

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА НАСОСА

Выпускная квалификационная работа
Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение(по отраслям)
Профиль Машиностроение и материалобработка
Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном про-
изводстве
Идентификационный код ВКР: 148

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
« ____ » _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА НАСОСА

Исполнитель:
студент группы СМ-403

Ю.С.Кириллова

Руководитель:
ст.преподаватель

Е.В.Радченко

Нормоконтролер:
к.т.н., доцент

Д.Х.Билалов

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа содержит 96 листов машинописного текста, 21 таблицу, 15 рисунков, 30 использованных источников, графическую часть на 7-ми листах формата А1.

Ключевые слова: КОРПУС НАСОСА, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, ГАЗОВАЯ СМЕСЬ К18, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ», ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.

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

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологического процесса изготовления корпуса насоса».
2. Цель работы: разработка технологии и подбор оборудования для изготовления корпусов насоса в условиях сварочного производства.
3. Для разработки процесса автоматической сварки выполнены следующие этапы:
 - разработан технологический процесс согласно расчетам и операциям в соответствии требованиям ЕСТД;
 - скомпонован комплекс типового оборудования, который повысил производительность процесса сварки;
 - оптимизированы режимы сварки для реализации усовершенствованного технологического процесса.
4. Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании технологии изготовления корпуса насоса.

					ДП 44.03.04.148 ПЗ			
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<i>Разработка технологического процесса изготовления корпуса насоса</i> <i>Пояснительная записка</i>	Литера	Лист	Листов
Разраб.	Кириллова							
Прове-	Радченко							
Рук.								
Н.	Билалов							
Утв.	Гузанов							
						ФГАОУ ВО РГПУ, ИИПО каф ИММ гр.СМ-403		

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Технологический раздел	8
1.1 Описание конструкции корпуса насоса и условия работы изделия....	8
1.2 Определение свариваемости стали	9
1.2.1 Расчет стали на склонность к образованию трещин	11
1.3 Выбор способа сварки	15
1.3.1 Сварка под флюсом	15
1.3.2 Сварка в защитном газе.....	16
1.3.3 Автоматическая сварка в среде защитных газов.....	18
1.3.4 Импульсный режим сварки	21
1.4 Выбор сварочных материалов	24
1.4.1 Защитный газ.....	25
1.4.2 Сварочная проволока.....	26
1.5 Режим сварки.....	29
1.5.1 Расчёт режимов сварки автоматическим способом в среде защитных газов.....	30
1.6 Выбор сварочного оборудования.....	36
Оборудование для резки листового проката.....	44
1.7 Технология изготовления	45
1.8 Контроль качества готового изделия.....	46
2 Экономическая часть.....	48
2.1 Определение капиталобразующих инвестиций.....	48
2.1.1 Определение технологических норм времени на сварку	48
2.1.3 Расчет капитальных вложений	54

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

2.2	Определение себестоимости изготовления металлоконструкций.....	57
2.2.1	Расчет технологической себестоимости металлоконструкций.....	57
2.2.2	Расчет полной себестоимости изделия.....	66
3	Методический раздел	78
3.1	Анализ Профессиональных стандартов	79
3.2	Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»	84
3.3	Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология».....	86
3.4	Разработка плана-конспекта урока	86
	Заключение	92
	Список используемых источников	93

Введение

Сварка является одним из наиболее распространенных технологических процессов соединения материалов, благодаря которому создано много новых изделий, машин и механизмов. Совершенствование технологии и техники в сварке предъявляет все более растущие требования к способам производства и, в том числе, к технологиям сварочного производства. В настоящее время разработаны технологии сварки материалов, применение которых в массовом производстве еще в недавнем прошлом считалось трудновыполнимым. Свариваются детали толщиной и в несколько микрон, а так же детали тяжелого оборудования толщиной в несколько метров. В настоящее время сварка получила такое развитие, которое позволяет применять ее при изготовлении любых ответственных конструкций. Технологии позволяют выполнять сварочные работы при высоких температурах, в глубоком вакууме, а так же в космосе и под водой.

Объектом представленной разработки является технология изготовления металлоконструкции, в данном случае корпус насоса.

Предметом разработки является процесс сварки корпуса насоса.

Целью дипломного проекта является разработка технологии и подбор оборудования для изготовления корпусов насоса в условиях сварочного производства.

Необходимость повышения производительности труда ведет к увеличению уровня механизации и автоматизации сварочного производства, к его оснащению новыми машинами и агрегатами, без которых сегодня немыслимо серийное производство многих видов продукции.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологии сборки и сварки корпуса насоса.

Исходя из цели, в выпускной квалификационной работе рассмотрены следующие задачи:

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- 1) охарактеризовать свариваемость и особенности технологии сварки данной группы сталей;
- 2) выбрать способ сварки и сварочные материалы;
- 3) произвести расчеты параметров режимов сварки;
- 4) выполнить подбор основного и вспомогательного оборудования;
- 5) выбрать способ контроля качества для соединения данного изделия;
- 6) выполнить экономическое обоснование проектируемого варианта производства корпуса насоса;
- 7) разработать методический раздел.

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

1 Технологический раздел

1.1 Описание конструкции корпуса насоса и условия работы изделия

Сталь 10ХСНД

Изделие: Корпус насоса

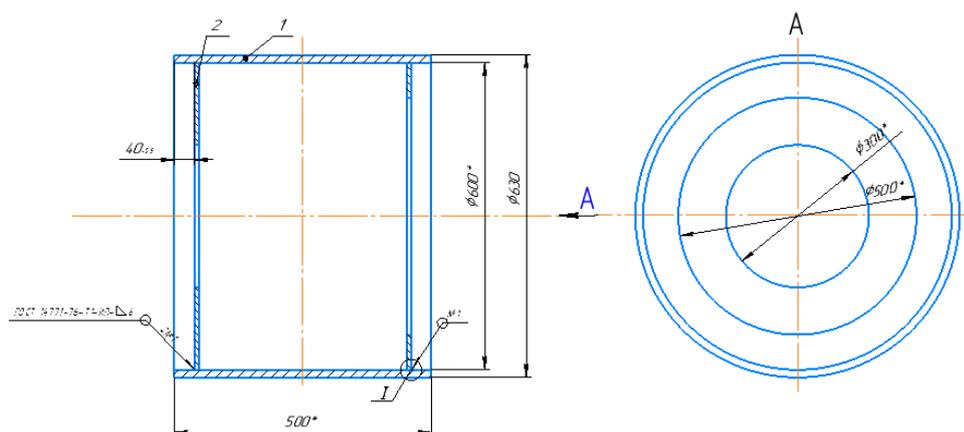


Рисунок 1 – Чертеж изделия

Корпус насоса состоит из трубы (1), с внешним и внутреннем диаметром 600 и 630 мм и двух дисков (2), диаметром 600 мм. Толщина стенки трубы равна 15 мм, а стенки дисков составляет 8 мм. Длина изделия равна 500 мм, ширина 630 мм.

Насосы – устройства для напорного перемещения главным образом жидкостей с сообщением им энергии. Обычно насосами подаются гомогенные жидкости (вода, нефтепродукты), но могут перекачиваться также двухфазные среды и газы.

По принципу действия насосы подразделяют на динамические и вытеснительные (объемные). В динамических насосах жидкость движется под силовым воздействием в камере постоянного объема, сообщающейся с подводящими и отводящими устройствами.

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

В объемных насосах движение жидкости происходит путем всасывания и вытеснения жидкости за счет циклического изменения объема в рабочих полостях при движении поршней, диафрагм, пластин. К динамическим относятся лопастные и струйные насосы, а к вытеснительным — поршневые и роторные.

Условия эксплуатации:

- Технические (уровень ответственности изделия – ответственное, длительность эксплуатации более 25 лет)
- Механические (вид нагрузки – знакопеременная)
- Температурные (от +50°C до -50°C)
- Технологические (серийное и крупносерийное производство)

1.2 Определение свариваемости стали

Свариваемость — комплексная технологическая характеристика металлов и сплавов, выражающая реакцию свариваемых материалов на процесс сварки и определяющая техническую пригодность материалов для выполнения заданных сварных соединений, удовлетворяющих условиям эксплуатации.[2]

Свариваемость стали принято оценивать по следующим показателям:

- склонности металла шва к образованию горячих и холодных трещин;
- склонности к изменению структуры в околошовной зоне и к образованию закалочных структур;
- физико-механическим качествам сварочного соединения;
- соответствию специальных свойств сварного соединения техническим условиям.

Сопротивляемость металла к образованию трещин при сварке: при сварке могут возникать горячие и холодные трещины в металле шва и в околошовной зоне. [4]

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

Горячие трещины – хрупкие межкристаллические разрушения металла шва и околошовной зоны, возникающие в твердожидком состоянии в процессе кристаллизации, а также при высоких температурах в твердом состоянии.

При кристаллизации жидкий металл шва сначала переходит в жидко-твердое вещество, а затем в твердожидкое и, наконец, в твердое состояние. В твердожидком состоянии образуется скелет из кристаллитов затвердевшего металла (твердой фазы), в промежутках которого находится жидкий металл, который в таком состоянии обладает очень низкими пластичностью и прочностью. [4]

Усадка шва и линейное сокращение нагретого металла в сварном соединении при охлаждении могут привести к образованию горячих трещин. Горячие трещины могут образовываться как вдоль, так и поперек шва.

Холодные трещины – локальные межкристаллические разрушения, образующиеся в сварных соединениях преимущественно при нормальной температуре, а также при температурах ниже 200° С. Причины возникновения холодных трещин при сварке следующие:

- охрупчивание металла вследствие закалочных процессов при быстром его охлаждении;
- остаточные напряжения, возникающие в сварных соединениях;
- повышенное содержание водорода в сварных швах, который усиливает неблагоприятное действие первых двух главных причин.

Количественным критерием оценки сопротивляемости сварного соединения образованию холодных трещин являются минимальные внешние напряжения, при которых начинают возникать холодные трещины при выдержке образцов под нагрузкой, прикладываемой сразу же после сварки. Внешние нагрузки воспроизводят воздействие на металл собственных сварочных и усадочных напряжений, которые постоянно действуют сразу после сварки при хранении и эксплуатации конструкции. [4,2]

Методы борьбы с холодными трещинами основываются на уменьшении степени подкалки металла, снятии остаточных напряжений, ограничении содер-

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10

жания водорода. Наиболее эффективным средством для этого является подогрев металла перед сваркой и замедленное охлаждение после сварки. [2]

1.2.1 Расчет стали на склонность к образованию трещин

Сталь 10ХСНД относится к группе конструкционных низколегированных углеродистых сталей.

Эта группа сталей при сварке ведет себя так же, как и низкоуглеродистая сталь, но имеются отличия при действии термических циклов:

1. Больше склонность к росту зерна в околошовной зоне, особенно при перегреве.
2. Возможность образования закалочных структур, что будет служить причиной образования холодных трещин.
3. Снижение ударной вязкости металла в околошовном участке ЗТВ сварного соединения.
4. Стойкость металла шва против образования горячих трещин ниже из-за наличия легирующих элементов.
5. Чувствительность к концентраторам напряжений и даже к тепловым «ожогам».

Низколегированные стали хорошо свариваются всеми способами сварки плавлением. Обычно не имеется затруднений, связанных с возможностью образования холодных трещин, вызванных образованием в шве или околошовной зоне закалочных структур. Однако в сталях, содержащих углерод по верхнему пределу и повышенное содержание марганца и хрома, вероятность образования холодных трещин в указанных зонах повышается, особенно с ростом скорости охлаждения (повышение толщины металла, сварка при отрицательных температурах, сварка швами малого сечения и др.). В этих условиях предупреждение трещин достигается предварительным подогревом до 120° — 200° С. Предварительная и последующая термическая обработка сталей, используемых в ответственных кон-

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						11
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

струкциях, служит для этой цели, а также позволяет получить необходимые механические свойства сварных соединений (высокую прочность или пластичность, или их необходимое сочетание). [4]

Поэтому при сварке низколегированных сталей к параметрам режима сварки предъявляются более жесткие требования, чем при сварке нелегированных низкоуглеродистых сталей. Сварка ограничивается узкими пределами изменения параметров режима, чтобы одновременно обеспечить минимальное возникновение закалочных структур и уменьшить перегрев.

