	Экономическая часть	35
2.1	Определение капиталобразующих инвестиций	35
2.2	Определение себестоимости изготовления металлоконструкции	42
2.3	Расчет основных показателей сравнительной эффективности	58
3	Методический раздел	64
3.1	Сравнительный анализ профессиональных стандартов	65
3.2	Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»	70
3.3	Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	71
3.4	Разработка плана-конспекта урока	72
	Заключение	78
	Список использованных источников	79
	Приложение А – Спецификация	82

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сварка является одним из ведущих технологических процессов в машиностроении. Сварка как высокопроизводительный способ изготовления неразъемных соединений находит широкое применение при изготовлении металлургического, химического и энергетического оборудования, в машиностроении, в производстве строительных и других конструкций [3].

Конструкция кронштейн представляет собой ответственное изделие, наиболее эффективным, экономичным и производительным способом сварки которого является автоматизированная сварка.

В проекте разрабатывается технология и оборудование сварки кронштейна. В качестве базового варианта принимается ручная дуговая сварка с V - образной разделкой кромок, а в качестве проектируемого – сварка в среде защитного газа с V - образной разделкой кромок.

Объектом разработки является технология изготовления металлоконструкции.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки кронштейна.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления кронштейна с использованием автоматической сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки;

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

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие *методы*:

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

- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		

1 Технологическая часть

1.1 Описание проектируемой конструкции

Кронштейн - консольная опорная деталь или конструкция, служащая для крепления частей машин или сооружений к вертикальной или горизонтальной поверхности. Конструктивно кронштейн выполняется в виде самостоятельной детали с раскосом или в виде значительного утолщения в базовой детали.

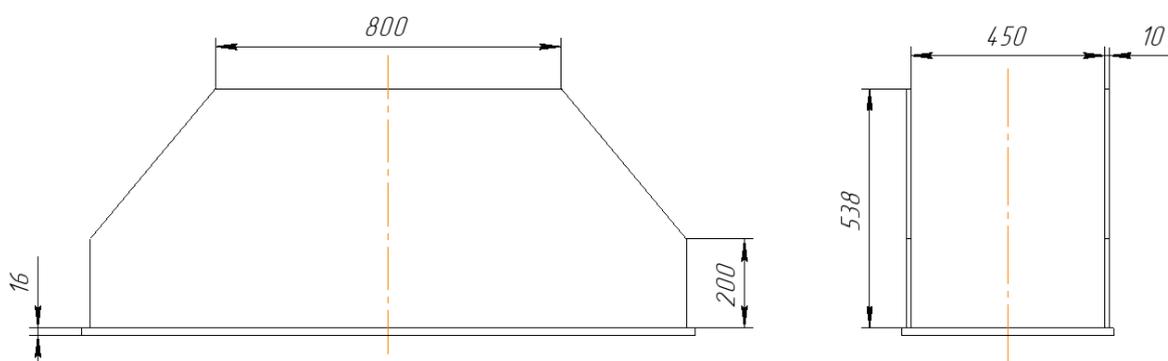


Рисунок 1.1 – Кронштейн опорный

Сварная конструкция «Кронштейн» является составной частью механизмов и устройств, предназначенных для работы в слабоагрессивных газовых средах при температуре 150-200° С, таких как доменные газы, газы, образующиеся при сгорании топлива на теплоэлектростанциях и т.п.

Кронштейн представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из плиты и ребер. Плита изготавливается из листа толщиной 16 мм, путём лазерной резки. Ребра изготавливаются из листа толщиной 10 мм, путём лазерной резки. Данные сборочные единицы и детали соединены между собой угловыми швами тавровых и угловых соединений. В ребрах кронштейна предусмотрены отверстия для размещения осей, служащих для крепления растяжек, подвесов.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		8

1.2 Характеристика основного материала

Обоснование материала сварной конструкции производится с учетом следующих основных требований:

-обеспечения прочности и жесткости при наименьших затратах ее изготовления с учетом максимальной экономии металла;

-обеспечения надежности эксплуатации конструкции при заданных нагрузках, при переменных температурах в агрессивных средах.

Весь поступающий металл должен иметь сертификат, в котором указываются марка металла, вид проката, его размеры, количество, номер плавки, химический состав металла, механические свойства. При отсутствии сертификата материал не допускается в производство до полного испытания, проведенного на основе ГОСТов [1]. В качестве основного материала для изготовления сварной конструкции «Кронштейн» используется коррозионностойкая жаропрочная сталь для сварных конструкций – 20Х13 выпускаемая по ГОСТ 5582-75. Химический состав и механические свойства приведены в таблице 1.1 и таблице 1.2 соответственно.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 20Х13 [2]

Марка стали	ГОСТ	Содержание элементов, %							
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
20Х13	5582-75	0,16-0,25	0,8	0,8	12-14	0,6	0,30	0,025	0,030

Таблица 1.2 – Механические свойства [29]

Характеристика	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
Значение	509	372	20

1.3 Особенности сварки стали 20Х13

Коррозионностойкая жаропрочная сталь 20Х13 относится к числу удовлетворительно свариваемым сплавов.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		9

Сварка коррозионностойких сталей имеет свои нюансы, которые определяются свойствами этого материала:

- присутствие в составе стали хрома. Этот металл под воздействием высокой температуры реагирует с углеродом, образуя карбид хрома, тем самым снижается прочность сварного соединения [7]. Поэтому место сварки быстро охлаждают (иногда даже обычной водой).
- пониженная теплопроводность. В связи с чем, силу тока сварки необходимо снизить на 15-20% по сравнению с процессом обработки обычной стали.
- повышенный коэффициент расширения металла. Поэтому необходимо постоянно следить за величиной зазора между свариваемыми деталями.
- большое электрическое сопротивление. По этой причине электроды с хромоникелевыми стержнями имеют ограниченную (до 350 мм) длину.

Сталь 20X13 применяют в тех случаях, когда изделия, работающие при температурах 100-150° С должны обладать достаточно высокой коррозионной стойкостью, прочностью, а также достаточной пластичностью и вязкостью.

После сварки изделие загружается в печь и выдерживается при температуре 100-120° С в течение 2 часов для завершения распада аустенит-мартенсит без образования трещин. Далее выполняется высокотемпературный отпуск при температуре 700° С в течение 3 часов. Конечная структура после высокого отпуска будет грубозернистой ферритокарбидной. Высокий отпуск улучшает пластичность и коррозионную стойкость как основного металла, так и металла сварного шва при сварке с присадочным материалом близкого химического состава. В целях максимального ограничения роста зерен при сварке предпочтительны методы с концентрированными источниками теплоты и малой погонной энергией. При ручной дуговой сварке и сварке в защитном газе используют сварочные

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		10

материалы, позволяющие получить металл шва, по составу подобный основному [7].

1.4 Свариваемость стали

Горячие трещины – хрупкие межкристаллические разрушения металла шва и зоны термического влияния, возникающие в твёрдо-жидком состоянии при завершении кристаллизации, а также в твёрдом состоянии при высоких температурах на этапе преимущественного развития межзёрненной деформации. Они могут возникать при неблагоприятном сочетании некоторых факторов, связанных с понижением деформационной способности металла вследствие наличия в структуре легкоплавких эвтектик, дефектов кристаллического строения, выделения хрупких фаз, включения водорода (водородная болезнь) и т. д. [7].

Холодные трещины – это дефекты, которые образуются по окончании сварки или после нанесения отдельных слоев наплавленного металла, когда температура в зоне сварного соединения окажется ниже $250...200^{\circ}\text{C}$. Эти трещины могут возникать в зоне термического влияния и в металле сварного шва. По своему расположению это могут быть трещины продольные или поперечные [7].

Свариваемостью называется способность металлов образовывать при установленной технологии сварки сварное соединение, металл шва которого имел бы механические свойства, близкие к основному металлу [5].

Расчет свариваемости стали 20Х13

Устанавливаем свариваемость марки стали по диаграмме Шеффлера, рассчитав эквивалент хрома и никеля.

$$Cr_3 = \%Cr + \%Mo + 1,5\%Si + 0,5\%Nb \quad (1.1)$$

$$Cr_3 = 13 + 1,5 * 0,8 = 14,2\%$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		11

где Cr, Mo, Si, Nb – содержание соответствующих химических элементов (в %) в стали 20X13 по таблице 1.1.

$$Ni_3 = \%Ni + 30\%C + 0,5\%Mn \quad (1.2)$$

$$Ni_3 = 0,6 + 30 * 0,2 + 0,5 * 0,8 = 7\%$$

где Ni, C, Mn – содержание соответствующих химических элементов (в %) в стали 20X13 по таблице 1.1.

Рассчитанный эквивалент хрома (Cr_3) и никеля (Ni_3) сопоставим на диаграмме Шеффлера, которая показана на рисунке 1.2.

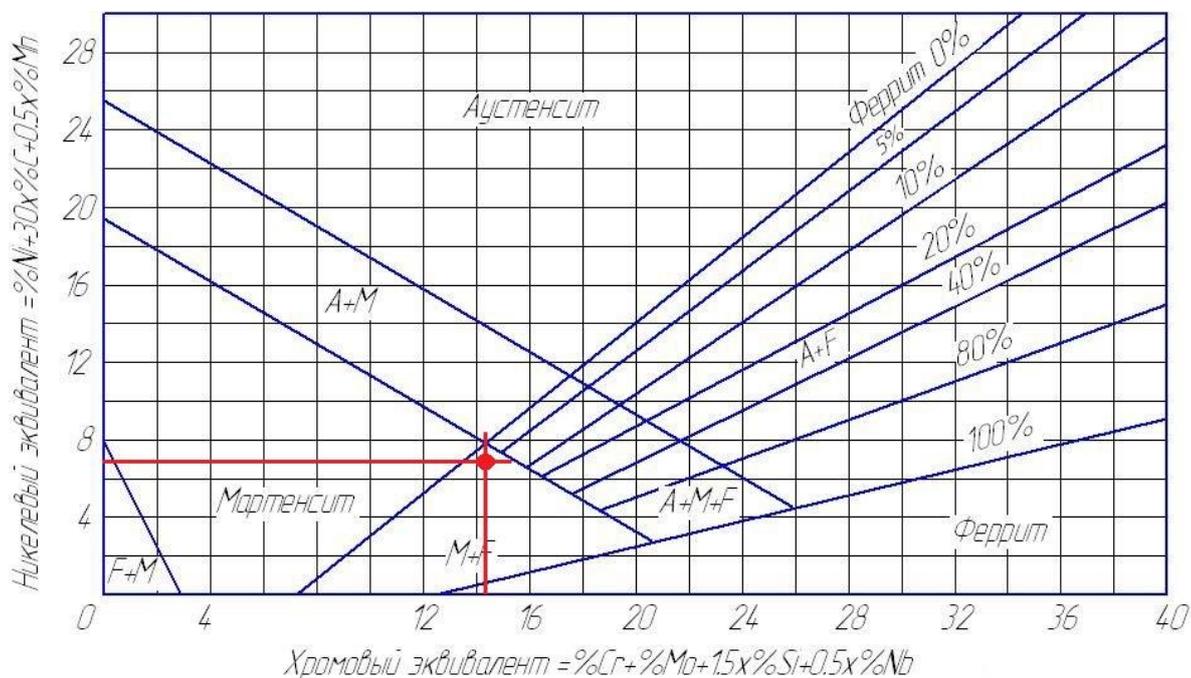


Рисунок 1.2 – Диаграмма Шеффлера

Полученная точка говорит нам о том, что сталь 20X13 имеет мартенситно-ферритную структуру, граничащую с мартенситной. Это значит, что сталь в условиях сварочного термического цикла в участках зоны термического влияния закаливается на мартенсит [1]. Высокая твердость и низкая деформационная способность металла с мартенситной структурой в результате деформаций, сопровождающих сварку, а также длительного воздействия высоких остаточных и структурных напряжений, всегда

Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат
------	------	----------	--------	-----

имеющихся в сварных соединениях в исходном состоянии после сварки, приводят к возможности образования холодных трещин [7]. Они, как правило, образуются на последней стадии непрерывного охлаждения (обычно при температурах 100° С и более низких) или при выдержке металла при комнатных температурах. Водород, находящийся в металле сварного соединения и диффундирующий в него даже при низких температурах, значительно способствует образованию холодных трещин.

Сварка стали 20Х13 толщиной до 8-10 мм. в углекислом газе без предварительного подогрева в изделиях небольшой жесткости не вызывает трещин [7].

Радикальная мера предотвращения трещин — применение предварительного и сопутствующего сварке подогрева. Обычно для хромистых сталей мартенситного и мартенситно-ферритных классов рекомендуется общий (или иногда местный) подогрев до температуры 200 - 450° С [7].

Расчет стали 20Х13 на склонность к горячим трещинам

Рассчитаем склонность стали к горячим трещинам при помощи показателя Уилкинсона (HCS), вычисляемого по формуле (1.3):

$$HCS = \frac{c(S+P+\frac{Si}{25}+0,01*Ni)*10^3}{3*Mn+Cr+Mo+V} \quad (1.3)$$

где С, S, P, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – содержание соответствующих химических элементов (в %) в стали 20Х13 по таблице 1.1.

По формуле 1.3 склонность стали 20Х13 к появлению горячих трещин составляет:

$$HCS = \frac{0,2(0,025+0,030+\frac{0,8}{25}+0,01*0,6)}{3*0,8+13} = \frac{0,0186}{15,4} = 1,2$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		13

Условием появления горячих трещин является значение показателя $HCS > 2$, соответственно сталь 20X13 с показателем $HCS = 1,2$ не склонна к горячим трещинам.

1.5 Выбор способа сварки изделия

Исходя из конструкции сварного кронштейна (Рисунок 1.1), можно сделать вывод, что швы изделия имеют небольшую длину. В совокупности с небольшой толщиной свариваемых деталей наиболее целесообразно использовать высоко механизированные и автоматизированные способы сварки. Способ сварки зависит от толщины металла и свойств свариваемого материала, типа сварочного соединения и положения сварочного шва в пространстве по справочной литературе.

С учетом максимальной производительности процесса сварки при условии получения требуемых геометрических размеров поперечного сечения шва, мы выбираем автоматическую сварку в смеси инертных газов.

Сварка с использованием защитной сварочной смеси в баллонах широко используется западными и отечественными производителями. Ее применяют как для мелких бытовых изделий, так и для крупнейших металлоконструкций.

Аргонодуговая сварка TIG широко используется для сварки тонких листов из коррозионностойкой стали. В качестве защитного сварочного газа наиболее часто используется 100% аргон. Для автоматической сварки иногда применяют аргонно-гелиевую смесь [8].

Аргонодуговая сварка может быть без подачи присадочной проволоки (для сварки тонкого металла), так и с подачей, вручную или автоматически [5].

На рисунке 1.3 изображена технология сварки в среде защитных газов.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		

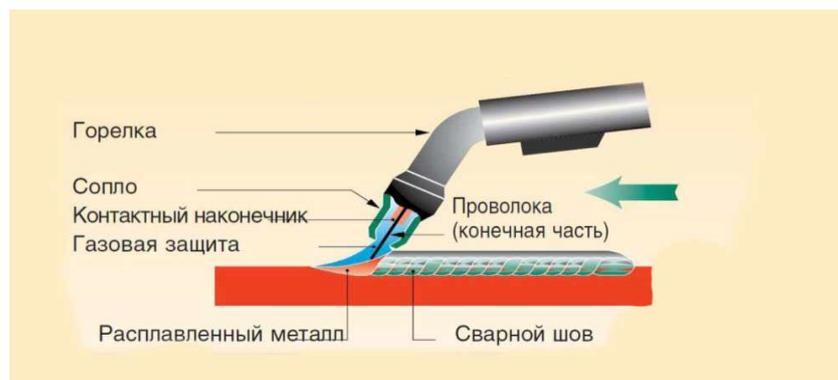


Рисунок 1.3 – Технология сварки в среде защитных газов

При автоматической сварке коррозионностойкой стали используются несколько процессов, таких как сварка короткой дугой, сварка со струйным переносом и импульсная сварка. Сварка короткой дугой применяется при сварке тонкого металла, струйный перенос – для сварки более толстых изделий [10].

Сварка в среде инертных газов производится неплавящимся вольфрамовым электродом или плавящимся электродом, по химическому составу близким к составу свариваемого металла; она осуществляется вручную, полуавтоматически или автоматически [11]. Этот вид сварки удобен для выполнения сварных соединений в любых пространственных положениях, легко поддается механизации, позволяет наблюдать за сварочной ванной в процессе работы, имеет довольно высокую производительность, достигающую при ручной сварке 40-50 м/ч, а при автоматической - 200 м/ч.

1.6 Выбор сварочных материалов

Защитный газ

В качестве защитных газов при сварке плавлением применяют инертные газы, активные газы и их смеси [10].

Инертными называют газы, не способные к химическим реакциям и практически не растворимые в металлах. Это одноатомные газы, атомы

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		15

которых имеют заполненные электронами наружные электронные оболочки, чем и обусловлена их химическая инертность. Из инертных газов для сварки используют аргон, гелий и их смеси. Активными защитными газами называют газы, способные защищать зону сварки от доступа воздуха и вместе с тем химически реагирующие со свариваемым металлом или физически растворяющиеся в нем [8]. При дуговой сварке стали в качестве защитной среды применяют углекислый газ. Ввиду химической активности его по отношению к вольфраму сварку в этом газе ведут только плавящимся электродом. Применение углекислого газа обеспечивает надежную защиту зоны сварки от соприкосновения с воздухом и предупреждает азотирование металла шва. Углекислый газ оказывает на металл сварочной ванны окисляющее, а также науглероживающее действие [10]. Из легирующих элементов ванны наиболее сильно окисляются алюминий, титан и цирконий, менее интенсивно — кремний, марганец, хром, ванадий и др. [9].

Преимущество защитных газовых смесей:

- небольшое разбрызгивание металла;
- превосходная глубина проплавления;
- незначительность деформации металла при сварке;
- меньшее потребление сварочной проволоки;
- высокая степень скорости сварки;
- наибольшая эффективность с точки зрения уменьшения общих затрат на сварку.

Наиболее подходящим защитным газом для сварки конструкции кронштейн является смесь инертных газов CORGON-10 (К-10).

Использование защитной газовой смеси CORGON-10 уменьшает количество оксидных включений и измельчает зерно, тем самым улучшая микроструктуру металла [13].

Газовая смесь CORGON-10 - это смесь 90 % аргона и 10 % диоксида углерода. Наиболее универсальные двухкомпонентные смеси для сварки углеродистых конструкционных и некоторых легированных сталей [14].

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		16

Вывод: для сварки конструкции кронштейн опорный выбираем смесь защитных газов CORGON-10 (K-10).

Сварочная проволока

Наиболее часто при сварке в качестве присадочного металла используют сварочную проволоку, полученную либо горячей прокаткой, либо волочением после горячей прокатки [4].

Обычную сварочную проволоку изготавливают из хорошо деформируемых металлов. Однако, если металл шва должен иметь высокую твердость и исходный присадочный металл плохо деформируется в холодном и горячем состояниях, изготовление проволоки прокаткой или волочением невозможно; дополнительный металл изготавливают литьем в виде присадочных прутков [1].

В качестве сварочной проволоки лучше всего использовать Св-06Х14, химический состав которой представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Химический состав сварочной проволоки Св-06Х14 [28]

Содержание элементов, %							
С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,16-0,25	0,8	0,8	12-14	0,6	0,30	до 0,025	до 0,030

При проведении сварки проволока Св-06Х14 позволяет снизить количество используемого материала, уменьшив при этом и затраты на создание различных конструкций.

Среди полезных свойств проволоки можно отметить помимо прочего и возможность выполнять сварку под высоким давлением.

1.7 Расчет режимов сварки

Режимом сварки называется совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных соединений заданных

размеров, форм, качества. При всех дуговых способах сварки такими характеристиками являются следующие параметры: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение на дуге, скорость перемещения электрода вдоль шва (скорость сварки), род тока и полярность. При механизированных способах сварки добавляется ещё один параметр - скорость подачи сварочной проволоки [11].

Расчет площади наплавленного металла

По ГОСТ 14771-76: соединение Т8, сварка в среде защитных газов со скосом двух кромок односторонний [27]. Данное соединение показано на рисунке 1.4.

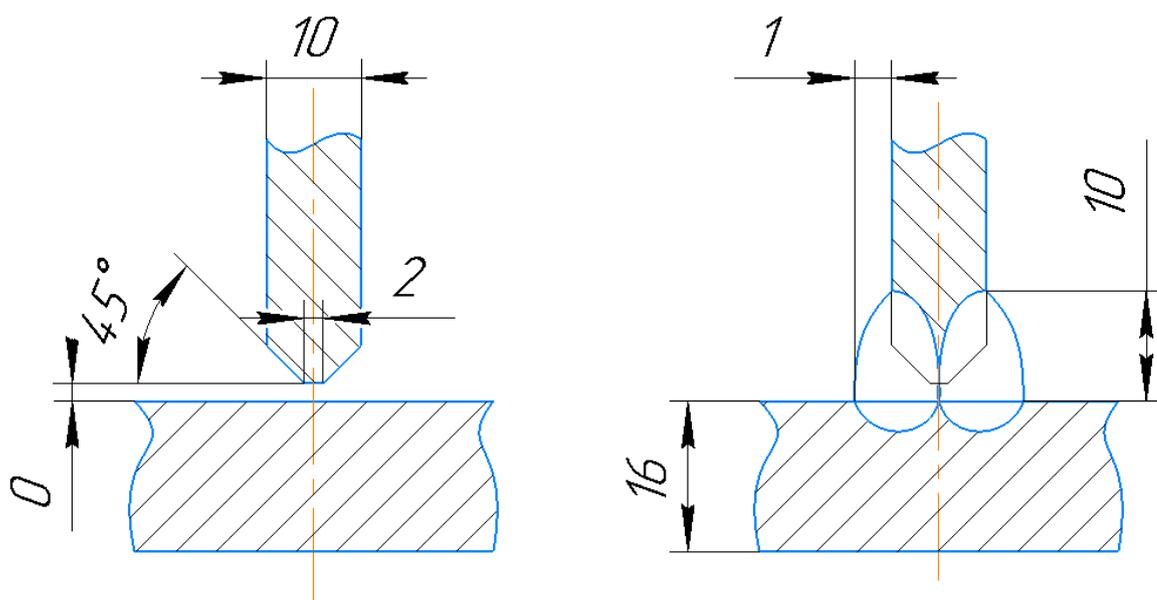


Рисунок 1.4 – Тавровое соединение Т8 по ГОСТ 14771-76

Рассчитаем площадь наплавленного металла выпуклости по формуле (1.4):

$$F_1 = 0,73 * e * q \quad (1.4)$$

$$F_1 = 0,73 * 10 * 1 = 7,3 \text{ мм}^2$$

где e – длина усиления, мм;
 q – ширина усиления, мм.