Химический состав стали 10ХСНД представлен в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 10ХСНД, % [1]

С не более	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N
0,12	0,8-1,1	0,5-0,8	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,6	0,035	0,040	0,08	0,008

Механические свойства стали 10ХСНД представлены в Таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 10ХСНД при T=20°C, [1]

Сортамент	Размер	Напр.	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	КСУ	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Лист, ГОСТ 19282-73	5 - 9		540	400	19			
Прокат, ГОСТ 6713-91			510-685	390	19		290	

где σ_B – предел кратковременной прочности, [МПа]

σ_T – предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]

δ_5 – относительное удлинение при разрыве, [%]

ψ – относительное сужение, [%]

КСУ – ударная вязкость, [кДж / м²]

Расчёт эквивалента углерода начинается с расчёта химического эквивалента $C_{\text{ЭКВ}}$ по формуле (1):

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{10} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{5} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (1)$$

где $C_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалент углерода, %;

C, Mn, Si и др. – содержание в стали этих элементов, %.

Подставляем в формулу 1 значения, учитывая, что в нашем сплаве нет Mo, V, Cu, P:

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,12 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,95}{24} + \frac{0,75}{5} + \frac{0,65}{10} + \frac{0,5}{13} = 0,52 \%$$

Критерии свариваемости:

$C_{\text{ЭКВ}}$:

<0,35 – хорошая свариваемость

0,36-0,45 – удовлетворительная свариваемость

0,46-0,6 – ограниченная свариваемость

>0,6 – плохая свариваемость.

Так как $C_{\text{ЭКВ}} = 0.52 \%$, наша сталь относится к категории – ограниченно свариваемых сталей, склонных к образованию холодных трещин при сварке. Их можно сваривать только с предварительным подогревом, сопутствующим подогревом в процессе сварки и последующей термообработкой. Температуру предварительного подогрева можно рассчитать по формуле (1.2):

$$T = 350 * \sqrt{C_{\text{об}} - 0.25} \quad (1.2)$$

$$C_{\text{об}} = C_{\text{ЭКВ}} * (1 + 0.005 * S) \quad (1.3)$$

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		13

где S – толщина металла, равная 15 мм;

Подставляем значения в формулу 1.3

$$C_{об} = 0,52 * (1 + 0.005 * 15) = 0,559 \%$$

Подставляем значения в формулу 1.2

$$T = 350 * \sqrt{0,559 - 0.25} = 195 \text{ }^\circ\text{C}$$

Рассчитаем склонность стали к горячим трещинам при помощи показателя Уилкинсона (HCS), вычисляемого по формуле (2): [2]

$$HCS = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + 0,01 \times Ni \right) \times 10^3}{3 \times Mn + Cr + Mo + V} \quad (2)$$

$$HCS = \frac{0,12 \left(0,04 + 0,035 + \frac{0,9}{25} + 0,01 \times 0,7 \right) \times 10^3}{3 \times 0,7 + 0,8} = \frac{14,16}{2,9} = 4,8$$

Условием появления горячих трещин является $HCS > 2$, соответственно сталь 10ХСНД с показателем $HCS = 4,8$ не склонна к горячим трещинам.

Вывод: Сталь 10ХСНД не склонна к появлению горячих трещин, но склонна к образованию холодных трещин. Для предотвращения появления холодных трещин следует предусмотреть следующие технологические мероприятия:

- Сварка с предварительным подогревом $T = 195 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Использовать проволоку с минимальным содержанием серы и фосфора.

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		14

1.3 Выбор способа сварки

Технология сварки изделия из данной стали должна обеспечивать определённый комплекс требований, главное из которых – обеспечение равнопрочности сварных соединений и отсутствие дефектов в сварном шве, а также обеспечение равнопрочности и долговечности конструкции. Для выполнения этого требования механические свойства металла шва и около шовной зоны должны быть не ниже свойств основного металла. Технология изготовления должна обеспечивать максимальную производительность и экономичность процесса при требуемой надёжности конструкции.

1.3.1 Сварка под флюсом

Сварка под флюсом применяется в стационарных цеховых условиях для всех металлов и сплавов, включая разнородные металлы толщинами от 1,5 до 150 мм.

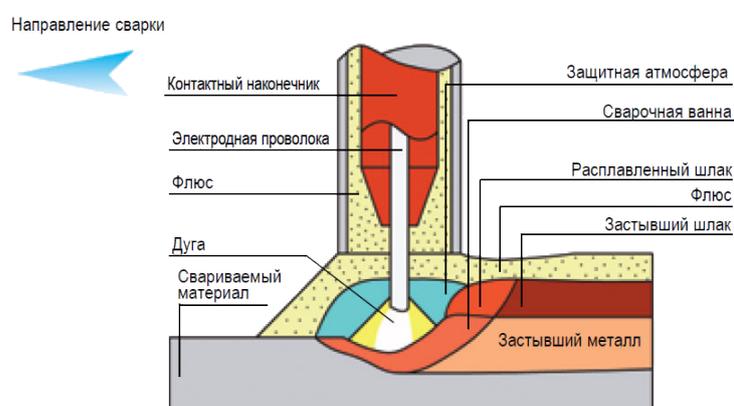


Рисунок 2– Технология автоматической сварки под флюсом

При сварке под флюсом (рисунок 2) дуга горит между сварочной проволокой и свариваемым изделием под слоем гранулированного флюса. Ролики специального механизма падают в электродную проволоку в зону дуги. Сварочный ток (переменный или постоянный прямой или обратной полярности) подводится к

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

проволоке с помощью скользящего контакта , а к изделию – постоянным контактом. Сварочная дуга горит в газовом пузыре, который образуется в результате плавления флюса и металла. Кроме того, расплавленный металл защищен от внешней среды слоем расплавленного флюса. По мере удаления дуги от зоны сварки расплавленный флюс застывает и образует шлаковую корку, которая впоследствии легко отделяется от поверхности шва.

При планировании использования этого вида сварки желательно стараться, чтобы сварные швы накладывались в один проход. Если толщина изделия большая необходимо использовать двухстороннюю сварку. Максимальное сечение сварного шва, накладываемого за один проход не более 150 мм^2 . Для завершающих лицевых швов допустимо 200 мм^2 . [5]

Сварка под флюсом отличается концентрированным и единовременным введением большого количества теплоты в зону сварки. К тому же флюс, прикрывающий зону сварки, играет роль теплоизолятора, что снижает риск образования закалочных трещин, при сварке сталей с удовлетворительной свариваемостью. Если стали склонны к росту размера зерна при длительном нагреве сварку под флюсом стараются не использовать.

К недостаткам сварки под флюсом следует отнести возможность занесения влаги (водорода) в металл сварного шва из-за гигроскопичности флюсов.

1.3.2 Сварка в защитном газе

Сварку в защитных газах можно выполнять неплавящимся, обычно вольфрамовым, или плавящимся электродом. В первом случае сварной шов получается за счет расплавления кромок изделия и, если необходимо, подаваемой в зону дуги присадочной проволоки. Плавящийся электрод в процессе сварки расплавляется и участвует в образовании металла шва. Для защиты применяют три группы газов: инертные (аргон, гелий); активные (углекислый газ, азот, водород и др.); смеси газов инертных, активных или первой и второй групп. [7]

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

Выбор защитного газа определяется химическим составом свариваемого металла, требованиями, предъявляемыми к свойствам сварного соединения; экономичностью процесса и другими факторами.

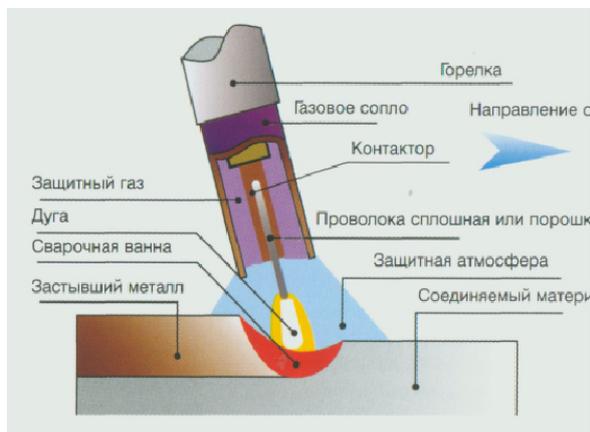


Рисунок 3 – Технология сварки в защитном газе

Данный способ чаще всего применяется при сварке относительно тонких деталей 6-8 мм, либо при многопроходной сварке, либо большого сечения.

Максимальное сечение сварного шва накладываемого при сварке в защитном газе – 60 мм², корневой проход как правило – 25-40 мм². При сварке толстых изделий сварными швами большого сечения, сварки в защитном газе имеет некоторое преимущество перед сваркой под флюсом: не требуется удалять сплошную корку шлака.[2]

Сварка в среде защитных газов является общим названием различных видов дуговой сварки, в процессе которой в зону горения сварочной дуги через сопло горелки подают струю газа. Это могут быть инертные газы (аргон, гелий), активные газы (углекислый газ, азот, кислород, водород) и их смеси, в частности:

- аргон, углекислый газ и кислород. Эта смесь используется при сварке сталей плавящимся электродом, минимизирует потери металла на разбрызгивание, стабилизирует горение сварочной дуги, устраняет пористость и дает шов хорошего качества;

- аргон и кислород. Применяется для сварки низкоуглеродистых и легированных сталей. При сварке капельный перенос металла сменяется струйным, благодаря чему производительность возрастает, а потери на разбрызгивание металла сокращаются;
- аргон и углекислый газ. Область применения данной смеси: низкоуглеродистые и легированные стали. Ее использование препятствует образованию газовых пор в шве, стабилизирует горение дуги и способствует формированию качественного сварного шва.

В стальных баллонах может содержаться как чистый газ (для контроля его расхода предназначен специальный прибор – ротаметр, а подача регулируется отдельным редуктором), так и их смеси. [7]

В базовом технологическом процессе сварка изделия корпуса насоса осуществляется полуавтоматом в среде защитного газа. В проектируемом варианте, мы планируем механизировать процесс, и использовать автоматическую сварку в среде защитных газов.

Для данного дипломного проекта для изготовления корпуса насоса выбираем сварку в среде защитных газов, так как:

- Процесс соединения происходит быстро, особенно, если речь идет о нескольких одинаковых операциях;
- Швы получаются высокого качества, так как аргон дает надежную защиту;
- Исключается фактор человеческих ошибок;
- На обслуживание установки требуется минимальное количество людей.

1.3.3 Автоматическая сварка в среде защитных газов

Использование сварки в среде защитных газов, а именно в смеси газов K18 в промышленности во многом расширило использование различных видов метал-

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						18
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ла, а также обеспечило сварке более прочные позиции. Аргон обеспечивает надежную защиту сварочной ванны от влияния внешних факторов, благодаря чему существенно снижается вероятность появления брака и даже мелких дефектов. Он не вступает в реакцию с металлами и воздухом, так что на данный момент является одним из лучших материалов в соотношении цены и качества. Возможность использования данной технологии в автоматических машинах позволяет сделать процесс производства более дешевым, исключить человеческие ошибки и наладить серийный выпуск металлических изделий.[7,8]

Здесь также имеется пару недостатков, ограничивающих сферу применения автомата:

- Высокая дороговизна техники, так что даже не каждое производство может позволить себе подобное оборудование;
- Если во время работы произойдет сбой, то бракованной может оказаться вся партия изделий.

Принцип работы и технология

Автоматическое оборудование для аргонодуговой сварки работает по той же технологии, что и ручное. Здесь металл расплавляется при помощи дуги, которая защищена аргоном от негативного воздействия внешней среды. Но здесь все управляется при помощи автоматов. Человек задает нужную программу и техника выполняет все самостоятельно на заданных параметрах.