Рассчитаем площадь наплавленного металла треугольника по формуле (1.5):

$$F_2 = \frac{k^2}{2} \quad (1.5)$$
$$F_2 = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2$$

где k – катет, мм.

Площадь наплавленного металла по формуле 1.4 составит:

$$F_H = 7,3 + 32 = 39,3 = 39 \text{ мм}^2$$

Расчет режимов сварки автоматическим способом

1) Рассчитаем диаметр электродной проволоки ($d_э$) по известной площади наплавленного металла (F_H):

$$d_э = K_d * F_H^{0,625} \quad (1.6)$$

где K_d – коэффициент, равен от 0,149 до 0,409;

F_H – площадь наплавленного металла, мм².

Диаметр электродной проволоки будет равен:

$$d_{э1} = 0,149 * 39^{0,625} = 1,5 \text{ мм}$$

$$d_{э2} = 0,409 * 39^{0,625} = 4,2 \text{ мм}$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		19

Рассчитанный диаметр электродной проволоки ($d_э$) составил от 1,5 до 4,2 мм., который округляют до ближайшего стандартного: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3; 4 и в дальнейших расчетах используют стандартное значение [7].

Выбираю диаметр электродной проволоки 1,6 мм.

2) Глубина проплавления находится по формуле (1.7):

$$h_p = 0,35 * S - 0,5 * b \quad (1.7)$$

$$h_p = 0,35 * 10 - 0,5 * 0 = 3,5 \text{ мм}$$

где S – толщина свариваемой детали, мм;

b – зазор между свариваемыми деталями, мм.

3) Сила сварочного тока, обеспечивающая заданную глубину проплавления, рассчитывается по формуле (1.8):

$$I_{св} = \frac{h_p}{k_h} * 100 \quad (1.8)$$

$$I_{св} = \frac{3,5}{1,75} * 100 = 200 \text{ А}$$

где h_p – необходимая глубина проплавления, мм;

k_h – коэффициент пропорциональности, будет равен 1,75.

4) Находим плотность тока по формуле (1.9):

$$j = \frac{4 * I_{св}}{\pi * d_э^2} \quad (1.9)$$

$$j = \frac{4 * 200}{3,14 * 1,6^2} = \frac{800}{8} = 100 \text{ А/мм}^2$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

где $I_{св}$ – величина сварочного тока, А;
 π – математическая постоянная, равная 3,14;
 $d_{э}$ – диаметр электродной проволоки, мм.

5) Находим коэффициент наплавки по формуле (1.10):

$$\alpha_H = \alpha_p * \frac{100 - \varphi_{\Pi}}{100} \quad (1.10)$$

$$\alpha_H = 13,2 * \frac{100 - 3,8}{100} = 13,2 * 0,962 = 12,7\%$$

где α_p – коэффициент расплавления;
 φ_{Π} – коэффициент потерь электродного металла, равен 3,8 %.

Коэффициент расплавления находим по формуле (1.11):

$$\alpha_p = 1,21 * I_{св}^{0,32} * l_{э}^{0,39} * d_{э}^{(-0,64)} \quad (1.11)$$

$$\alpha_p = 1,21 * 5,4 * 2,9 * 0,7 = 13,2 \text{ г/А*ч}$$

где $I_{св}$ – величина сварочного тока, А;
 $l_{э}$ – вылет электрода, мм;
 $d_{э}$ – диаметр электродной проволоки, мм.

б) Рассчитаем скорость сварки по формуле (1.12):

$$V_{св} = \frac{\alpha_H * I_{св}}{3600 * \rho * F_H} \quad (1.12)$$

$$V_{св} = \frac{12,7 * 200}{3600 * 7,8 * 0,39} = 0,28 \text{ см/с} = 10 \text{ м/ч}$$

где α_H – коэффициент расплавления;

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

ρ – плотность металла, равная 7,8 г/см³;

F_H – площадь наплавленного металла, см².

7) Напряжение на дуге рассчитывается по формуле (1.13):

$$U_d = 14 + 0,05 * I_{св} \quad (1.13)$$

$$U_d = 14 + 0,05 * 200 = 24 \text{ В}$$

где $I_{св}$ – величина сварочного тока, А.

8) Погонная энергия сварки рассчитывается по формуле (1.14):

$$q_{п} = \frac{I_{св} * U_d * \eta}{V_{св}} \quad (1.14)$$

$$q_{п} = \frac{200 * 24 * 0,7}{0,28} = 12000 \text{ Дж/см}$$

где $I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

U_d – величина напряжения на дуге, В;

η – эффективный тепловой КПД дуги, равный 0,7;

$V_{св}$ – скорость сварки, см/с.

9) Коэффициент формы провара находится по формуле (1.15):

$$\psi_{пр} = K' * (19 - 0,01 * I_{св}) * \frac{d_{э} * U_d}{I_{св}} \quad (1.15)$$

где K' - коэффициент

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

$d_{э}$ – диаметр электродной проволоки, мм;

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		22

U_d – напряжение на дуге, В.

10) Коэффициент K' рассчитывается по формуле (1.16):

$$K' = 0,367 * j^{0,1925} = 0,367 * 2,4 = 0,88 \quad (1.16)$$

где j – плотность тока, А/мм².

11) Коэффициент формы провара будет равен по формуле 1.16:

$$\psi_{\text{пр}} = 0,88 * (19 - 0,01 * 200) * \frac{1,6 * 24}{200} = 2,9$$

12) Фактическая глубина проплавления рассчитывается по формуле (1.17):

$$h = 0,081 * \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}} \quad (1.17)$$

$$h = 0,081 * \sqrt{\frac{12000}{2,9}} = 0,081 * \sqrt{4137,9} = 3,8 \text{ мм}$$

где $q_{\text{п}}$ – погонная энергия сварки, Дж/м;

$\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент формы провара.

13) Расчет скорости подачи сварочной проволоки производится по формуле (1.18):

$$V_{\text{пп}} = \frac{V_{\text{св}} * F_{\text{н}} * (1 + 0,01 * \varphi_{\text{п}})}{\pi * d_3^2} \quad (1.18)$$

$$V_{\text{пп}} = \frac{10 * 39 * (1 + 0,01 * 3,8)}{3,14 * 1,6^2} = 50 \text{ мм/с} = 180 \text{ м/ч}$$

где $V_{\text{св}}$ – скорость сварки, мм/с;

$F_{\text{н}}$ – площадь наплавленного металла, мм²;

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		23

φ_{Π} – потери электродного металла;

π – математическая постоянная, равна 3,14;

$d_{\text{э}}$ – диаметр электродной проволоки, мм.

Вычисленные данные режимов сварки для автоматического способа заносим в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Режим сварки для изготовления изделия кронштейн автоматическим способом

Обозначение	F, мм ²	d _э , мм	I _{св} , А	j, А/мм ²	V _{св} , м/ч	U _д , В	V _{пп} , м/ч
Значение	39	1,6	200	100	10	24	180

Расчет режимов сварки ручным способом

1) Величина сварочного тока рассчитывается по формуле (1.19):

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2}{4} * j \quad (1.19)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} * 14 = 175 \text{ А}$$

где π – математическая постоянная, равна 3,14;

$d_{\text{э}}$ – диаметр электрода, мм, $d_{\text{э}} = 4$ мм.;

j – допустимая плотность сварочного тока, А/мм².

2) Расчет напряжения на дуге (1.20):

$$U_{\text{д}} = 12 + 0,36 * \frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{э}}} \quad (1.20)$$

$$U_{\text{д}} = 12 + 0,36 * \frac{175}{4} = 28 \text{ В}$$

где $I_{\text{св}}$ – величина сварочного тока, А;

$d_{э}$ – диаметр электрода, мм.

3) Скорость сварки находится по формуле (1.21):

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \rho \cdot F_n} \quad (1.21)$$

$$V_{св} = \frac{9 \cdot 175}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,39} = 0,14 \text{ см/с} = 4,3 \text{ м/ч}$$

где α_n – коэффициент наплавки, равный 9 %;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

ρ – плотность металла, равная 7,8 кг/м³;

F_n – площадь наплавленного металла, см².

Вычисленные данные режимов сварки для ручного способа заносим в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Режим сварки для изготовления изделия кронштейн ручным способом

Обозначение	F, мм ²	d _э , мм	I _{св} , А	j, А/мм ²	V _{св} , м/ч	U _д , В
Значение	39	4	175	14	4,3	28

1.8 Выбор оборудования

Источник питания для автоматической сварки

В качестве источника питания при автоматической сварке будет использоваться сварочный инвертор Fronius TPS/i 320 PULSE. Он предназначен для сварки в среде защитный газов – как в инертных, так и в активных.

Сварочный инвертор Fronius TPS/i 320 PULSE представлен на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 - Сварочный инвертор Fronius TPS/i 320 PULSE

Технические характеристики сварочного инвертора Fronius TPS/i 320 PULSE представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Технические характеристики сварочного инвертора Fronius TPS/i 320 PULSE

Наименование характеристики	Значение
Напряжение питания	230 – 460 В
Тип источника питания	Инверторный, 40 кГц, IGBT
Диапазон сварочного тока	5 – 320 А
Напряжение холостого хода	73 В
Рабочее напряжение	14,2 – 30 В

Источник питания ручной дуговой сварки

В качестве источника питания при ручной дуговой сварке используется сварочный выпрямитель ВДУ-506С. Он предназначен для комплектации полуавтоматов дуговой сварки, а также для ручной дуговой сварки.

Сварочный выпрямитель ВДУ-506С изображен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506С

Технические характеристики сварочного выпрямителя ВДУ-506С представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 - Технические характеристики сварочного выпрямителя ВДУ-506С.

Наименование параметра	Значение
Напряжение питающей сети	380 В
Частота питающей сети	50 Гц
Диапазон сварочного тока	50 – 500 А
Напряжение холостого хода	до 70 В
Рабочее напряжение	22 – 40 В
Масса	190 кг
Габаритные размеры (ДхШхВ)	840*505*685

Для сварки автоматическим способом будет также использоваться робот сварочный Motoman MA 1400. Робот представлен на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Сварочный робот Motoman MA 1400

Технические характеристики сварочного робота Motoman MA 1400 представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические характеристики сварочного робота Motoman MA 1400

Наименование параметра	Значение
Число осей	6
Максимальная грузоподъемность	3 кг
Точность позиционирования	±0,08
Рабочий диапазон	1434 мм
Вес	130 кг

Для установки, закрепления и последующей сварки изделия используется вращатель PanaDice YA-1RJC-62. Данный вращатель изображен на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 - Вращатель PanaDice YA-1RJC-62

Технические характеристики вращателя PanaDice YA-1RJC-62 представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 - Технические характеристики вращателя PanaDice YA-1RJC-62

Наименование параметра	Значение
Грузоподъемность	300 кг
Макс. скорость вращения	31 об/мин
Макс. скорость наклона	20 об/мин
Размеры (ДхШхВ)	780*500*600 мм
Вес	285 кг

В качестве системы управления для сварки автоматическим способом будет выступать KUKA KR C4. Данный блок управления показан на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Блок управления KUKA CR C4

Технические характеристики блока управления KUKA CR C4 представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 - Технические характеристики блока управления KUKA CR C4

Наименование параметра	Значение
Количество осей (макс.)	9
Номинальное напряжение	380 В
Частота питающей сети	от 49 до 61 Гц
Класс защиты	IP54
Вес	150 кг
Размеры (ДхШхВ)	960*792*558 мм

Резка металла будет производиться на лазерном станке. Станок лазерной резки различных металлических деталей и заготовок среди всего сегодняшнего подобного вида оборудования является наиболее совершенным и технологичным. С помощью этого устройства рез выходит максимально качественным и точным, и не требует дополнительной обработки.

Станки, которые используются для резки поверхностей металлов любой сложности, могут еще при этом выполнять вырезку и фрезеровку

впадин по заданным параметрам. Для лазерной резки выбран станок по металлу WATTSAN 1530. Он показан на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 – Станок лазерной резки металла WATTSAN 1530

Технические характеристики данного станка представлены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 - Технические характеристики станка лазерной резки металла WATTSAN 1530

Наименование параметра	Значение
Мощность лазера	300/500/750/1000 Вт
Рабочее поле	1500*3000 мм
Точность позиционирования	±0,03
Тип излучателя	IPG
Вес	4000 кг
Размеры (ДхШхВ)	4800*2600*1800 мм

1.9 Контроль качества сварных соединений

Для своевременного выявления дефектов необходим тщательный и систематический контроль сварных соединений на всех стадиях производства сварки [20]. В зависимости от требований проекта или технических условий контроль сварных соединений осуществляется путем наружного осмотра всех стыков, механических испытаний и физических методов контроля (металлографического исследования, просвечивания рентгеновскими или гамма-лучами, ультразвука, магнитографического

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		30

способа), а также проверки плотности сварных стыков гидравлическим или пневматическим испытанием. В отдельных случаях в зависимости от материала и назначения сварные швы проверяют на коррозионную стойкость [17].

Ультразвуковой контроль сварных швов — это неразрушающий целостности сварочных соединений метод контроля и поиска скрытых и внутренних механических дефектов не допустимой величины и химических отклонений от заданной нормы. УЗК является действенным при выявлении воздушных пустот, химически не однородного состава (шлаковые вложения в металле) и выявления присутствия не металлических элементов [17]. Метод ультразвуковой дефектоскопии показан на рисунке 1.11.

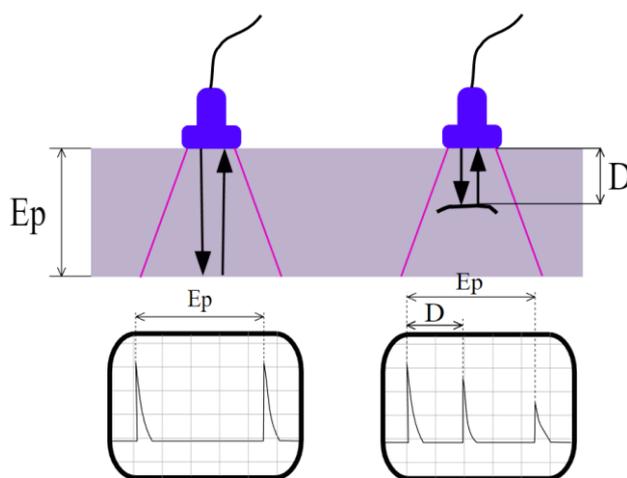


Рисунок 1.11 – Метод ультразвуковой дефектоскопии

Принцип работы ультразвуковой дефектоскопии заключается в способности высокочастотных колебаний (около 20 000 Гц) проникать в металл и отражаться от поверхности царапин, пустот и других неровностей. Искусственно созданная, направленная диагностическая волна проникает в проверяемое соединение и в случае обнаружения дефекта отклоняется от своего нормального распространения.

К преимуществам ультразвукового контроля качества металлов и сварных швов относятся:

- высокая точность и скорость исследования, а также его низкая стоимость;
- безопасность для человека (в отличие, к примеру, от рентгеновской дефектоскопии);
- возможность проведения выездной диагностики (благодаря наличию портативных ультразвуковых дефектоскопов);
- во время проведения УЗК не требуется выведения контролируемой детали или всего объекта из эксплуатации;
- при проведении УЗД проверяемый объект не повреждается.

К основным недостаткам УЗК можно отнести:

- ограниченность полученной информации о дефекте;
- некоторые трудности при работе с металлами с крупнозернистой структурой, которые возникают из-за сильного рассеяния и затухания волн;
- необходимость проведения предварительной подготовки поверхности шва.

Процедура проведения:

1. Удаляется шлак и брызги металла со сварочных швов и на расстоянии 50 - 70 мм с двух сторон.
2. Для получения более точного результата УЗД требуется хорошее прохождение ультразвуковых колебаний. Поэтому поверхность металла около шва и сам шов обрабатываются трансформаторным, турбинным, машинным маслом или солидолом, глицерином.
3. Прибор предварительно настраивается по определенному стандарту, который рассчитан на решения конкретной задачи УЗД.
4. Искатель перемещают зигзагообразно вдоль шва и при этом стараются повернуть вокруг оси на 10-15°.
5. При появлении устойчивого сигнала на экране прибора в зоне проведения УЗК, искатель максимально разворачивают. Необходимо проводить поиск до появления на экране сигнала с максимальной амплитудой.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		32

6. Следует уточнить: не вызвано ли наличие подобного колебания отражением волны от швов, что часто бывает при УЗД.

7. Если нет, то фиксируется дефект и записываются координаты.

8. Контроль сварных швов проводится согласно ГОСТу за один или два прохода.

9. Тавровые швы (швы под 90°) проверяются эхо-методом.

Все результаты проверки дефектоскопист заносит в таблицу данных, по которой можно будет легко повторно обнаружить дефект и устранить его.

1.10 Технология изготовления

Таблица 1.12 – Технологическая последовательность изготовления кронштейна

№ п/п	Наименование операции	Содержание операции, параметры режимов	Используемое оборудование
1	2	3	4
01	Резка металла	Резка листового проката стали 20Х13 на станке	Станок лазерной резки металла WATTSAN 1530
02	Скос кромок	Скос 2-х кромок у ребер под углом 45°	Станок лазерной резки металла WATTSAN 1530
03	Очистка и подготовка для сборки	Зачистка и обезжиривание мест реза. После обезжиривания необходимо выдержать детали на воздухе в течение 5 - 10 мин. После сушки проверить качество обезжиривания путем протирки деталей чистой сухой салфеткой. После протирки на салфетке не должно оставаться следов грязи, жировых пятен кроме потемнений от металла.	Углошлифовальная машинка Makita9565cv, щетка металлическая дисковая M180.32. Нефрас-С4-155/200 ГОСТ 3134-78 Салфетка АСТ-100 ГОСТ 14619 – 69
04	Сборка	С помощью установки происходит сборка конструкции кронштейн в такой последовательности: 1) основание кладется на сборочную плиту и задвигается в пазы до упора; 2) ребро №1 устанавливается между подпорками и фиксируется магнитными элементами; 3) ребро №2 устанавливается между подпорками и крепится с пневмоприжиму с магнитными элементами;	Установка для сборки кронштейна

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист 33
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Продолжение таблицы 1.12

1	2	3	4
		4) пневмоприжим с шаблоном и пневмоприжим с магнитными элементами сжимаются и фиксируют деталь.	
05	Постановка прихваток	Детали, зафиксированные в установке для сборки, скрепляются прихватками: длина - 20-25 мм, шаг 100-120 мм. Прихватки должны начинаться и заканчиваться на расстоянии не менее 20 мм от торцев ребер. Параметры режима сварки прихваток: I _{св} = 175 А, U _д = 28 В, d _э = 4 мм.	Сварочный выпрямитель ВДУ-506С Электроды УОНИ 13/НЖ
06	Зачистка прихваток	Зачистка прихваток от шлака и окалины.	Углошлифовальная машинка Makita9565cv, щетка металлическая дисковая M180.32, диск абразивный SD200.8.32
07	Контроль качества сборки	Визуально-измерительный контроль качества сборки соединения на наличие недопустимых отклонений от требований чертежа	Мерительный инструмент: линейка, штангенциркуль, угольник. Набор щупов, УШС.
08	Сварка	Заготовка устанавливается в вращатель и наклоняется под углом 45°. Далее следует сварка роботом с применением 4Т процесса: старт сварки на повышенном значении сварочного тока в течении 0,8 с, уменьшение тока старта до рабочего значения и начало движения горелки, сварка на установленном рабочем значении, снижение сварочного тока и заварка кратера. Параметры режима сварки: I _{св} = 200 А, U _д = 24 В, d _э = 1,6 мм.	Вращатель PanaDice YA-1RJC-62 Сварочный робот Motoman MA 1400 Сварочный инвертор Fronius TPS/i 320 PULSE
09	Зачистка сварного шва и околосшовной зоны	Зачистка сварного шва после сварки.	Углошлифовальная машинка Makita9565cv, щетка металлическая дисковая M180.32, диск абразивный SD200.8.32
10	Контроль качества	Визуально-измерительный контроль качества сварного соединения на наличие подрезов, трещин, пор.	Мерительный инструмент, лупа 3 ^x - 10 ^x , УШС,
11	Контроль	Контроль качества сварных соединений	Ультразвуковой

Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат
------	------	----------	--------	-----

ДП 44.03.04.159 ПЗ

Лист

34

	качества	с помощью прибора УЗК на наличие внутренних дефектов	дефектоскоп УД2-70
--	----------	--	--------------------

2 Экономическая часть

2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

Определение технологических норм времени на сварку конструкции кронштейн

Общее время на выполнение сварочной операции $T_{шт-к}$, ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле (1.22):

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{пз} + t_{в} + t_{обс} + t_{п}, \quad (2.1)$$

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

$t_{осн}$ – основное время, ч.;

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

$t_{в}$ – вспомогательное время, ч.;

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

$t_{п}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

Основное время ($t_{осн}$, ч) – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле (1.23):

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

где $L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м; $\Sigma L_{шв} = 5,5$ м;

$V_{св1}$ – скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч; $V_{св} = 10$ м/ч;

$V_{св}$ – скорость сварки (базовый вариант), м/ч; $V_{св} = 4,3$ м/ч.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		35

Определяем основное время для обоих вариантов по формуле 1.23:

$$t_{осн} = \frac{5,5}{4,3} = 1,3 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = \frac{5,5}{10} = 0,6 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Подготовительно-заключительное время ($t_{пз}$) включает в себя такие операции: получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. При его определении общий норматив времени $t_{пз}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену [21].