Тут проводится одно соединение металлических изделий одинаковой формы, идущих одно за другим. Этот процесс может осуществляться непрерывно, пока идет снабжение расходными материалами.

При выборе режимов нужно учитывать не только те параметры, которые будут задействованы во время работы, чтобы не пропалить металл и проварить его на нужную глубину. Здесь также нужно учесть особенности пространственного положения. Основная работа сварщика заключается в правильной подготовке и проверке материалов, выбора нужного режима, а также контроль процесса.

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

Для работы на каждой модели установки потребуется свое обучение специалиста.

Сварочные материалы и оборудования

В качестве основных сварочных материалов и используемого оборудования применяются следующие вещи:

1. Сварочная проволока – основной расходный материал, который применяется для наплавки металла шва;
2. Горелка – служит для подачи газа;
3. Аргон – основной защитный газ;
4. Автоматическая система для подачи заготовок и управления сварочными инструментами.[8]

Техника безопасности

Практически все правила техники безопасности касаются здесь предварительной подготовки. Ведь если все будет хорошо подобрано, то вероятность возникновения опасной ситуации становится минимальной. Специалист не должен проводить процедуры настройки и ремонта при включенном аппарате. Во время автоматического процесса сваривания не разрешается проводить никаких манипуляций, так как это может не только помешать технологии сваривания, но и навредить здоровью.[8]

Среди всех разновидностей, которые используются в современной промышленности, автоматы являются одними из наиболее сложных и высокотехнологичных изделий. В свою очередь, аргонодуговая сварка является лучшим решением для сложно свариваемых металлов. Объединение данных вещей позволило создать высококачественное оборудование для сварки сложных деталей. Для промышленности это стало настоящим прорывом, так как работа, выполняемая большим количеством людей, теперь может проводиться одной машиной и намного быстрее.

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

1.3.4 Импульсный режим сварки

Технологические возможности дуговой сварки в защитных газах можно значительно расширить, если применять в качестве источника тепла импульсную (пульсирующую) дугу. Сущность способа сварки импульсной (пульсирующей) дугой состоит в том, что скорость и количество вводимой в изделие теплоты определяются режимом пульсации дуги, который в свою очередь устанавливается по определенной программе в зависимости от свойств свариваемого материала, его толщины, пространственного положения шва и т. п.

Для сварки корпуса насоса выбираем импульсный режим сварки. Процесс создания сплошных сварных швов посредством расплавления в определенных точках при последующем их покрытии получил название импульсной сварки. Оборудование, имеющее данную функцию, в перерывах между регулярно повторяемыми импульсами работает в состоянии дежурной дуги малой мощности, пропускающей только часть импульсного тока. Такая дуга в паузах между возбуждениями импульса не оказывает существенного влияния на глубину расплавления металла. За счет этого достигается устойчивое горение дуги в пространстве, целиком устраняются кратеры из сварных точек при уменьшении требуемых участков перекрытия в месте сварного шва. Используя импульсную дугу в виде источника тепла, можно существенно расширить возможности традиционной сварки дугой в защитной газовой среде. Технология импульсно-дуговой сварки характеризуется режимами пульсации дуги (объемом и скоростью введения теплоты в заготовку). Они определяются определенной программой, исходя из толщин и свойств соединяемых материалов, а также положения швов в пространстве и др.[9]

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21



Рисунок 4 – Импульсная дуга

Применение импульсной сварки

К важнейшим параметрам, характеризующим этот процесс, относят продолжительности импульсов с паузами, всего цикла и шаг точек со скоростью сваривания. Способность к проплавлению пульсирующей дуги с заранее установленной продолжительностью цикла и импульса определяется импульсным режимом сварки, его жесткостью. Этот параметр технологии в своем крайнем значении характерен для дугового варианта сварки. При традиционной сварке дугой постоянного горения он равен нулю, а при точечной сварке дугой стремится к бесконечности. Регулируя импульсные характеристики, можно оказывать воздействие как на размер с формой зоны сваривания, процесс кристаллизации металлов, так и на образование швов, остаточные либо временные деформации, прочие характеристики хода сварки. При определении режима сварки этим способом немаловажное значение придается шагу точек, особенно при соединении тонколистовых материалов.[9]

Применение данной технологии сварки наиболее эффективно в производстве различных конструкций из трубчатых деталей, свариваемых как между собой, так и в сочетаниях с другими заготовками. Использование возможностей им-

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						22
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

пульсной лазерной сварки необходимо при соединении плоских заготовок по внутренним либо наружным контурам. При этом возможна сварка различных материалов в любых сочетаниях в широком диапазоне толщин.

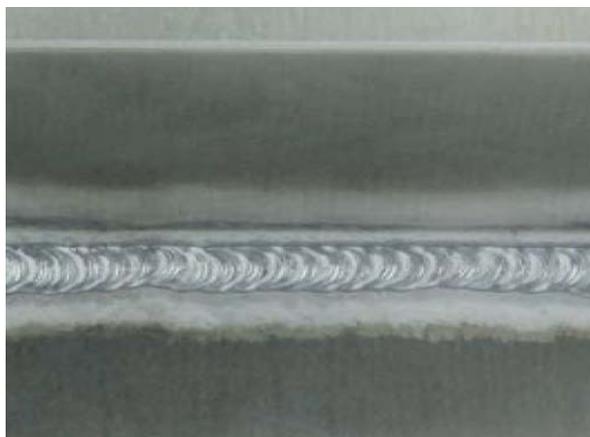


Рисунок 5 – Угловой шов таврового соединения, лист толщиной 1 мм, аргон. Проволочный электрод диаметром 1,2 мм

Преимущества импульсной методики

- Импульсная дуга для сварки в неудобных положениях практически без брызг;
- Мелкокапельный переход материала в расширенной области короткой дуги при сварке низколегированных сталей;
- Более высокая скорость сварки;
- Качественное соединение;
- Ровный, аккуратный сварочный шов;
- Прожог исключается даже при условии производства соединений на весу;
- Не требуется зачистка шва.

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		23

1.4 Выбор сварочных материалов

При сварке плавлением монолитное, неразъемное сварное соединение получается в результате расплавления либо кромок свариваемого металла, либо кромок и дополнительного присадочного металла с образованием общей металлической сварочной ванны и последующей кристаллизацией этой ванны после прекращения действия теплоты источника нагрева.

В большинстве случаев сварку проводят с введением присадочного металла в виде проволоки, стержней, пластин. Физико-металлургические процессы, протекающие при сварке (на торце электрода, в дуге, ванне), должны обеспечить металл шва такого химического состава, при котором были бы получены необходимые его свойства: отсутствие дефектов (трещин, пор и др.), равнопрочность с основным (свариваемым) металлом и другие свойства, определяемые условиями его работы.

Этого можно достичь легированием металла шва присадочным металлом, покрытием, флюсом либо применением особых методов защиты зоны сварки (защитных газов, вакуума) при сварке без добавочных материалов. Присадочный металл и другие вещества, используемые при сварке плавлением с целью получения непрерывного, неразъемного соединения, удовлетворяющего определенным требованиям, принято называть сварочными материалами. К сварочным материалам относят сварочную проволоку, присадочные прутки, порошковую проволоку, плавящиеся покрытые электроды, неплавящиеся электроды, различные флюсы, защитные (активные и инертные) газы. Указанные материалы должны обеспечить требуемые геометрические размеры и свойства сварного шва; хорошие технологические условия ведения процесса сварки; высокую производительность и экономичность процесса; необходимые санитарно-гигиенические условия труда при их производстве и сварке.

Это достигается тем, что сварочные материалы участвуют:

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						24
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

а) в защите расплавленного металла в зоне протекания металлургических процессов;

б) в регулировании химического состава металла шва путем его легирования и раскисления;

в) в очистке (рафинировании) металла шва — удалении серы, фосфора, включений окислов и шлаков;

г) в очистке металла шва от водорода и азота;

1.4.1 Защитный газ

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

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

Из легирующих элементов ванны наиболее сильно окисляются алюминий, титан и цирконий, менее интенсивно — кремний, марганец, хром, ванадий и др.

Преимущество защитных газовых смесей:

- небольшое разбрызгивание металла;

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

- 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.[7,10]

Основной металл – Сталь 10ХСНД относится к низколегированным углеродистым сталям. Поэтому наиболее подходящим защитным газом для сварки корпуса насоса необходимо применять смесь инертных газов K18.

Газовая смесь K18 – это смесь 82 % Ar и 18 % CO₂. Наиболее универсальные двухкомпонентные смеси для сварки углеродистых конструкционных и некоторых легированных сталей.

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.

Электрогазосварочные работы в чисто газовой среде в индустриально развитых странах давно остались в прошлом. Им на смену пришли многокомпонентные газовые смеси улучшенного состава. Для полноценной защиты дуги применяются смеси, основанные на аргоне, гелии и других технических газах. Опыт по использованию газовых смесей показал: газовые смеси по своим показателям повышают финальное качество соединения по аналогии с чистыми газами. [10]

1.4.2 Сварочная проволока

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

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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.

Проволока: Св – 08Г2С

Сварочная проволока Св-08Г2С производится для разнообразных сварочных работ с узлами и деталями повышенной ответственности. Ею можно выполнять также и наплавочные работы. Проволока сварочная о Св-08Г2С предназначена для работы с углеродистыми и низкоуглеродистыми сталями. Это охватывает достаточно широкий спектр изделий, благодаря чему проволока часто используется в кораблестроении, машиностроении и при ремонте различных металлических деталей. [16]

Химический состав проволоки Св-08Г2С представлен в Таблице 1.3.

Таблица 1.3–Химический состав проволоки Св-08Г2С, % [30]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
0,05-0,11	0,7-0,95	1,8 – 2,1	≤0,25	≤0.025	≤0.03	≤0,2

Св–08Г2С используется для сварки в среде защитных газов. Чаще всего применяется смесь газов (аргон 80 % + углекислый газ 20%). Допускается так же сварка в чистом углекислом газе.[2]

Преимущества сварочной проволоки Св-08Г2С:

- качественное и ровное медное покрытие обеспечивает постоянный и надёжный контакт с токопроводящим наконечником;
- постоянство диаметра по длине проволоки обеспечивает стабильность прохождения проволоки по направляющим шлангам без заклинивания;
- высокие сварочно-технологические характеристики и механические свойства;

- прочная и герметичная упаковка обеспечивает высокую степень защиты от механических повреждений, воздействий окружающей среды в процессе транспортировки и хранения;[16]

Сварочная проволока Св-08Г2С в бочках Ball Pack 300 кг

HYUNDAI Ball Pack – эта усовершенствованная упаковка сварочной проволоки имеет запатентованную систему «стеклянные шарики», которые оказывают антистатическое сопротивление на проволоку. Шарики утяжеляют проволоку, тем самым обеспечивая захват только одной нити в один подход. В конечном итоге проволока выходит без противодействия и раскручивается последовательно.[15]



Рисунок 6 – Бочка HYUNDAI Ball Pack

Сварочная проволока Св-08Г2С в бочке Ball Pack используется для механизированной и полуавтоматической сварки углеродистых и низколегированных сталей как в смеси газов ($Ar + 20-25\% CO_2$), так и в чистом CO_2 во всех пространственных положениях.

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

Преимущества при переходе с катушек 15 кг на бочки 300 кг

Ball Pac (бочка 300 кг) эквивалентна 20-ти кассетам, Не требуется тратить время на замену катушек; при использовании упаковки Ball Pac (бочки 300 кг) экономия рабочего времени составляет до 7 часов, что увеличивает производительность и сокращает время на замену кассеты.

Используя Ball Pac (бочку 300 кг) экономия денежных средств до 5% за счет того, что в кассете остается до 5% неиспользованной проволоки, которую в конечном результате сварщики выкидывают. [15]

1.5 Режим 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.