Принимаем, что

$$t_{пз} = 10\% t_{осн}$$

то:

$$t_{пз} = \frac{1,3 \cdot 10}{100} = 0,13 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{пз} = \frac{0,6 \cdot 10}{100} = 0,06 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Вспомогательное время ($t_{в}$) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой $t_{э}$, осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{кр}$, очистку швов от шлака и брызг $t_{бр}$, клеймение швов $t_{кл}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{уст}$. Это время рассчитывается по формуле (2.3):

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

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

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		36

Время зачистки кромок или шва $t_{кр}$ вычисляют по формуле (2.4):

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

$$t_{кр} = 5,5 \cdot 0,6 = 3,3 \text{ мин} = 0,055 \text{ ч.}$$

где n_c – количество слоев при сварке за несколько проходов;

$L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м; $L_{шв} = 5,5$ м.

Время на установку клейма ($t_{кл}$) принимают 0,03 мин. на 1 знак,
 $t_{кл} = 0,03 \cdot 2000 = 30 \text{ мин.} = 0,3 \text{ ч.}$

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

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 200
	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	10,30

Время на установку, поворот и снятие изделия будет равно:

$$t_{уст} = 10,30 \text{ мин} = 0,172 \text{ ч.}$$

Исходя из полученных данных рассчитываем значение t_v для обоих вариантов (оно будет одинаковое) по формуле 2.3:

$$t_g = 0,083 + 0,055 + 0,08 + 0,172 + 0,05 = 0,44 \text{ ч.}$$

Время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д., рассчитывается по формуле (2.5):

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{осн} \quad (2.5)$$

$$t_{обс} = 0,06 \cdot 1,3 = 0,078 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{обс} = 0,06 \cdot 0,6 = 0,036 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении рассчитывается по формуле (2.6):

$$t_n = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (2.6)$$

Рассчитываем t_n по формуле (2.6) для базового и проектируемого вариантов соответственно:

$$t_n = 0,07 \cdot 1,3 = 0,091 \text{ ч.}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 0,6 = 0,042 \text{ ч.}$$

Таким образом, расчет общего времени $T_{шт-к}$ на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (1.22):

$$T_{шт-к} = 1,3 + 0,13 + 0,44 + 0,078 + 0,091 = 2 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{шт-к} = 0,6 + 0,06 + 0,44 + 0,036 + 0,042 = 1,2 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		38

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

$$T_{\text{произв. пр.}} = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ ч. (базовый вариант);}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 1,2 \cdot 1000 = 1200 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

Расчет количества оборудования и его загрузки

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса C_p , по формуле (2.7):

$$C_p = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_d \cdot K_n} \cdot 100 \quad (2.7)$$

где Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования, час; ($\Phi_d = 1914$ час.);

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

$$C_p = \frac{2000}{1914 \cdot 1,1} = 0,95; \text{ примем } C_p = 1 \text{ шт. (базовый вариант);}$$

$$C_p = \frac{1200}{1914 \cdot 1,1} = 0,57; \text{ примем } C_p = 1 \text{ шт. (проектируемый вариант).}$$

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%.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования K_z производим по формуле (2.8):

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		39

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{II}} \quad (2.8)$$

где K_3 – коэффициент загрузки оборудования;

C_P – количество оборудования по операциям техпроцесса, шт.;

C_{II} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{0,95}{1} = 0,95 \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_3 = \frac{0,57}{1} = 0,57 \text{ (проектируемый вариант).}$$

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

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 2.2.

Таблица 2.2 – Исходные данные

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Годовая производственная программа	шт	1000	1000
Сварочный вращатель PanaDice YA-1RJC-62	руб./шт.	-	300 000
Сварочный выпрямитель ВДУ 506	руб./шт.	115 000	-
Сварочный инверторный аппарат Fronius TPS 320i PULSE и сварочная горелка Robacta TC 900	руб./шт.	-	800 000
Сборочно-сварочная	руб./шт.	120 000	120 000

Окончание таблицы 2.2

плита			
Робот Motoman MA1400	руб./шт.	-	1 500 000
1	2	3	4
Сварочная проволока Св-06Х14, Ø1,6 мм	руб./кг	-	280
Электроды УОНИ 13/НЖ	руб./кг	390	-
Сталь 20Х13	руб./кг	150	150
Защитный газ (смесь К18)	руб./л	-	0,15
Расход защитного газа	л/мин	-	14
Тариф на электроэнергию	руб./кВт-час	3,6	3,6
Длина сварного шва	м	5,5	5,5
Тарифная ставка	руб	138	156
Масса конструкции	т	0,18	0,18
Итого:			

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объёма работ определяется по формуле (2.9):

$$K_{\text{ОБ}} = \sum K_{\text{Об}j} \cdot C_{\text{П}} \cdot K_{\text{З}}, \text{ руб.} \quad (2.9)$$

где $K_{\text{Об}j}$ – балансовая стоимость оборудования, руб;

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

$K_{\text{З}}$ – коэффициент загрузки оборудования. $K_{\text{О}} = 1$

Балансовая стоимость оборудования определяется по формуле (2.10):

$$K_{\text{ОБ}} = C_{\text{ОБ}} \cdot (1 + K_{\text{ТЗ}}), \text{ руб.} \quad (2.10)$$

где $C_{\text{ОБ}}$ – цена единицы оборудования, руб;

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

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		41

$$K_{\text{Обj}} = 235000 \cdot (1 + 0,12) = 263200 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$K_{\text{Обj}} = 2720000 \cdot (1 + 0,12) = 3046400 \text{ руб. (Проектируемый вариант)}$$

Определяем капитальные вложения по формуле 2.9:

$$K_{\text{Об}} = 263200 \cdot 1 \cdot 1 = 263200 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$K_{\text{Об}} = 3046400 \cdot 1 \cdot 1 = 3046400 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Данные оптовых цен оборудования, балансовую стоимость и капитальные вложения представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расчеты капитальных вложений по вариантам

Статьи расчетов	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Оптовая цена единицы оборудования, руб.	235 000	2 720 000
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	263 200	3 046 400
Суммарные капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.	263 200	3 046 400

2.2 Определение себестоимости изготовления металлоконструкций

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходованием ресурсов при проведении сварочных работ в цехе.

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

Материальные затраты (МЗ, руб.) рассчитываются по формуле (2.11):

$$MЗ = C_{o.m} + C_{эн} + C_{др.} \quad (2.11)$$

где $C_{o.m}$ - 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, руб.

Расчет стоимости конструкционного материала

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 20X13 вычисляется по формуле (2.12):

$$C_{к.м} = m_k \cdot Ц_{к.м}, \quad (2.12)$$

где m_k – масса конструкции, т;

$Ц_{к.м}$ - цена одной тонны конструкционного материала, руб. Стоимость стали 20X13 за тонну составляет 150000 руб.

$$C_{к.м} = 0,18 \cdot 150000 = 27000 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 27000 руб. как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет стоимости электродной проволоки и электродов

Расчет затрат на электродную проволоку Св-06X14 и электроды УОНИ 13/НЖ проводим по формуле (2.13)

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \psi \cdot Ц_{с.п.} \cdot K_{тр}, \text{ руб.} \quad (2.13)$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		43

где M_{HM} – масса наплавленного металла, кг;

ψ – коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в среде защитного газа характеризуется разбрызгиванием электродного металла, для данного вида сварки $\psi = 1,5$);

$C_{c.n.}$ – оптовая цена 1 кг сварочной проволоки, руб.;

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

Исходные данные для расчетов:

$$L_{шв} = 552 \text{ см}$$

$$F_{HM} = 39 \text{ мм}^2 = 0,39 \text{ см}^2$$

Объем наплавленного металла V_{HM} рассчитывается по формуле (2.14):

$$V_{HM} = L_{шв} \cdot F_o, \quad (2.14)$$

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

$L_{шв}$ - длина сварного шва, см.

Объем наплавленного металла V_{HM} по формуле 2.14 будет равен:

$$V_{HM} = 552 \cdot 0,39 = 215 \text{ см}^3$$

Масса наплавленного металла M_{HM} рассчитывается по формуле (2.15):

$$M_{HM} = V_{HM} \cdot \rho_{HM}, \quad (2.15)$$

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

ρ_{HM} - плотность наплавленного металла, г/см^3 ($\rho_{стали} = 7,85 \text{ г/см}^3$).

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		44

Масса наплавленного металла M_{HM} по формуле 2.15 будет равна:

$$M_{HM} = 215 \cdot 7,85 = 1688 \text{ г} = 1,7 \text{ кг}$$

Затраты на электродную проволоку Св-06Х14 и электроды УОНИ 13/НЖ по формуле 2.13 составят:

$$C_{св.пр} = 1,7 \cdot 1,9 \cdot 390 \cdot 1,05 = 1323 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{св.пр} = 1,7 \cdot 1,04 \cdot 280 \cdot 1,05 = 520 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на защитный газ

Исходные данные:

$$T_{осн} = 0,6 \text{ ч.} = 36 \text{ мин. (проектируемый вариант)}$$

Расход защитного газа $q_{зг} = 14 \text{ л/мин.}$

Расчет защитного газа производим по формуле (2.16):

$$C_{зг} = t_{осн} \cdot q_{зг} \cdot k_p \cdot Ц_{зг} \cdot K_T, \text{ руб} \quad (2.16)$$

где $t_{осн}$ – время сварки в расчете на одно металлоизделие, базовый вариант;

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

$Ц_{зг}$ – цена газа за один дм^3 газа в свободном состоянии, смесь К10 – 0,15 руб./ дм^3 ;

K_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{зг} = 36 \cdot 14 \cdot 1,1 \cdot 0,15 \cdot 1,05 = 87 \text{ руб. (проектируемый вариант – защитная смесь CORGON-10).}$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Стоимость основных материалов ($C_{o.m}$, руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (2.17):

$$C_{o.m} = [C_{к.м} + C_{св.пр.} + (C_{зг} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр} \quad (2.17)$$

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

По формуле 2.17 стоимость основных материалов составит:

$$C_{o.m} = (27000 + 1322) \cdot 1,05 = 29738 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{o.m} = (27000 + 520 + 87) \cdot 1,05 = 28987 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на электроэнергию

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

Расчет затрат на электроэнергию на операцию проводим по формуле (2.18):

$$Z_э = \alpha_э * W * Ц_э, \text{ руб.} \quad (2.18)$$

где $\alpha_э$ – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг;

W – расход электроэнергии, кВт·ч;

$Ц_э$ – цена за 1 кВт·ч; $Ц_э = 3,6$ руб.

Для укрупнённых расчётов при автоматической сварке на постоянном токе, величину $\alpha_э$ можно принимать равной 5...8 кВт·ч/кг

Затраты на электроэнергию по формуле 2.18 составят:

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

$$Z_3 = 5 \cdot 23,45 \cdot 3,6 = 422 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_3 = 8 \cdot 23,45 \cdot 3,6 = 675 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Материальные расходы ($MЗ$) на основные материалы на одно изделие по формуле 2.11 будут соответственно равны:

По базовому варианту:

$$MЗ = 29738 + 422 = 30\ 160 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$MЗ = 28987 + 675 = 29\ 662 \text{ руб.}$$

Расчет численности производственных рабочих

Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих $Ч_{ор}$ определяется для каждой операции по формуле (2.19):

$$Ч_{ор} = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_{ор} \cdot K_B} \quad (2.19)$$

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

$\Phi_{ор}$ - действительный фонд времени производственного рабочего ($\Phi_{др} = 1870$ час.);

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

По формуле 2.19 численность производственных рабочих составит:

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		47

$$Ч_{ор} = \frac{1000 \cdot 2}{1870 \cdot 1,1} = 0,97, \text{ принимаем } Ч_{ор} = 1 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{ор} = \frac{1000 \cdot 1,2}{1870 \cdot 1,1} = 0,88, \text{ принимаем } Ч_{ор} = 1 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работает один сварщик, по новой измененной технологии работает 1 сварщик.

При поточной организации производства число основных рабочих определяется по числу единиц оборудования с учетом его загрузки, возможного совмещения профессий и планируемых невыходов по уважительным причинам [22]. Исходя из этого, определяем суммарное количество основных рабочих $Ч_{ор}$.

Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды

Этот раздел предусматривает расчет основной и дополнительной зарплаты производственных рабочих, отчислений на социальные нужды (социальных взносов), т.е. налоговых выплат, включаемых в себестоимость.

Расходы на оплату труда ($З_{пр}$) рассчитываются по формуле (2.20):

$$З_{пр} = З_{П_о} + З_{П_д}, \quad (2.20)$$

где $З_{П_о}$ – основная заработная плата, руб.;

$З_{П_д}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ($З_{пр}$) с отчислениями на социальное страхование определяется по формуле (2.21):

$$З_{пр} = P_{cd} \cdot K_{пр} \cdot K_d \cdot K_{cc} + D_{ер}, \quad (2.21)$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		48

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

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

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

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

$K_{д}$ - коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы, $K_{д} - 1,2$.

Тарифная ставка зависит от квалификации сварщика: $T_{см}$ сварщика ручной дуговой сварки - 138 руб./час, $T_{см}$ сварщика автоматической сварки - 156 руб./час.

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия ($P_{сд}$) определяется по формуле (2.22):

$$P_{сд} = \frac{T_{см} \cdot T_{шт.-к.}}{60}, \quad (2.22)$$

где $T_{см}$ - тарифная ставка, руб./час.;

$T_{шт.-к}$ - штучно-калькуляционное время выполнения сварочных работ в расчете на одно металлоизделие, мин.

$$P_{сд} = \frac{138 \cdot 120}{60} = 276 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{сд} = \frac{156 \cdot 72}{60} = 187 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Доплата за вредные условия труда рассчитываются по формуле (2.23):

$$D_{вр} = \frac{T_{ст} \cdot T_{вр} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (2.23)$$

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

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

T_{cm} – тарифная месячная ставка, руб.

T_{ep} – время работы во вредных условиях труда, мин. $T_{ep} = T_{шт-к} (0,1 \dots 0,31)$;

$$D_{ep} = \frac{138 \cdot 120 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,5 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

При роботизированной сварке время нахождения сварщика во вредных условиях равно 0: сварщик не находится непосредственно в зоне сварке.

По формуле 2.21 определяем основную и дополнительную заработную плату производственных рабочих (Z_{np}) с отчислениями на социальное страхование:

$$Z_{np} = 276 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,5 = 646 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_{np} = 187 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,3 = 438 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Расчет дополнительной заработной платы

Статья «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» отражает выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное в производстве время (оплата отпускных, компенсаций, оплата льготных часов подросткам, кормящим матерям). Размер выплат предусмотрен обычно в пределах 10% - 20% от основной зарплаты.

Выплаты определяются по формуле (2.24):

$$ЗП_{д} = K_{д} \cdot ЗП_{о} \cdot K_{сс}, \quad (2.24)$$

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

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

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

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		50

K_{cc} – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные взносы.
 $K_{cc} = 1,3$.

Рассчитываем дополнительную заработную плату производственных рабочих с учетом отчислений по формуле (2.24):

$$\begin{aligned} \text{ЗП} &= 1,13 \cdot 646 \cdot 1,3 = 950 \text{ руб. (базовый вариант);} \\ \text{ЗП} &= 1,13 \cdot 438 \cdot 1,3 = 643 \text{ руб. (проектируемый вариант).} \end{aligned}$$

Расходы на заработную плату основных рабочих при изготовлении годового объема металлоконструкций рассчитываем по формуле (2.25):

$$\text{ЗП}_{\text{год}} = N * \text{ЗП} \quad (2.25)$$

где N – годовая программа, шт; $N = 1000$ шт.

ЗП – дополнительная заработная плата производственных рабочих с учетом отчислений, руб.

$$\begin{aligned} \text{ЗП}_{\text{годб}} &= 1000 * 950 = 950\,000 \text{ руб. (базовый вариант)} \\ \text{ЗП}_{\text{годп}} &= 1000 * 643 = 643\,000 \text{ руб. (проектируемый вариант)} \end{aligned}$$

Технологическая себестоимость рассчитывается по формуле (2.26):

$$C_T = MЗ + \text{ЗП}_{\text{год}} \quad (2.26)$$

Технологическая себестоимость составит:

$$\begin{aligned} C_T &= 30160000 + 950000 = 31110000 \text{ руб. (базовый вариант)} \\ C_T &= 29662000 + 643000 = 30305000 \text{ руб. (проектируемый вариант)} \end{aligned}$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		51

Приведем расчетные данные технологической себестоимости C_T изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ($N = 1000$ шт.) в таблицу 2.4.

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

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Материальные затраты, $MЗ$, руб.	30 160 000	29 662 000
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $Z_{пр}$, руб.	950 000	643 000
Технологическая себестоимость годового выпуска, C_T , руб.	31110000	30 305 000

Расчет полной себестоимости изделия

Перед расчетом полной себестоимости изготовления металлоконструкции рассчитывается технологическая, а затем производственная себестоимость изготовления одной металлоконструкции.

Производственная себестоимость ($C_{пр}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет $C_{пр}$ проводят по формуле (2.26):

$$C_{пр} = C_T + P_{пр} + P_{хоз} \quad (2.27)$$

где C_T – технологическая себестоимость, руб.;

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

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

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (2.28):

$$P_{пр} = C_A + C_p + P_{пр}^* \quad (2.28)$$

где C_A – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

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

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		52

P_{PP}^* - расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

В статью «Общепроизводственные расходы» (P_{PP} , руб.) включаются расходы на:

- оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих;
- амортизацию оборудования;
- ремонт основных средств;
- охрану труда работников;
- содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др.

Затраты на амортизацию оборудования

Рассчитываем по формуле (2.29) затраты на амортизацию при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии, приходящиеся на одно изделие:

$$C_A = \frac{K_{об} \cdot H_A \cdot n_o \cdot T_{шт-к}}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \cdot K_O \quad , \quad (2.29)$$

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

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

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

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

K_O – коэффициент загрузки оборудования, $K_O = 1$;

n_o – количество оборудования, шт.;

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

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Затраты на амортизацию по формуле 2.29 будут равны:

$$C_A = \frac{263200 \cdot 14,7 \cdot 1 \cdot 2}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 1 = 37 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_A = \frac{3046400 \cdot 14,7 \cdot 1 \cdot 1,2}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 1 = 255 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования рассчитываем по формуле (2.30):

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot Д}{100}, \quad (2.30)$$

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

$Д$ принимается равным 3 %.

$$C_p = \frac{263200 \cdot 3}{100} = 7896 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_p = \frac{3046400 \cdot 3}{100} = 91392 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение) определяются по формуле (2.31):

$$P_{ПР}^* = \frac{\%P_{ПР} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (2.31)$$

где $ЗП_o$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{ПР}$ – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, %. $P_{ПР} = 10$.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		54

$$P_{\text{ПР1}}^* = \frac{950000 \cdot 10}{100} = 95000 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{ПР2}}^* = \frac{643000 \cdot 10}{100} = 64300 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Общепроизводственные расходы по формуле 2.28 будут равны:

$$P_{\text{ПР}} = 37 + 7896 + 95000 = 102933 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{ПР}} = 255 + 91392 + 64300 = 155947 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

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; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле.

$P_{\text{ХОЗ}}$ при изготовлении одной металлоконструкции рассчитываются по формуле (2.32):

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{\% P_{\text{ХОЗ}} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (2.32)$$

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

$\% P_{\text{ХОЗ}}$ – процент общехозяйственных расходов, %. $\% P_{\text{ХОЗ}} = 25$.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		55

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 950000}{100} = 237500 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 643000}{100} = 160750 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Производственная себестоимость ($C_{ПР}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством.