Параметры режима сварки рассчитываем в зависимости от толщины металла и свойств свариваемого материала, типа сварочного соединения и положения сварочного шва в пространстве по справочной литературе.[12]

С учетом максимальной производительности процесса сварки при условии получения требуемых геометрических размеров поперечного сечения шва, мы выбираем автоматическую сварку в смеси инертных газов. [3]

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

1.5.1 Расчёт режимов сварки автоматическим способом в среде защитных газов

Сварка в защитном газе без скоса кромок односторонний ГОСТ 14771-76 соединение Т1.[29]

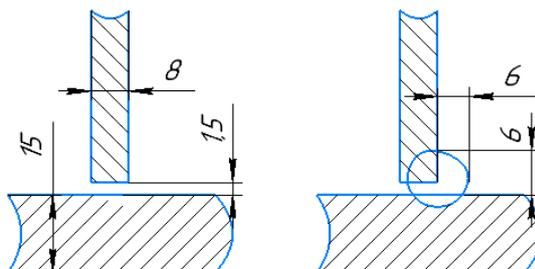


Рисунок 7 – Тавровое соединение Т1 по ГОСТ 14771-76

1) Площадь наплавленного металла находится по формуле (3):

$$F_{\text{н}}=F_1+F_{\text{пр}} \quad (3)$$

где F_1 – площадь наплавленного металла выпуклости;

$F_{\text{пр}}$ – площадь наплавленного металла, образованного зазором;

$$F_1=0,73 \cdot e \cdot q \quad (4)$$

$$F_1=0,73 \cdot 8,46 \cdot 1,5=9,26 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \quad (5)$$

$$F_{\text{пр}}=\frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 6=18 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{н}}=9,26+18=27,3 \approx 28 \text{ мм}^2$$

2) Предварительный расчёт диаметра сварочной проволоки

Расчёт проводится по формуле (6):

$$d_{\text{э}} = K_d * F_H^{0,625} \quad (6)$$

где K_d – коэффициент, выбираем в зависимости от способа сварки и рода тока [9, таблица 16]. K_d – коэффициент, равен от 0,149 до 0,409;

F_H – площадь наплавленного металла, мм².

Диаметр электродной проволоки будет равен:

$$d_{\text{э}} = \text{от } 0,149 \cdot 28^{0,625} = 1,195 \text{ мм}$$

Рассчитанный диаметр электродной проволоки ($d_{\text{э}}$) составит 1,2 мм.

3) Значение сварочного тока:

Расчёт значения сварочного тока проводится по формуле (7):

$$I_{\text{св}} = \frac{h_p}{k_h} \cdot 100, A \quad (7)$$

где k_h – коэффициент пропорциональности; [2]

При обратной полярности $k_h=2,1$ при $d_{\text{э}}=1,2$ мм

h_p находится по формуле (8):

$$h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot K \quad (8)$$

$$h_p = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ мм}$$

$$I_{\text{св}} = \frac{4,2}{2,1} \cdot 100 = 200 \text{ А}$$

4) Значение плотности сварочного тока

Значение плотности тока находится по формуле (9):

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot d_{\text{э}}^2} \quad (9)$$

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

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

π – математическая постоянная, равная 3,14;

$d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм.

Значение j должно соответствовать требуемым допустимым плотностям токов.

$$j = \frac{4 \cdot 200}{3,14 \cdot 1,2^2} = 176 \text{ А/мм}^2$$

Полученное значение $j=176 \text{ А/мм}^2$ соответствует допустимому значению плотности тока; [3]

5) Находим коэффициент наплавки по формуле (10)

$$\alpha_H = \alpha_p * \frac{100 - \varphi_{\Pi}}{100} \quad (10)$$

где α_p – коэффициент расплавления;

φ_{Π} – коэффициент потерь электродного металла, равен 3,8%;

$$\alpha_H = 13,6 * \frac{100 - 3,8}{100} = 13,6 * 0,962 = 13 \%$$

$$\alpha_p = 1,21 * I_{св}^{0,32} * l_э^{0,39} * d_э^{(-0,64)} \quad (11)$$

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

$l_э$ – вылет электрода, мм;

$d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм.

$$\alpha_p = 1,21 * 5,4 * 2,6 * 0,8 = 13,6$$

6) Рассчитаем скорость сварки по формуле (12):

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						32
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H * I_{CB}}{3600 * \rho * F_H} \quad (12)$$

$$V_{CB} = \frac{13 * 200}{3600 * 7,8 * 0,28} = 0,33 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 11,88 \approx 12 \text{ м/ч}$$

где α_H – коэффициент расплавления;

I_{CB} – 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 (13):

$$U_d = 14 + 0,05 * I_{CB} \quad (13)$$

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

где I_{CB} – величина сварочного тока, А.

8) Расчет скорости подачи сварочной проволоки производится по формуле (14):

$$V_{ПП} = \frac{V_{CB} * F_H * (1 + 0,01 * \varphi_{П})}{\pi * d_3^2} \quad (14)$$

$$V_{ПП} = \frac{12 * 28 * (1 + 0,01 * 3,8)}{3,14 * 1,2^2} = \frac{348}{4,5} = 77 \text{ мм/с} = 277 \text{ м/ч}$$

где V_{CB} – скорость сварки, мм/с;

F_H – площадь наплавленного металла, мм²;

$\varphi_{П}$ – коэффициент потерь электродного металла, равен 3,8%;

π – математическая постоянная, равна 3,14;

d_3 – диаметр электродной проволоки, мм.

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

9) Расчет расхода защитного газа вычисляется по формуле (15):

$$q_{32} = 0,0033 \cdot I_{CB}^{0,75} \quad (15)$$
$$q_{32} = 0,0033 \cdot 200^{0,75} = 0,174 \text{ л/с} = 10,44 \text{ л/мин}$$

где I_{CB} – величина сварочного тока, А.

10) Расчет погонной энергии выполняется по формуле (16):

$$q_n = \frac{I_{CB} \cdot U_D \cdot \eta}{V_{CB}}, \quad (16)$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

$$q_n = \frac{200 \cdot 24 \cdot 0,75}{0,33} = 10909 \text{ Дж/см}$$

11) Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{пр}$ по формуле (17):

$$\psi_{пр} = K \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d_э \cdot U_D}{I_{CB}}, \quad (17)$$

где $\psi_{пр}$ - коэффициент провара

K - коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \leq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,367 \cdot j^{0,1925}$

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

$$\Psi_{пр} = 0,99 * (19 - 0,01 * 200) * \frac{1,2 * 24}{200} = 2,4$$

12) Проверим глубину проплавления по формуле (18):

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{пр}}}, \quad (18)$$

где h – глубина проплавления

q_n – погонная энергия, Дж/см

$\Psi_{пр}$ - коэффициент провара

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{10909}{2,4}} = 0,54 \text{ см}$$

Характеристики режимов сварки представлены в Таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Параметры режима сварки соединения Т1

	F, мм²	I_{св}, А	d_э, мм	j, А/мм²	V_{св}, м/ч	U_д, В	V_{пп}, м/ч
Соединение Т1 ГОСТ 14771-76	28	200±5	1,2	176	12±5	24	277

1.6 Выбор сварочного оборудования

Сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW

Сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM (MultiMatrix) DVX FDW для импульсной полуавтоматической сварки MiG/MAG, стандартной полуавтоматической сварки MiG/MAG, сварки покрытым электродом и сварки неплавящимся электродом.

Сварочный аппарат PHOENIX 551 PULS MM DVX FDW принадлежит к моделям инновационных сварочных аппаратов нового поколения, разработанного на основе надёжной и испытанной инверторной технологии EWM. Область применения аппарата охватывает весь спектр производственных задач, обеспечивая высокое качество сварки многих материалов и сплавов.



Рисунок 8 – Сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW

Характерные особенности:

- Импульсная MIG/MAG сварка различными типами проволок;
- Высокая продолжительность включения и максимальная мощность источника EWM;
- Синергетическое управление параметрами;

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04. 148 ПЗ				

- Идеальные характеристики зажигания и процесса сварки благодаря инверторному источнику EWM;
- Максимальная экономичность. Максимальная производительность;
- Мультипроцесс: сварка MIG/MAG, сварка TIG с контактным зажиганием, сварка штучными стержневыми электродами;
- Экономия электроэнергии благодаря функции энергосбережения;
- Индикация значения мощности в киловаттах для расчета погонной энергии;
- Оптимально запрограммированные и удобные сварочные задания (JOBS);
- Эргономичность, прочное и компактное исполнение;
- Наглядное размещением органов управления, интуитивно понятное управление, доступное каждому;
- Мощная и эффективная система охлаждения;
- На 100 % проверено и протестировано.[11]

Таблица 1.5 – Технические характеристики

Технические характеристики	Величина
1	2
Сетевое напряжение (допуски)	380 В
Сетевой предохранитель (инерционный)	3×32 А
Напряжения холостого хода	80 В
Диапазон регулирования сварочного тока	550 А
Продолжительность включения 40 °С	550 А/ 60 %
Продолжительность включения 40 °С	420 А/ 100 %
cosφ	0,99
1	2
КПД	90 %
Габариты (Д×Ш×В) в мм	1100×680×1000
Вес	158 кг
Габариты устройства подачи проволоки (Д×Ш×В) в мм	660×280×380
Вес устройства подачи проволоки	13 кг
Вид сварки	MIG/MAG
Вид тока	DC
Вид оборудования	Декомпакт

Окончание таблицы 1.5

1	2
Вид охлаждения	Водяное
Вид охлаждения	Доп. устройство охлаждения

Сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW имеет возможность осуществлять сварочный процесс по технологии EWM forceArc/forceArc puls, которая качественным образом преобразует MIG/MAG сварку за счёт использования ресурса источника питания EWM и максимального использования энергии дуги. EWM forceArc/ forceArc puls позволяет увеличить производительность и сократить производственные расходы до 50%.

Преимущества системы EWM – forceArc:

- увеличение средней скорости сварки ориентировочно на 50%;
- минимизация затрат при подготовке разделки кромок;
- минимизация слоев и меньше расход присадочного материала;
- уменьшение внутренних напряжений в металле;
- меньший расход защитного газа и меньшее время сварки.[13]

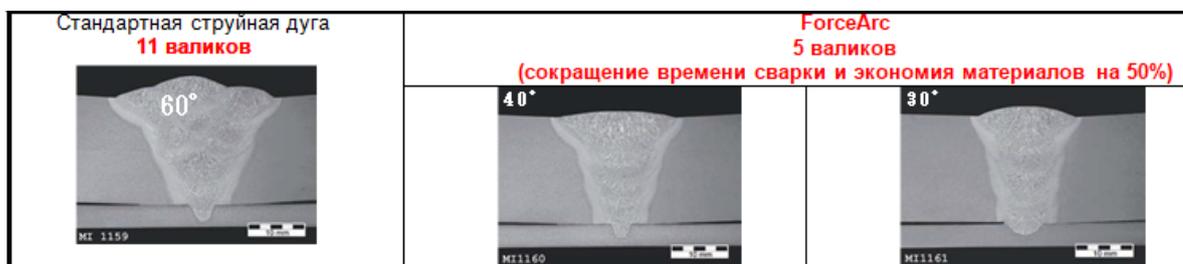


Рисунок 9 – Сравнение методов ForceArc и стандартной сварки струйной дугой

Сварочный вращатель PT-1500 (ProArc)

Позиционеры ProArc серии PT предназначены для установки изделий в положение, удобное для сварки и вращения со сварочной скоростью при автоматической сварке в среде защитных газов, а также при наплавочных работах.

Конструкция позиционеров ProArc обеспечивает безопасную работу и длительную безаварийную эксплуатацию.[14]



Рисунок 10 – Сварочный вращатель РТ-1500 (ProArc)

Особенности работы сварочного вращателя:

- Грузоподъемность от 100 до 20 000 кг;
- Наклон планшайбы от 0 до 135 градусов;
- Высокочастотная защита;
- Т – образные пазы для крепления оснастки;
- Двигатель переменного тока вращения планшайбы;
- Двигатель переменного тока наклона планшайбы;
- Высококачественные червячные редукторы для плавного вращения планшайбы с минимальным люфтом;
- Надежная система заземления;
- Серия AD с регулируемым по высоте столом;
- Пульт управления с выбором направления и скорости вращения.