Расчет $C_{ПР}$ проводят по формуле (2.33):

$$C_{ПР} = C_T + P_{пр} + P_{хоз} \quad (2.33)$$

где C_T – технологическая себестоимость, руб.;

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

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

$$C_{ПР} = 31\,110\,000 + 102\,933 + 237\,500 = 31\,450\,433 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_{ПР} = 30\,305\,000 + 155\,947 + 160\,750 = 30\,621\,697 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Полная себестоимость годового объема выпуска металлоконструкций ($C_{П}$) включает затраты на производство ($C_{ПР}$) и коммерческие расходы (P_k), которые рассчитываются по формуле (2.34):

$$P_k = \frac{\% P_k \cdot C_{ПР}}{100} \quad (2.34)$$

где $\%P_k$ – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости, $\%P_k = 0,1 - 0,5\%$.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		56

$$P_{\kappa} = \frac{0,3 \cdot 31450433}{100} = 94351 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{\kappa} = \frac{0,3 \cdot 30621697}{100} = 91865 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций, C_{Π} производим по формуле (2.35):

$$C_{\Pi} = C_{\Pi P} + P_{\kappa}, \quad (2.35)$$

где P_{κ} – коммерческие расходы, руб.

$$C_{\Pi} = 31450433 + 94351 = 31\,544\,784 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_{\Pi} = 30621697 + 91865 = 30\,713\,562 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Результаты всех расчетов заносим в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Калькуляция полной себестоимости годового выпуска изготавливаемых металлоконструкций по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Значение, руб.		Отклонения, руб.
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	
Объем годового выпуска продукции, N, шт.	1000	1000	
Материальные затраты, МЗ	30 160 000	29 662 000	-498 000
Заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, З _{пр}	950 000	643 000	-307 000
Технологическая себестоимость, С _т	31 110 000	30 305 000	-805 000
Общепроизводственные расходы, Р _п	102 933	155 947	+53 014
Общехозяйственные расходы, Р _{хоз}	237 500	160 750	-76 750
Производственная себестоимость, С _п	31 450 433	30 621 697	-828 736
Коммерческие расходы, Р _к	94 351	91 865	-2 486
Полная себестоимость, С _п	31 544 784	30 713 562	-831222

2.3 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

Расчет основных показателей сравнительной эффективности проводим по варианту Б, как случай проектирования конструкторско-технологических усовершенствований, обеспечивающих выполнение сварочных работ для металлоконструкций, используемых в качестве товарной продукции, т.е. - реализуемой на сторону.

Годовой выпуск продукции (кронштейн) составляет 1000 шт.

Годовая экономия (-) или превышение (+) по технологической себестоимости, ΔC рассчитывается по формуле (2.36):

$$\Delta C = (C_{T1} - C_{T2}) \quad (2.36)$$

где C_{T1} , C_{T2} - технологическая себестоимость годового объема выпуска детали по сравниваемым вариантам (1 - базовый вариант; 2 - проектируемый вариант), руб.

В данном расчете годовая экономия по технологической себестоимости составит в соответствии с формулой (2.36):

$$\Delta C = 31110000 - 30305000 = 805\,000 \text{ руб.}$$

Расчет прибыли от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам рассчитываем по формуле (2.37):

$$\Pi = B - C_{\Pi} \quad (2.37)$$

Сначала рассчитываем отпускную цену металлоконструкции (Π , руб.) по формуле (2.38):

$$\Pi = C_{\Pi} * K_p \quad (2.38)$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		58

где $C_{\text{п}}$ – полная себестоимость металлоизделия, руб./шт.;

$K_{\text{р}}$ – среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции.

Цена рассчитывается только для базового варианта и принимается за цену реализации по новой технологии. Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции, $K_{\text{р}}$, определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным 1,3 в обоих вариантах, поскольку срок службы изделия ограничен по нормативным документам (2 года).

$$Ц_1 = 31544,78 \cdot 1,3 = 41008,21 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Ц_2 = Ц_1 \text{ (проектируемый вариант)}$$

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий (В) по формуле (2.39):

$$В = Ц \cdot N \quad (2.39)$$

$$В_1 = В_2 = 41008210 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий. Рассчитывается по формуле (2.40):

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1 \quad (2.40)$$

где Π_1, Π_2 – прибыль в базовом и проектируемом вариантах соответственно.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		59

$$П_1 = 41008210 - 31544784 = 9463426 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$П_2 = 41008210 - 30713562 = 10294648 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

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

$$\Delta П = 10294648 - 9463426 = 831222 \text{ руб.}$$

Расчет показателя критического объема производства (определение точки безубыточности) $N_{кр}$ производим по формуле (2.41):

$$N_{кр} = \frac{C_{пост.}}{Ц - C_{пер.}} \quad (2.41)$$

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.

Показатель критического объема производства по формуле 2.41 составит:

$$N_{кр1} = \frac{31544784 - 31110000}{41008 - 31110} = 410 \text{ шт.}$$

$$N_{кр2} = \frac{30713562 - 30305000}{41008 - 30305} = 380 \text{ шт.}$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		60

Расчет рентабельности продукции производим по формуле (2.42):

$$R = \frac{\Pi}{C_n} \cdot 100 \quad (2.42)$$

$$R_1 = \frac{9463426}{31544784} \cdot 100 = 30 \%$$

$$R_2 = \frac{10294648}{30713562} \cdot 100 = 33 \%$$

где Π – прибыль, руб.;

C_n – полная себестоимость металлоизделий, руб.

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.), $\Pi_{тр}$ производим по формуле (2.43) соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

$$\Pi_{mp} = \frac{B}{Ч_{op}} \quad (2.43)$$

где B – выручка от реализации годового объема металлоизделий, руб.;

$Ч_{op}$ – численность производственных рабочих, чел.

Производительность труда по формуле 2.43 будет равна:

$$\Pi_{mp1} = \frac{9463426}{1} = 9\,463\,426 \text{ руб./чел.}$$

$$\Pi_{mp2} = \frac{10294648}{1} = 10\,294\,648 \text{ руб./чел.}$$

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		61

Расчет срока окупаемости капитальных вложений, $T_{ок}$ производим по формуле (2.44):

$$T_o = \frac{K}{\Delta\Pi} \quad (2.44)$$

где K – капитальные вложения, руб.;

$\Delta\Pi$ – изменение (прирост, уменьшение) прибыли в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым, руб.

По формуле 2.44 срок окупаемости составит:

$$T_o = \frac{3046400}{831222} = 3,6 \text{ года}$$

Результаты расчетов показателей экономической эффективности оформляются в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	1000	1000	
2	Капитальные вложения, K	руб.	263200	3046400	2783200
3	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	руб.	9463426	10294648	
4	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	1	1	
6	Рентабельность продукции, R	%	30	33	3
7	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений ($T_{ок}$)	лет	3,6		
8	Точка безубыточности (критический объем выпуска металлоизделий)	шт.	410	380	-30

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, прежде всего, целесообразное использование автоматизированной линии позволило сократить время изготовления детали, а также увеличить качество и долговечность изделия.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена по многим показателям за счет сокращения доли общепроизводственных и общехозяйственных расходов, кол-ва оборудования, заработной платы.

					<i>ДП 44.03.04.159 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>		63

3 Методический раздел

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

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

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. *Профессиональный стандарт* является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих [25].

Профессиональные стандарты применяются:

– работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления [24];

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		64

– образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ [26];

– 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 в Министерстве юстиции 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 ручной дуговой сварки.

В таблице 3.1 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик ручной дуговой сварки» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 3.1 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся электродом» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

Характеристики	Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом (4 - 5-й разряд)	Оператор автоматической сварки плавлением
1	2	3
Трудовая функция:	Ручная дуговая сварка (наплавка, резка) плавящимся покрытым электродом (РД) сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками	Выполнение полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов
Трудовые действия:	<p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для РД, настройка сварочного оборудования для РД с учетом особенностей его специализированных функций (возможностей);</p> <p>Выполнение РД сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций (возможностей) сварочного оборудования;</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сваренных РД сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке;</p> <p>Исправление дефектов РД сваркой.</p>	<p>Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации. Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты. Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке.</p> <p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования.</p> <p>Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки. Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Выполнение полностью механизированной или автоматической сварки плавлением. Извлечение сварной конструкции из сборочных приспособлений и технологической оснастки. Контроль с применением измерительного</p>

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
		<p>инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправление дефектов сварных соединений, обнаруженных в результате контроля. Контроль исправления дефектов сварных соединений.</p>
<p>Необходимые умения:</p>	<p>Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для РД, настраивать сварочное оборудование для РД с учетом его специализированных функций (возможностей); Владеть техникой РД сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва. Владеть техникой дуговой резки металла; Контролировать с применением измерительного инструмента сваренные РД сложные и ответственные конструкции на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке; Исправлять дефекты РД сваркой.</p>	<p>Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку. Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов. Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения. Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправлять выявленные дефекты сварных соединений</p>

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
<p>Необходимые знания:</p>	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для РД; Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых РД; Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых РД; Сварочные (наплавочные) материалы для РД сложных и ответственных конструкций; Техника и технология РД сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва; Методы контроля и испытаний сложных и ответственных конструкций; Порядок исправления дефектов сварных швов</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением, и обозначение их на чертежах. Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов. Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением. Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к сборке конструкции под сварку Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения. Правила технической эксплуатации электроустановок Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на</p>

		рабочем месте.
--	--	----------------

Окончание таблицы 3.1

1	2	3
Другие характеристики:	Область распространения РД в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную: сварка дуговая плавящимся электродом; сварка (дуговая) гравитационная покрытым электродом; резка воздушно-дуговая; резка кислородно-дуговая; сварочный процесс: сварка ручная дуговая ванная покрытым электродом; ручная дуговая резка и строжка металлов	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом (4 - 5-й разряд) и «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

Необходимые знания:

- Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.

Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением.

Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением.

Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		69

Необходимые умения:

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

– Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку.

– Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов.

– Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения.

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

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

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

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		70

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 [25].

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», который представлен в таблице 6.2. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 3.2 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» 5-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	60
1.1	Основы экономики отрасли	2
1.2	Материаловедение	6
1.3	Основы электротехника	4
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	46
2.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	120
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	32
2.2	Работа на предприятии	78
	Консультации	4
	Квалификационный экзамен	6
	ИТОГО	180

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 [24].

Таблица 3.3 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания для автоматической сварки плавлением	3
2	Режим автоматической сварки плавлением	6
3	Оборудование для автоматической сварки плавлением	4
3.1	Установки для автоматической сварки	3
3.2	Типовые конструкции автоматических сварочных головок	4
3.3	Роботизированная ячейка	4
3.4	Механическое оборудование для сборки и сварки	4
4	Технология автоматической сварки	5
4.1	Особенности автоматической сварки	4
4.2	Сварочные материалы для автоматической сварки в защитных газах	4
5	Контроль качества сварных швов	2
6	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	3
	Итого:	46

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

3.4 Разработка плана – конспекта урока

Тема урока «Устройство и основные элементы роботизированной ячейки для сварки в среде защитных газов».

Цели занятия:

Обучающая: Формирование знаний об устройстве, основных элементах роботизированной ячейки и их назначении.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		72

Развивающая: развивать техническое и логическое мышление, память, внимание.

Воспитательная: воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета.

Тип урока: урок новых знаний.

Методы обучения: словесный, наглядный, объяснительно-иллюстративные методы.

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакаты:

«Роботизированная ячейка», «Основной вид блока управления», «Панель управления»;

– учебники:

Виноградов В.С Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной сварки / В.С Виноградов. – М. Машиностроение, 2010. – 365 с.

Гладков Э.А Управление процессами и оборудованием при сварке: учебн. пособие для студ.высш.учеб.зав. / Э.А. Гладков. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. -432 с.

Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебн. пособие для студ. высш. учеб.зав. /В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. -352 с.