Технические характеристики сварочного вращателя РТ-1500 (ProArc) представлены в таблице 1.6.

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

Таблица 1.6 – Технические характеристики сварочного вращателя РТ-1500 (Pro-Arc)

Технические характеристики	Величина
Потребляемая мощность при 50/60 Гц	3 ~ 220/380 В
Диаметр планшайбы, мм	800
Грузоподъемность, кг	1500
Частота вращения планшайбы, об/мин	0,05-1
Вращающий двигатель, Вт	740
Габариты, мм	1150*1000*990

Сварочная горелка AUT 501

Горелки серии AUT нашли широкое применение в автоматической сварке во всех отраслях промышленности и производства.

Широкий модельный ряд позволяет подобрать горелку в соответствии с задачами и применяемыми материалами – диаметром электродной проволоки.



Рисунок 11 – Сварочная горелка AUT 501

Горелки серии AUT служат для автоматической сварки черных и цветных металлов, а так же их сплавов в среде защитного газа. В горелках реализовано как воздушное, так и жидкостное охлаждение.

Горелки этой модификации отличаются изгибом относительно оси мундштука (0° и 45°).[19]

Преимущества, обеспечивающие высокое качество сварки и устойчивый контакт с электродом:

- простая конструкция
- высокий уровень производительности
- производятся с использованием современных технологий и материалов
- безопасность

- комфортабельность
- износостойкость
- продолжительность сварочных работ
- высокая мощность
- широкий диапазон размеров
- профессиональная компетенция.

Таблица 1.7 – Технические характеристики газовой горелки AUT 501

Технические характеристики	Величина
1	2
Геометрия гусака, °	0 ° / 45 °
X, мм	167 / 135
Y, мм	- / 82



Рисунок 12 – Геометрические показатели сварочной горелки AUT 501

Угловая шлифовальная машина Makita GA 9030 F01

Угловая шлифовальная машина Makita GA 9030 F01 – это компактный прибор, предназначенный для обработки различных материалов. Его небольшие размеры позволяют производить обработку труднодоступных мест, а малый вес делает удобным для использования. Хотя прибор компактный, он обладает достаточной мощностью (710 Вт) для обеспечения отличной производительности. Модель оборудована усиленной пылезащитой и лабиринтным уплотнением, предохраняющим элементы от абразивной пыли. Благодаря этому аппарат можно использовать для работы с такими пылящими материалами, как бетон, кирпич и ка-

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

мень. Конический редуктор сделан из металла, что обеспечивает медленный износ шестерен и долгий эксплуатационный срок.



Рисунок 13 – Угловая шлифовальная машина Makita GA 9030 F01

Преимущества:

- небольшой диаметр корпуса для удобной работы;
- компактность и мощность, возможность выполнять работу одной рукой;
- благодаря лабиринтной конструкции все подшипники защищаются от строительного мусора и пыли;
- якорь, который покрыт защитным лаком, и статор, имеющий порошковое лаковое покрытие, предохраняют двигатель от повреждений и пыли, гарантируя хорошую прочность даже во время резки каменных, кирпичный и керамических материалов.

Технические характеристики угловой шлифовальной машины Makita GA 9030 F01 в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические характеристики угловой шлифовальной машины Makita GA 9030 F01

Технические характеристики	Величина
1	2
Максимальный диаметр диска, мм	230
Потребляемая мощность, Вт	2400

Окончание таблицы 1.8

1	2
Вес, кг	5,1
Длина сетевого кабеля, м	2,5
Макс. частота вращения диска, об/мин	6600

Газорезущая машина «Смена-2М»

Для резки трубы используем газорезущую машину «Смена-2М». Относится к компактным газорезущим установкам, применяемым для разрезания стальных изделий и заготовок с применением кислородной среды. С помощью этой возможностью проведения предварительной подготовки кромок под сварку.



Рисунок 14 – Переносная газорезущая машина «Смена-2М»

Технические характеристики газорезущей машины «Смена-2М» представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Технические характеристики газорезущей машины «Смена- 2М»

Технические характеристики	Величина
Радиус резки по циркулю, мм	150...1500
Количество резаков	2
Скорость перемещения резака, м/мин	0,05...1,6
Длина направляющей секции, мм	2200
Длина прямоугольного реза, наибольшая, мм	6300
Масса ходовой части машины, кг	20
Габариты ходовой части машины, мм	405*240*250
Рабочий газ	ацетилен / пропан-бутан / природный газ

Оборудование для резки листового проката

Машина термической резки ASOIK Compact предназначен для резки листового металла. ASOIK Compact представляет собой полноценную порталную машину для промышленного применения. Машина обладает высочайшими характеристиками в своем классе. Обладает выверенным конструктивом, жесткой конструкцией, высокой точностью изготовления. Установка позволяет вырезать детали сложной формы с высокой точностью.



Рисунок 15 – Машина термической резки ASOIK Compact

Технические характеристики машины термической резки с ЧПУ ASOIK Compact представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Технические характеристики машины термической резки с ЧПУ ASOIK Compact

Параметр	Значение, содержание
Вид приводных устройств	Шаговые двигатели постоянного тока с обеих сторон портала и моторредукторы
Ширина обрабатываемой зоны, мм	от 1600 до 2200
Длина обрабатываемой зоны	от 3000 до 12000
Точность позиционирования, мм	0,5
Скорость перемещения на холостом ходу, мм/мин	до 8000
Виды режущих сред	Плазма/газ
Диапазон толщин разрезаемой стали, мм	1—80
Напряжение питающей сети	220В/50Гц
Максимальная потребляемая мощность при плазменной резке, кВт	23

1.7 Технология изготовления

Технологический процесс изготовления корпуса насоса состоит из ряда операций. Последовательность изготовления корпуса насоса представлена в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Технология изготовления корпуса насоса

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Заготовительная	Раскройка листа на заготовки. Лист 8мм. Сталь 10ХСНД ГОСТ 6713-91 [23] Труба 10ХСНД с диаметром 630 мм.	Машина термической резки ASOIK Compact Газорезущая машина «Смена-2М»
2	Транспортировка	Транспортировать заготовки на сборочную установку.	Кран мостовой 1 т
3	Контрольная	Провести контроль размеров заготовок	Комплект измерительных приборов ГОСТ 7644-80, рулетка с диапазоном измерений от нуля до 5 000мм
4	Сборка изделия	1) Устанавливаем первый диск на подставки; 2) Надеваем трубу; 3) Делаем прихватки, 8шт длина прихваток 15-20 мм; 4) Ставим шаблон-подставку; 5) На шаблон-подставку устанавливаем второй диск; 6) Сверху фиксируем пневмоприжимом; 7) Делаем прихватки, 8шт длина прихваток 15-20 мм;	Кран мостовой 1 т; Плита сборочно-сварочная; Сварочная колонна; Сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW Режимы для прихваток: $d_э=1,2$ мм, $I=200\pm 5$ А, $q=10,5$ л/мин
5	Транспортировка	Транспортировать заготовку изделия на сварочную установку	Кран мостовой 1 т

				<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	45

Окончание таблицы 1.11

1	2	3	4
6	Сварка	1) Выполнить сварку первого сварного шва. Соединение Т1 ГОСТ 14771-76; 2) Повернуть изделие 3) Выполнить сварку второго сварного шва. Соединение Т1 ГОСТ 14771-76;	Сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW Сварочный вращатель РТ-1500 (ProArc) Сварочная горелка АУТ 501 Режимы для сварки швов: $d_э=1,2$ мм, $I_{св}=200\pm 5$ А, $V_{св}=12\pm 5$ м/ч, $U_d=24\pm 5$ В, $q=10,5$ л/мин
7	Зачистка	Провести зачистку сварных швов	Угловая шлифовальная машина Makita GA 9030 F01
8	Контроль	Выполнить контроль качества сварных швов, путём капиллярной дефектоскопии	очиститель, пенетрант, проявитель, ультрафиолетовый фонарь

1.8 Контроль качества готового изделия

Капиллярная дефектоскопия – метод дефектоскопии, основанный на проникновении определенных жидких веществ в поверхностные дефекты изделия под действием капиллярного давления, в результате чего повышается свето и цветоконтрастность дефектного участка относительно неповрежденного.

Капиллярная дефектоскопия (капиллярный контроль) предназначен для выявления невидимых или слабо видимых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов (трещины, поры, раковины, непровары, межкристаллическая коррозия, свищи и т.д.) в объектах контроля, определения их расположения, протяженности и ориентации по поверхности.[26]

Капиллярные методы неразрушающего контроля основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объекта контроля и регистрации обра-

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						46
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

зующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя.

Приборы и оборудования для капиллярного контроля:

- Материалы для цветной дефектоскопии, люминесцентные материалы;
- Наборы для капиллярной дефектоскопии (очистители, проявители, пенетранты);
- Пульверизаторы, пневмогидропистолеты;
- Источники ультрафиолетового освещения (ультрафиолетовые фонари, осветители);
- Испытательные панели (тест-панель);
- Контрольные образцы для цветной дефектоскопии;

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

2 Экономическая часть

В ВКР спроектирован технологический процесс сборки и сварки корпуса насоса, изготавливаемого из стали марки 10ХСНД с применением автоматической сварки в среде защитных газов.

Целью расчета экономической эффективности является обоснование, с помощью экономических показателей целесообразности внедрения механизированных установок для сборки и сварки в среде защитных газов корпусов насоса.

Для определения экономической эффективности выбрана сравнительная методика, где базовая и предлагаемая технологии сравниваются по статьям калькуляции себестоимости. Определяется срок окупаемости дополнительных финансовых вложений, необходимых для реализации проектного варианта.

Действующая технология подразумевает изготовление корпусов насоса с использованием способа полуавтоматической сварки в среде защитного газа. В проектном варианте мы решили механизировать процесс и использовать установку, в процессе которой человек не принимает участия в процессе сварки. Автоматическая установка подразумевает наличие сварочного вращателя РТ-1500 (Pro-Arc) и сварочной горелки АУТ 501 в среде защитных газов. Предполагается, что внедрение проектного варианта приведет к общему снижению себестоимости изготовления сварной конструкции и большей эффективности процесса производства.

2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

2.1.1 Определение технологических норм времени на сварку

Общее время на выполнение сварочной операции $T_{шт-к}$, ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле (19):

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{нз} + t_в + t_{обс} + t_n, \quad (19)$$

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

$t_{осн}$ – основное время, ч.;

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

$t_в$ – вспомогательное время, ч.;

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

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

Основное время ($t_{осн}$, ч) – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле (20):

$$t_{осн} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (20)$$

где $L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м $\Sigma L_{шв} = 3,77$ м;

$V_{св}$ – скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч, $V_{св} = 12$ м/ч;

$V_{св}$ – скорость сварки (базовый вариант), м/ч, $V_{св} = 3,2$ м/ч

Определяем основное время по формуле (20) для обоих вариантов

$$t_{осн} = \frac{3,77}{3,2} = 1,18 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = \frac{3,77}{12} = 0,314 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

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

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$t_{нз} = 10\% \text{ от } t_{осн}$$

$$t_{нз} = \frac{1,18 \cdot 10}{100} = 0,118 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{нз} = 0,0314 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Вспомогательное время (t_6) включает в себя время на установку бочки 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 $t_{уст}$:

$$t_6 = t_э + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (21)$$

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

$$t_э = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч.}$$

Время зачистки кромок или шва $t_{кр}$ вычисляют по формуле (22):

$$t_{кр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_C - 1)) \quad (22)$$

где n_C – количество слоев при сварке за несколько проходов;

$L_{шв}$ – длина шва, м, $L_{шв} = 3,77 \text{ м}$

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле для обоих вариантов.

$$t_{кр} = 3,77 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (1-1)) = 2,26 \text{ ч.}$$

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		50

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

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 100	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	8,40	10,50

$$t_{уст} = 0,175 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитываем значение t_{θ} для обоих вариантов (оно одинаково)

$$t_{\theta} = 0,083 + 2,26 + 0,08 + 0,175 + 0,21 = 2,8 \text{ ч.}$$

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

$$t_{обс} = (0,06...0,08) \cdot t_{осн} \quad (23)$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) по формуле (23) для обоих вариантов

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 1,18 = 0,083 \text{ ч.}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,314 = 0,022 \text{ ч.}$$

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

$$t_n = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (24)$$

Рассчитываем t_n по формуле (24) для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_n = 0,07 \cdot 1,18 = 0,083 \text{ ч.}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 0,314 = 0,022 \text{ ч.}$$

Таким образом, расчет общего времени $T_{шт-к}$ на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (19)

$$T_{шт-к} = 1,18 + 0,118 + 2,8 + 0,083 + 0,083 = 4,3 \text{ ч.}$$

$$T_{шт-к} = 0,314 + 0,0314 + 2,8 + 0,022 + 0,022 = 3,19 \text{ ч.}$$

$$T_{шт-к} = 4,3 \text{ ч. (базовый вариант);}$$

$$T_{шт-к} = 3,19 \text{ ч. (проектируемый вариант).}$$

Определяем *общую трудоемкость годовой производственной программы* $T_{произв. пр.}$ сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле (25)

$$T_{произв. пр.} = T_{шт-к} \cdot N \quad (25)$$

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						52
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время технологической операции – сварки, мин./металлоконструкцию;

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

$$T_{произв. пр.} = 4,3 \cdot 1000 = 4300 \text{ ч. (базовый вариант);}$$

$$T_{произв. пр.} = 3,19 \cdot 1000 = 3190 \text{ ч. (проектируемый вариант).}$$

2.1.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса C_p , по формуле (23):

$$C_p = \frac{T_{произв. пр.}}{\Phi_\delta \cdot K_H} \cdot 100 \quad (23)$$

где Φ_δ – действительный фонд времени работы оборудования, час. ($\Phi_\delta = 1914$ час.);

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

$$C_p = \frac{4300}{1914 \cdot 1,1} = 2,4; \text{ примем } C_{II} = 3 \text{ шт. (базовый вариант);}$$

$$C_p = \frac{3190}{1914 \cdot 1,1} = 1,5; \text{ примем } C_{II} = 2 \text{ шт. (проектируемый вариант).}$$

Принятое количество оборудования C_{II} определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		53

иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования K_3 производим по формуле (24):

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{II}} \quad (24)$$

где K_3 – коэффициент загрузки оборудования;

C_P – количество оборудования по операциям техпроцесса, шт.;

C_{II} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{2,4}{3} = 0,80 \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_3 = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ (проектируемый вариант).}$$

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

Необходимо стремиться к тому, чтобы средний коэффициент загрузки оборудования был, возможно, ближе к единице.

2.1.3 Расчет капитальных вложений

Таблица 2.2 – Исходные данные

Наименование технологического оборудования	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3	4
Годовая производственная программа	шт	1000	1000

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4
Сварочный вращатель РТ-1500 (Pro-Arc)	руб./шт.		1108000
Сварочный выпрямитель ВДУ 506	руб./шт.	115000	
Сварочный инверторный аппарат РНОENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW	руб./шт.		536000
Сборочно-сварочная плита	руб./шт.	120000	120000
Сварочная колонна	руб./шт.		500000
Сварочная горелка АУТ 501	руб./шт.	15	15
Сварочная проволока Св-08Г2С, Ø1,2 мм	руб./кг	2,3	2,3
Защитный газ СО ₂	руб./л	0,08	
Защитный газ (смесь К18)	руб./л		0,11
Расход защитного газа	л/мин	10,5	10,5
Сталь 10ХСНД	руб./т	42000	42000
Тариф на электроэнергию	руб./кВт-час	3,16	3,16
Длина сварного шва	м	3,77	3,77
Тарифная ставка	руб	148	156
Масса конструкции	т	0,15	0,15

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объёма работ определяется по формуле (25):

$$K_{OB} = \Sigma K_{OBj} \cdot C_{II} \cdot K_3, \text{руб.} \quad (25)$$

где K_{OBj} – балансовая стоимость оборудования, руб;

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04. 148 ПЗ				

C_{Π} – принятое количество оборудования, *шт.* $C_{\Pi} = 2$ *шт.*

K_3 – коэффициент загрузки оборудования. $K_0 = 1$

Балансовая стоимость оборудования определяется по формуле (26):

$$K_{OB} = C_{OB} \cdot (1 + K_{ТЗ}), \text{ руб.} \quad (26)$$

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

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

Базовый вариант:

$$K_{OBj} = 250000 \cdot (1 + 0,12) = 280000 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:

$$K_{OBj} = 2279000 \cdot (1 + 0,12) = 2734800 \text{ руб.}$$

Определяем капитальные вложения:

$$K_{OB} = 280000 \cdot 3 \cdot 1 = 840000 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$K_{OB} = 2734800 \cdot 2 \cdot 1 = 5469600 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Таблица 2.3 – Расчеты капитальных вложений по вариантам

Статьи расчетов	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3
Оптовая цена единицы оборудования, руб.	250000	2279000

Окончание таблицы 2.3

1	2	3
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	280000	2734800
Суммарные капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.	840000	5469600

2.2 Определение себестоимости изготовления металлоконструкций

2.2.1 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций

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

Расчет материальных затрат

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энерго-ресурсы на технологические цели.

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

Стоимость основных материалов ($C_{o.m}$, руб.) с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле.

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

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 10ХСНД вычисляется по формуле (27):

$$C_{к.м} = m_k \cdot Ц_{к.м}, \quad (27)$$

где m_k – масса конструкции, т;

$Ц_{к.м}$ - цена одной тонны конструкционного материала, руб. Стоимость стали 10ХСНД за тонну составляет 42000 руб.

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		57

$$C_{к.м} = 0,15 \cdot 42000 = 6300 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 6300 руб. как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет затрат на электродную проволоку Св-08Г2С проводим по формуле.

Исходные данные для расчетов:

$$L_{шв} = 3,77 \text{ м} = 377 \text{ см}$$
$$F_{нм} = 28 \text{ мм}^2 = 0,28 \text{ см}^2$$

Объем наплавленного металла $V_{нм}$ рассчитывается по формуле (28):

$$V_{нм} = L_{шв} \cdot F_o, \quad (28)$$

где F_o – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см^2 ;
 $L_{шв}$ - длина сварного шва, см.

$$V_{нм} = 377 \cdot 0,28 = 105,6 \text{ см}^3$$

Масса наплавленного металла $M_{нм}$ рассчитывается по формуле (29):

$$M_{нм} = V_{нм} \cdot \rho_{нм}, \quad (29)$$

где $V_{нм}$ - объем наплавленного металла, см^3 ;
 $\rho_{нм}$ - плотность наплавленного металла, $\text{г}/\text{см}^3$ ($\rho_{стали} = 7,8 \text{ г}/\text{см}^3$).

$$M_{нм} = 105,6 \cdot 7,8 = 823,7 \text{ кг}$$

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Производим расчеты $C_{св.пр}$ на изготовление одной металлоконструкции по формуле (30):

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \psi \cdot Ц_{с.п.} \cdot K_{тр}, руб. \quad (30)$$

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

ψ - коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в среде защитного газа характеризуется разбрызгиванием электродного металла, для данного вида сварки = 1,15-1,20);

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

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

$$C_{св.пр} = 823,7 \cdot 1,2 \cdot 90 \cdot 1,05 = 93407 \text{ руб. (базовый вариант – сварка в } CO_2)$$

$C_{св.пр} = 823,7 \cdot 1,02 \cdot 90 \cdot 1,05 = 79396 \text{ руб. (проектируемый вариант – сварка в среде 82 \% Ag и 18 \% } CO_2)$.

Расчет затрат на защитный газ

Исходные данные:

$$t_{осн} = \frac{3,77}{3,2} = 1,18 \text{ ч} = 70,8 \text{ мин. (базовый вариант);}$$

$$t_{осн} = \frac{3,77}{12} = 0,314 \text{ ч} = 18,84 \text{ мин. (проектируемый вариант);}$$

Расход защитного газа $q_{зг} = 10,5$ л/мин.

Расчет защитного газа производим по формуле (31)

$$C_{зг} = t_{осн} \cdot q_{зг} \cdot k_P \cdot Ц_{зг} \cdot K_T, руб \quad (31)$$

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						59
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где $t_{\text{осн}}$ – время сварки в расчете на одно металлоизделие, базовый вариант $t_{\text{осн}} = 70,8$ мин., проектируемый вариант $t_{\text{осн}} = 18,84$ мин.;

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

$C_{зг}$ – цена газа за один дм^3 газа в свободном состоянии, $\text{CO}_2 - 0,08$ руб./ дм^3 , смесь К18 – $0,13$ руб./ дм^3 ;

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

$C_{зг} = 70,8 \cdot 10,5 \cdot 1,1 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 68,7$ руб. (базовый вариант – защитный газ CO_2)

$C_{зг} = 18,84 \cdot 10,5 \cdot 1,1 \cdot 0,13 \cdot 1,05 = 29,7$ руб. (проектируемый вариант – защитная смесь К-18).

Стоимость основных материалов ($C_{\text{о.м}}$, руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (32):

$$C_{\text{о.м}} = [C_{\text{к.м}} + C_{\text{св.пр.}} + (C_{зг} + C_{\text{св.фл.}})] \cdot K_{тр} \quad (32)$$

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

$$C_{\text{о.м}} = (6300 + 93407 + 68,7) \cdot 1,05 = 104765 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{о.м}} = (6300 + 79396 + 29,7) \cdot 1,05 = 90012 \text{ руб.}$$

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

Расчет затрат на электроэнергию на операцию проводим по формуле (33):

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$Z_э = \alpha_э * W * Ц_э, \text{ руб} \quad (33)$$

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; $Ц_э = 3,16$ кВт/ч.

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

$$Z_э = 8 \cdot 19,65 \cdot 3,16 = 497 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_э = 5 \cdot 19,65 \cdot 3,16 = 311 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Материальные расходы ($MЗ$) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле (34):

$$MЗ = C_{о.м} + C_{эи} + C_{др}. \quad (34)$$

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

$C_{эи}$ – стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.

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

По базовому варианту:

$$MЗ = 104765 + 68,7 + 497 = 105331 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						61
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$MЗ = 90012 + 29,7 + 311 = 90353 \text{ руб.}$$

Расчет численности производственных рабочих. Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих $Ч_{OP}$ определяется для каждой операции по формуле (35):

$$Ч_{op} = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_{op} \cdot K_B} \quad (35)$$

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

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

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

$$Ч_{op} = \frac{4300}{1870 \cdot 1,1} = 2,49 \text{ примем } Ч_{OP} = 3 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{op} = \frac{3190}{1870 \cdot 1,1} = 1,55 \text{ примем } Ч_{op} = 2 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работает три сварщика, по новой измененной технологии работает 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. Исходя из этого, определяем суммарное количество основных рабочих $Ч_{op}$.

Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

Расходы на оплату труда (Z_{np}) рассчитываются по формуле (36):

$$Z_{np} = ЗП_О + ЗП_Д, \quad (36)$$

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

$ЗП_Д$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих (Z_{np}) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих (Z_{np}) с отчислениями на социальное страхование определяется по формуле (37):

а) при применении сдельной оплаты труда

$$Z_{np} = P_{сд} \cdot K_{np} \cdot K_Д \cdot K_{сс} + Д_{вр}, \quad (37)$$

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

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

$Д_{вр}$ – 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 - 148 руб./час, $T_{см}$ сварщика автоматической сварки - 156 руб./час.