Структура урока:

1. организационный момент;
2. подготовка обучающихся к изучению нового материала;
3. сообщение темы и цели занятия;
4. изложение нового материала;
5. актуализация опорных знаний;
6. выдача домашнего задания.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		73

<i>Изм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>

ДП 44.03.04.159 ПЗ

Лист

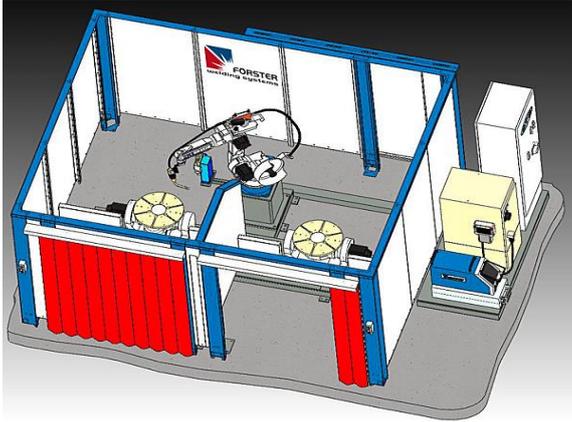
74

Таблица 3.4 - План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент (5 минут)	Здравствуйте, прошу вас садитесь, приготовьте тетради и шариковые ручки. Проверяю явку и готовность к занятию	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала (5 минут)	Тема занятия: «Устройство и основные элементы роботизированной ячейки для сварки в среде защитных газов». Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве, основных элементах роботизированной ячейки и их назначении». Развивающая: развивать техническое и логическое мышление, память, внимание. Воспитательная: воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета.	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность урока работы на занятии. Озвучиваю цель.
Актуализация опорных знаний (10 минут)	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим известный вам материал по вопросам: 1. Давайте разберем основные особенности автоматической сварки в защитных газах? 2. Какие достоинства имеет автоматическая сварка в среде защитных газов по сравнению со сваркой под флюсом?	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.
Изложение нового материала (35 минут)	Хорошо! Повторили необходимый материал, а теперь приступим к изучению нового по следующему плану: – Назначение роботизированных ячеек – Основные элементы роботизированных ячеек – Взаимодействие элементов роботизированной ячейки По ходу изложения материала прошу записывать основные моменты, на которые я буду обращать внимание. Прошу сосредоточиться и не мешать мне и своим товарищам. В настоящее время широко применяется роботизация процессов сварки Это объясняется высокой маневренностью, возможностью производить сварку в труднодоступных местах, в различных пространственных	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение. По мере изложения материала прошу смотреть на рисунки и схемы автомата. Вместе разбираем устройство механизмов, схемы, записываем основные моменты.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат
------	------	----------	--------	-----

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
	<p>положениях. Роботизированная сварка широко применяется на конвейерных линиях в машиностроении, при сварке корпусов всех видов транспортных средств и строительного-монтажных конструкций при их предварительной сборке и сварке и т. д.</p> <p>Роботизированная ячейка представляет собой комплекс оборудования, защитных систем и предназначена для выполнения ряда технологических операций. В комплект оборудования необходимого для функционирования ячейки входит контроллер, источник питания с блоком охлаждения, робот и 2 вращателя. Для защиты окружающих от излучения дуги зона сварки изолируется защитными панелями и шторами.</p>  <p>Плакат - Роботизированная ячейка: 1 - контроллер KR C4 предназначен для построения современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и позволяет выполнять оперативное управление с использованием персональных ЭВМ, автоматическое регулирование, автоматическое логико-программное управление, автоматическое управление структурой, защиту и блокировку 2 - источник питания TPS/i 320 IMPULSE предназначены для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, работает в составе автоматизированных и роботизированных комплексов</p>	<p>Показываю плакат с общим видом роботизированной ячейки и его техническими характеристиками.</p> <p>Обращаю внимание обучающихся на плакат с общим видом, и начинаем разбирать основные части.</p> <p>Рассказываю о процессе блока управления. Записываем основные моменты.</p> <p>Рассказываю об источнике питания. Обращаю внимание на скорость конспектирования. Прерываю свою речь, потом повторяю.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат

Окончание таблицы 3.4

1	2	3
	<p>3 - блок охлаждения CR 1250 охлаждающее устройство со встроенным датчиком протока жидкости.</p> <p>4 - робот MA1400 устанавливаются с помощью программного обеспечения эта трехмерная система моделирования, и программирования роботизированных сварочных комплексов позволяет грамотно спроектировать систему, ориентированную на точно поставленные задачи производства, а также позволяет увидеть комплекс в работе и точно рассчитать параметры и время выполнения работ.</p> <p>5 – вращатель PanaDice – это приспособления, предназначенные для автоматизации сварочного процесса кольцевых швов. Использование вращателя значительно облегчает сварку, когда деталь, которую сваривают вращается с определенной скоростью и в итоге получается ровный, однородный шов. Чаще всего скорость вращателя равна той скорости, которая соответствует формированию сварочного шва.</p> <p>Таким образом, мы познакомились с тем, что такое роботизированная ячейка, что в нее входит и с помощью чего производится взаимодействие внутри ячейки.</p>	<p>Рассказываю о работе. Обучаемые записывают основные моменты.</p> <p>Обозначаю окончание изложение нового материала. Отвечаю на возникшие по ходу изложения нового материала вопросы обучаемых</p>
<p>Первичное закрепление материала 10 минут</p>	<p>Для закрепления знаний, давайте ответит на пару вопросов по пройденной теме:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Что такое роботизированная ячейка? 2) Какое оборудование входит в состав роботизированной ячейки? 3) Для чего предназначен блок управления? 	<p>Опрашиваю выборочно.</p>
<p>Выдача домашнего задания 3-5 минут</p>	<p>Теперь запишем домашнее задание.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) повторить §5.2. Гладков Э.А Управление процессами и оборудованием при сварке. 2) изучить конспект лекций по теме «Роботизированная ячейка» 	<p>Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.</p>

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

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки сварщиков ручной дуговой сварки;
- 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.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		78

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе дипломного проекта на основании проведенного анализа конструкции изделия, его материалов был выбран способ сварки, разработан технологический процесс, выполнены расчеты режимов сварки и подобраны сварочные материалы и оборудование для изготовления кронштейна.

Для сборки и сварки кронштейна были разработаны: установка для сборки конструкции кронштейн, роботизированная ячейка.

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 части дипломного проекта явилось основой для методического раздела.

Внедрение новой технологии позволит повысить качество готовой продукции, увеличить производительность, а также улучшить условия труда.

Расчетный экономический эффект от внедрения новой технологии изготовления кронштейна составил 831 222 руб., срок окупаемости – 3,6 года. Цели дипломного проектирования достигнуты.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		79

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Справочник сварка в машиностроении [Текст] : В 4-х т. / Под ред. В.А. Винокурова. - М.: Машиностроение, 1979.

Т.1. – 504с.

Т.2. – 462с.

Т.3. – 567с.

2 Марочник сталей и сплавов [Текст] : справочник / В.Г. Сорокин, А.В.Волосникова, С. А. Вяткин и др. / под ред. В.Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989. – 640с.

3 Сварка и свариваемые материалы: справ. издание: в 3-х т. Т.1 Свариваемость материалов [Текст]/ под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 528 с.

4 Гуревич, С.М. Справочник по сварке металлов [Текст] / СМ. Гуревич. -Наукова думка, 1981. – 608 с.

5 Верховенко, Л.В. Справочник сварщика [Текст] / Л.В. Верховенко, А.К. Тукин : 2-е изд.. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 480 с.

6 Сварочные материалы для дуговой сварки [Текст] : В 2-х т./ Под ред. Н. Н. Потапова и Б. П. Конищева. – М.: Машиностроение, 1989.

Т.1. – 544с.

Т.2. – 768с.

7 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением для студентов вузов [Текст] / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432с.

8 Федосов С.А. Основы технологии сварки [Текст] / С.А.Федосов, И.Э.Оськин [Электронный ресурс]: СПб.: Лань, 2011. - 125 с. Режим доступа http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2021

9 Сварка строительных металлических конструкций [Текст] : учеб. для вузов / В.М. Рыбаков, Ю.В. Ширшов, Д.М. Чернавский и др.— М.: Стройиздат, 1993 - 345с.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		80

10 Быковский, О.Г. Справочник сварщика : справочник [Электронный ресурс] / О.Г. Быковский, В.Р. Петренко, Пешков В.С. – М.: Машиностроение, 2011. – 336с. Режим доступа <http://e.lanbook.com/books/> (Дата обращения 04.05.2012)

11 Справочник сварщика [Текст] / под ред. В. В. Степанова : изд. 3-е. - М.: Машиностроение, 1975. - 520 с.

12 Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Технологические основы сварки плавлением и давлением» [Текст]/ сост. к.т.н. Л.Т. Плаксина, ст. преподаватель Д.Х. Билалов. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2012. - 38 с.

13 Криогенсервис - Урал [Электронный ресурс] - Электрон. дан. – Режим доступа: [http://WWW.argon35.ru/technical-gases/газовые смеси.](http://WWW.argon35.ru/technical-gases/газовые_смеси)– Загл. с экрана.

14 ОАО Линде Уралтехгаз – сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://techgaz.ru/produkcija/svarochnye_gazovye_smesi (дата обращения 16.02.2018).

15 Милютин, В.С. Источники питания для сварки. Учеб. Пособие. ч.1. [Текст] / В.С. Милютин, Н.М. Иванова. - Екатеринбург: Урал. Гос. Проф. – пед. Ун – т, 1995. – 234 с.

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

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

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

19 Патон, Б.Е. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки [Текст] / Б.Е. Патон, В.К. Лебедев. - М.: Машиностроение, 1966. - 396 с.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		81

20 Рыжков, Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении [Текст] / Н.И. Рыжков. - 2-е изд., переработка. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.

21 Нормативы времени и режимы полуавтоматической сварки в защитных газах. [Текст]. - Екатеринбург: Уралмашзавод, 2004. - 50 с.

22 Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства [Текст] / К.А. Грачева. - М.: Машиностроение, 1984. – 368с.

23 Кузнецов, Ю.В. Расчет экономической эффективности новой сварочной технологии: методические указания [Текст] / Ю.В. Кузнецов. – Екатеринбург: Изд-во Ур. фед. гос. ун-та, 2014. – 159 с.

24 Кругликов, Г.И. Методика преподавания технологии с практикумом: пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений [Текст]/ Г.И. Кругликов - М: Издательский центр «Академия», 2002. - 80 с.

25 Жученко, А.А. Профессионально-педагогическое образование России. Организация и содержание [Текст] / А.А Жученко, Г.М. Романцев Е.В. Ткаченко. -Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1999. - 234 с.

26 Колесникова, И. А. Педагогическое проектирование [Текст] / И. А. Колесникова, М. П. Горчакова-Сибирская. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

27 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. [Текст]. - Введ. 1977-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 39 с.

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

29 ГОСТ 5582-75 Прокат тонколистовой коррозионно-стойкий, жаростойкий и жаропрочный. Технические требования [Текст]. – Введ. 1977-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 14 с.

30 ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. [текст] - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с.

					ДП 44.03.04.159 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		82

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ДП 44.03.04.159 ПЗ

Лист

83

<i>Изм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>