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Рассчитанное $T_{шт-к} = 4,3$ ч (базовый вариант);
 $T_{шт-к} = 3,19$ ч (проектируемый вариант).

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия ($P_{сд}$) определяется по формуле (38):

$$P_{сд} = \frac{T_{ст} \cdot T_{шт.-к.}}{60}, \quad (38)$$

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

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

$$P_{сд} = \frac{148 \cdot 258}{60} = 636,4 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{сд} = \frac{156 \cdot 191,4}{60} = 497,6 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Доплата за вредные условия труда рассчитываются по формуле (39):

$$D_{вр} = \frac{T_{ст} \cdot T_{вр} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (39)$$

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

$T_{ст}$ – тарифная месячная ставка, руб.

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

Коэффициент в пределах (0,10...0,31).

$$D_{вр} = \frac{148 \cdot 25,8 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,13 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$D_{ep} = \frac{156 \cdot 19,14 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,099 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Рассчитываем основную и дополнительную заработную плату производственных рабочих (Z_{np}) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле (37):

$$Z_{np} = 636,4 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,2 + 0,13 = 1489,31 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_{np} = 497,6 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,2 + 0,099 = 1164,48 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

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

$$ЗП_{\delta} = K_{\delta} \cdot ЗП_{O} \cdot K_{cc}, \quad (40)$$

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

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

K_{δ} – коэффициент дополнительной заработной платы. $K_{\delta} = 1,13$;

K_{cc} – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные взносы.

$K_{cc} = 1,3$.

Рассчитываем дополнительную заработную плату производственных рабочих с учетом отчислений по формуле (40):

$$ЗП = 1,13 \cdot 1489,31 \cdot 1,3 = 2187,8 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$ЗП = 1,13 \cdot 1164,48 \cdot 1,3 = 1710,62 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		65

Расходы на заработную плату основных рабочих при изготовления годового объема металлоконструкций рассчитываем по формуле (41):

$$ЗП_{\text{год}} = N \cdot ЗП \quad (41)$$

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

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

$$ЗП_{\text{годб}} = 1000 \cdot 2187,8 = 2187800 \text{ руб}$$

$$ЗП_{\text{годп}} = 1000 \cdot 1710,62 = 1710620 \text{ руб}$$

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
Затраты на основные материалы, $C_{o.m}$, руб.	104765000	90012000
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), $З_{эн}$, руб.	497000	311000
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $З_{пр}$, руб.	1489310	1164480
Технологическая себестоимость годового выпуска, C_T , руб.	106751310	91487480

2.2.2 Расчет полной себестоимости изделия

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

Производственная себестоимость ($C_{ПП}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет $C_{ПП}$ производят по формуле (43):

$$C_{ПП} = C_T + P_{np} + P_{хоз} \quad (43)$$

где C_T – технологическая себестоимость, руб.;

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

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

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (44):

$$P_{np} = C_A + C_p + P_{ПП}^* , \quad (44)$$

где C_A – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

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

$P_{ПП}^*$ – расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

В статью «Общепроизводственные расходы» ($P_{ПП}$, 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 (45) затраты на амортизацию при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии, приходящиеся на одно изделие:

$$C_A = \frac{K_{об} \cdot H_A \cdot n_o \cdot T_{шт-к}}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \cdot K_O \quad , \quad (45)$$

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, $K_O = 0,9$;

n_o – количество оборудования, шт.;

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

$$C_A = \frac{840000 \cdot 14,7 \cdot 3 \cdot 4,3}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 1 = 756,57 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_A = \frac{5469600 \cdot 14,7 \cdot 2 \cdot 3,19}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 1 = 2436,45 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования рассчитываем по формуле (46):

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot D}{100} \quad , \quad (46)$$

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

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		68

D принимается равным 3 %.

$$C_p = \frac{840000 \cdot 3}{100} = 25200 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_p = \frac{5469000 \cdot 3}{100} = 164070 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение) определяются формуле (47):

$$P_{\text{ПР}}^* = \frac{\%P_{\text{ПР}} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (47)$$

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

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

$$P_{\text{ПР1}}^* = \frac{1489310 \cdot 10}{100} = 148931 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{ПР2}}^* = \frac{1164480 \cdot 10}{100} = 116448 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (44):

$$P_{\text{ПР}} = 756,57 + 25200 + 148931 = 174887,57 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{ПР}} = 2436,45 + 164070 + 116448 = 282954,45 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

В статью «Общехозяйственные расходы» ($P_{\text{хоз}}$, руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировоч-

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						69
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ные; 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.

$P_{хоз}$ при изготовлении одной металлоконструкции рассчитываются по формуле (48):

$$P_{хоз} = \frac{\% P_{хоз} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (48)$$

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

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

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 1489,31}{100} = 372,32 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 1164,48}{100} = 291,12 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Производственная себестоимость ($C_{ПР}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет $C_{ПР}$ проводят по формуле (49):

$$C_{ПР} = C_T + P_{пр} + P_{хоз} \quad (49)$$

где C_T – технологическая себестоимость, руб.;

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

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

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						70
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$C_{\text{ПР}} = 106751310 + 174887,57 + 372320 = 107298518$ руб. (базовый вариант);

$C_{\text{ПР}} = 91487480 + 282954,45 + 291120 = 92061554$ руб. (проектируемый вариант).

Полная себестоимость годового объема выпуска металлоконструкций ($C_{\text{П}}$) включает затраты на производство ($C_{\text{ПР}}$) и коммерческие расходы ($P_{\text{к}}$) и рассчитывается по формуле (50):

$$P_{\text{к}} = \frac{\% P_{\text{к}} \cdot C_{\text{ПР}}}{100} \quad (50)$$

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

$$P_{\text{к}} = \frac{0,1 \cdot 107298518}{100} = 107298 \text{ руб}$$

$$P_{\text{к}} = \frac{0,1 \cdot 92061554}{100} = 92061 \text{ руб}$$

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций, $C_{\text{П}}$ производим по формуле (51):

$$C_{\text{П}} = C_{\text{ПР}} + P_{\text{к}}, \quad (51)$$

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

$C_{\text{П}} = 107298518 + 107298 = 107405816$ руб. (базовый вариант);

$C_{\text{П}} = 92061554 + 92061 = 92153615$ руб. (проектируемый вариант).

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						71
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Результаты 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:	105331000	90353000	-14978000
Зарботная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, З _{пр}	1489310	1164480	-324830
Технологическая себестоимость, С _т	106751310	91487480	-15263830
Общепроизводственные расходы, Р _{пр}	174887,57	282954,45	108066,88
Общехозяйственные расходы, Р _{хоз}	372320	291120	-81200
Производственная себестоимость, С _{пр}	107298518	92061554	-15236964
Коммерческие расходы, Р _к ,	107298	92061	-15237
Полная себестоимость, С _п	107405816	92153615	-15252201

2.9 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 (корпус насоса) составляет 1000 шт.

Годовая экономия (-) или превышение (+) по технологической себестоимости, ΔC рассчитывается по формуле (52):

$$\Delta C = (C_{т1} - C_{т2}) N, \quad (52)$$

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		72

где $C_{т1}$, $C_{т2}$ - технологическая себестоимость годового объема выпуска детали по сравниваемым вариантам (1 - базовый вариант; 2 - проектируемый вариант), руб.;

N - годовой объем выпуска металлоизделий, шт.

В данном расчете *годовая экономия по технологической себестоимости* составит в соответствии с формулой:

$$\Delta C = (106751,310 - 91487,480) \cdot 1000 = 1526383 \text{ руб.}$$

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

Сначала рассчитываем отпускную цену металлоконструкции (Π , руб.) по формуле (53) по базовому и проектируемому вариантам. Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции, K_p , определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте - 1,3; в проектируемом - 1,5.

$$\Pi = C_n \cdot K_p, \quad (53)$$

где C_n – полная себестоимость металлоизделия, руб./шт.;

K_p – среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции.

$$\Pi_1 = 107405,816 \cdot 1,3 = 139627,56 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 92153,615 \cdot 1,5 = 138230,42 \text{ руб.}$$

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		73

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий (В) по формуле по базовому и проектируемому вариантам по формуле (54):

$$B = Ц \cdot N \quad (54)$$

$$B_1 = 139627,56 \cdot 1000 = 139627560 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 138230,42 \cdot 1000 = 138230420 \text{ руб.}$$

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 (55):

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (55)$$

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

$$\Pi_1 = 139627560 - 107405816 = 32221744 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 138230420 - 92153615 = 46076805 \text{ руб.}$$

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

$$\Delta\Pi = 46076805 - 32221744 = 13855061 \text{ руб.}$$

Расчет показателя критического объема производства (определение точки безубыточности) $N_{кр}$ производим по формуле (56):

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						74
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер.}}, \quad (56)$$

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.

$$N_{кр1} = \frac{107405816 - 106751310}{139627,56 - 106751,31} = 20 \text{ шт.}$$

$$N_{кр2} = \frac{92153615 - 91487480}{138230,42 - 91487,48} = 15 \text{ шт.}$$

Расчет рентабельности продукции, $R, \%$, производим по формуле (57):

$$R = \frac{\Pi}{C_n} \cdot 100 \quad (57)$$

$$R_1 = \frac{32221744}{107405816} \cdot 100 = 30 \%$$

$$R_1 = \frac{46076805}{92153615} \cdot 100 = 50 \%$$

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		75

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.), $\Pi_{тр}$ производим по формуле (58) соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

$$\Pi_{тр} = \frac{B}{Ч_{ор}} \quad (58)$$

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

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

$$\Pi_{тр1} = \frac{139627560}{3} = 46542520 \text{ руб./чел.}$$

$$\Pi_{тр2} = \frac{138230420}{2} = 69115210 \text{ руб./чел.}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений, $T_{ок}$ производим по формуле (59):

$$T_{о} = \frac{\Delta K_{д}}{\Delta \Pi} \quad (59)$$

где $\Delta K_{д}$ – дополнительные капитальные вложения, руб.;

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

$$T_{о} = \frac{5469600}{13855061} = 0,4 \text{ года}$$

Результаты расчетов показателей экономической эффективности оформляются в таблицу 2.6.

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						76
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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, К	руб.	840000	5469600	4629600
3	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	руб.	32221744	46076805	13855061
4	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	3	2	-1
5	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего, в базовых ценах), П _{тр}	руб./чел.	46542520	69115210	22572690
6	Рентабельность продукции, R	%	30	50	20
7	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (Т _{ок})	год	0,4		
8	Точка безубыточности (критический объем выпуска металлоизделий)	шт.	20	15	-5

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, прежде всего, в сфере эксплуатации за счет повышения долговечности сварных соединений конструкции металлоизделия.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена лишь за счет сокращения доли общепроизводственных и общехозяйственных расходов в удельной себестоимости металлоизделия, поскольку эти затраты, оставаясь неизменными в целом по предприятию, списываются на себестоимость изделий пропорционально заработной плате производственных рабочих, численность которых в проектируемом варианте сократилась на 1 человека.

3 Методический раздел

В технологической части дипломного проекта разработана технология сборки и сварки корпуса насоса. В процессе разработки предложена замена полуавтоматической сварки корпуса насоса на автоматическую 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, осуществляющих эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт данного оборудования.

К эксплуатации установки для автоматической сварки по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» с уровнем квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» 4 разряда. На основании этого целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации.

Для разработки программы переподготовки необходимо проанализировать и изучить нормативные документы:

- Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, регистрационный номер 14, Приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014 г., рег. № 31301);
- Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, регистрационный номер 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426);

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

3.1 Анализ Профессиональных стандартов

Рассмотрим и сравним характеристики трудовых функций Профессиональных стандартов. В таблице 3.1 представлены выписки из Профессиональных стандартов: 40.002 «Сварщик частично механизированной сварки плавлением», код С/04.4 уровня квалификации 4 и 40.109 «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки», код А/01.3 уровня квалификации 3. [27,28]

Таблица 3.1 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» уровня квалификации 4 и «Оператор автоматической сварки плавлением» уровня квалификации 3

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
1	2	3
Трудовые действия	<ul style="list-style-type: none"> • Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей); • Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций (возможностей) сварочного оборудования; • Контроль с применением измерительного инструмента сваренных частично механизированной сваркой (наплавкой) сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и 	<ul style="list-style-type: none"> • Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации; • Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты; • Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке; • Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования; • 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

	производственно-технологической документации по сварке	из сборочных приспособлений и технологической оснастки;
--	--	---

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> • Исправление дефектов частично механизированной сваркой (наплавкой); • Выполнение уникальных работ и участие в исследовательских работах; Выполнение уникальных работ и участие в исследовательских работах; 	<ul style="list-style-type: none"> • Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации; • Исправление дефектов сварных соединений, обнаруженных в результате контроля; Контроль исправления дефектов сварных соединений;

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

ДП 44.03.04. 148 ПЗ

Лист

80

<p>Необходимые знания</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением; • Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением; • Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых частично механизированной сварки (наплавки) плавлением; • Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций; • Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва; • Методы контроля и испытаний ответственных сварных конструкций; • Порядок исправления дефектов сварных швов; 	<ul style="list-style-type: none"> • 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;
---------------------------	---	--

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> • Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) любой сложности; • Конструкторская, производственно-технологическая и нормативная документация для выполнения данной трудовой функции; 	<ul style="list-style-type: none"> • Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ; • Правила эксплуатации газовых баллонов; • Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте;3

<p>Необходимые умения</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей); • Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением во всех пространственных положениях сварного шва сложных и ответственных конструкций; • Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции; • Исправлять дефекты частично механизированной сваркой (наплавкой); • Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением конструкций любой сложности; • Участвовать (на основе знаний и практического опыта) в выполнении уникальных и в исследовательских работах по частично механизированной сварке (наплавки) плавлением; 	<ul style="list-style-type: none"> • 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;
---------------------------	---	---

Окончание таблицы 3.1

1	2	3
<p>Другие характеристики</p>	<p>Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную и с механизированной подачей проволоки: сварка дуговая порошковой самозащитной проволокой; сварка дуговая под флюсом сплошной проволокой;</p>	<p>Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварка дуговая под флюсом сплошной проволокой; сварка дуговая под флюсом с добавлением металлического порошка; сварка дуговая под флюсом порошковой проволокой; сварка дуговая под флюсом ленточным электродом; сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе (MIG); сварка дуговая сплош-</p>

	<p>сварка дуговая под флюсом ленточным электродом; сварка дуговая под флюсом с добавлением металлического порошка; сварка дуговая под флюсом порошковой проволокой; сварка дуговая под флюсом порошковым ленточным электродом; сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в инертном газе; сварка дуговая сплошной проволокой в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в активном газе; сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе.</p>	<p>ной проволокой в активном газе (MAG); сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе с присадочным сплошным материалом (проволокой или стержнем) (TIG-сварка); сварка дуговая вольфрамовым электродом инертном газе без присадочного материала (TIG-сварка); сварка дуговая неплавящимся электродом в активном газе (TAG-сварка), сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе (PlasmaMIG-сварка); сварка дуговая плазменная с присадочным порошковым материалом; сварка дуговая плазменная с присадочным порошковым материалом; сварка плазменная дугой прямого действия; сварка плазменная косвенного действия; сварка плазменная с переключаемой дугой.</p>
--	---	--

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (уровня квалификации 4) и «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

Необходимые знания:

- Основные конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых механизированной и автоматической сваркой плавления, обозначение их на чертеже;
- Устройство оборудования для сварки и сборки для механизированной и автоматической сварки плавлением, условия работы контрольно-измерительных приборов и их назначение;
- Виды и назначение сборочных приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под механизированную и автоматическую сварку плавлением;

- Основные группы и марки материалов, свариваемых механизированной и автоматической сваркой плавлением;
- Сварочные материалы, а так же требования к сборке и сварке конструкции под сварку, технология и контроль качества сварного соединений;
- Виды дефектов, причины их образования, методы предупреждения и устранения их;
- Правила по охране труда, а так же нормы и правила пожарной эксплуатации при проведении сварочных работ; [27,28]

Необходимые умения:

- Определять работоспособность и исправность сварочного оборудования
- Контролировать процесс сварки и работы сварочного оборудования;
- Уметь пользоваться измерительным инструментом для контроля собранных и сваренных конструкций;
- Исправлять при необходимости выявленные дефекты сварных соединений;

На основании выявленного сравнения, можно 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 экономи-

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						84
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ческий, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа профессиональных стандартов и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», который представлен в Таблице 3.2. Продолжительность обучения 1 месяц.[26]

Таблица 3.2 – Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	2	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ		
1.1	Экономика отрасли и предприятия	4
1.2	Электротехника	4
1.3	Черчение	4
1.4	Материаловедение	4
1.5	Спецтехнология	32

Окончание таблицы 3.2

1	2	3
1. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ		
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	34
2.2	Работа на предприятии	58
	Консультации	4
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	152

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. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного план переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 3.3 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания для автоматической сварки плавлением	2
2	Стандартное механическое оборудование	2
3	Оборудование для автоматической сварки плавлением	6
3.1	Устройство и основные узлы роботизированного сварочного автомата	3
3.2	Типовые конструкции сварочной головки	3
4	Технология автоматической сварки	16
4.1	Сварочные материалы, используемые при автоматической сварке	5
4.2	Особенности работы автоматической сварки	4
4.3	Режимы автоматической сварки	4
4.4	Оборудование, используемое для автоматической сварки	5
5	Контроль качества сварных швов	3
6	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	3
	Итого:	32

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов и марок.[26]

3.4 Разработка плана-конспекта урока

Тема занятия: «Устройство и основные функции сварочного аппарата PHOENIX 551»

									Лист
									86
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

ДП 44.03.04. 148 ПЗ

Цели урока:

Обучающая: Формирование знаний об устройстве сварочного аппарата РНОENIX 551, его назначение и принцип работы

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

Воспитательная: Воспитывать дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию.

Тип урока: Урок новых знаний

Методы обучения: Словесный, наглядный, объяснительно-иллюстративный метод.

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакат «Сварочный аппарат РНОENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW»;

– учебный материал: EWM group. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Аппараты для сварки MIG/MAG. – Режим доступа: <http://ewm-welding.ru/migmag/4173/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 10.06.2018)

Таблица 3.4 – План-конспект урока на тему: «Устройство и основные функции сварочного аппарата РНОENIX 551»

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 3 минуты	Здравствуйте, давайте поздороваемся, попрошу всех встать. Попрошу вас садиться, отметим присутствующих. Приготовьте пожалуйста все тетради и ручки.	Приветствие, провожу явку присутствующих и проверяю готовность к занятию.
Подготовка	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование,	Сообщаю тему раздела

обучающих-ся к изучению нового материала 5 минут	используемое для автоматической сварки» Тема занятия: «Устройство и основные функции сварочного аппарата РНОENIX 551». Цель нашего занятия: -Формирование знаний об устройстве сварочного аппарата РНОENIX 551, его назначение и принцип работы;	и занятия, объясняю значимость изучения темы. Озвучиваю цель урока.
Мотивация 5 минут	Слушайте внимательно, фиксируйте все в тетради, в процессе изучения данной темы, я буду задавать вопросы.	Мотивирую на продуктивность работы на занятии.
Актуализация опорных знаний 10 минут	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам: 1. Какими основными характеристиками характеризуется понятие «режим сварки»? 2. Чем отличается механизированная сварка от автоматической сварки? 3. Что вы знаете про инверторные сварочные аппараты?	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, буду спрашивать по списку.
Изложение нового материала 30 минут	Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по данной теме. По ходу изложения материала прошу записывать основные моменты, на которые я буду обращать внимание. На смену старым и тяжелым сварочным трансформаторам пришли современные аппараты, имеющие небольшие габариты, плавную регулировку параметров. Инверторные сварочные аппараты стали прорывом в электросварке, значительно облегчая работу. Многих интересует, что такое инверторный сварочный аппарат (ИСА), каковы его преимущества, как он работает.	Рассказываю подробнее об инверторном сварочном аппарате.

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
	<p>Сварочный аппарат — это источник энергии для электродуговой сварки. При этом для возникновения электрической дуги применяется низкое напряжение с высокой силой переменного или постоянного тока. Электродуговая сварка с постоянным током позволяет получать намного более качественные швы, при этом сам процесс сварки легко управляется.</p> <p>Разберем с Вами одну из разновидностей сварочного</p>	<p>Прошу учащихся послушать, а так же записать определение, что такое сварочный аппарат.</p> <p>Записываем основные моменты.</p>

аппарата.

Сварочный аппарат PHOENIX 551 PULS MM DVX FDW принадлежит к моделям инновационных сварочных аппаратов нового поколения, разработанного на основе надёжной и испытанной инверторной технологии EWM. Это инверторный аппарат для импульсной сварки MIG/MAG с водяным охлаждением и отдельным механизмом подачи проволоки. Область применения аппарата охватывает весь спектр производственных задач, обеспечивая высокое качество сварки многих материалов и сплавов.



Плакат - Сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW

Рассмотрим характерные особенности данного сварочного аппарата.

Характерные особенности:

- Импульсная MIG/MAG сварка различными типами проволок;
- Высокая продолжительность включения и максимальная мощность источника EWM;

Рассказываю про устройство сварочный аппарат PHOENIX 551 PULS MM DVX FDW при этом использую плакат.

Обращаю внимание обучаемых на плакат. Обучаемые внимательно рассматривают сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW.

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none">• Синергетическое управление параметрами;• Идеальные характеристики зажигания и процесса сварки благодаря инверторному источнику EWM;• Максимальная экономичность. Максимальная производительность;• Мультипроцесс: сварка MIG/MAG, сварка TIG с контактным зажиганием, сварка штучными стержневыми электродами;• Экономия электроэнергии благодаря функции энергосбережения;• Индикация значения мощности в киловаттах для	<p>По ходу объяснения прошу записать в тетради особенности данного сварочного аппарата.</p> <p>Диктую характерные</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 148 ПЗ

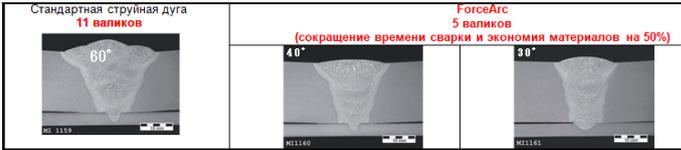
Лист

89

	<p>расчета погонной энергии;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Оптимально запрограммированные и удобные сварочные задания (JOBS); • Эргономичность, прочное и компактное исполнение; • Наглядное размещением органов управления, интуитивно понятное управление, доступное каждому; • Мощная и эффективная система охлаждения; • На 100 % проверено и протестировано. <p>Преимуществом выбора сварочного аппарата фирмы EWM среди отечественных производителей является то, что, сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW имеет возможность осуществлять сварочный процесс по новейшей технологии EWM forceArc/forceArc puls, которая качественно образом преобразует MIG/MAG сварку за счёт использования ресурса источника питания EWM и максимального использования энергии дуги.</p> <p>Современное производство требует решения все новых и новых задач, которые раньше считались нерешаемыми. Со временем повышаются требования к качеству и производительности сварочных процессов. Особенно остро эта проблема стоит при сварке массивных толстостенных конструкций (балок, резервуаров, трубопроводов и многие другие). Ведь именно в этих процессах сварка занимает наибольшее количество времени. Процесс сварки растягивается на долгие часы, дни, недели. Для ускорения процесса (естественно, без потери качества) и была создана технология forceArc.</p> <p>Запишите пожалуйста в тетради.</p>	<p>особенности аппарата. Повторяю дважды.</p>
--	--	---

Окончание таблицы 3.4

1	2	3
	<p>Запишите пожалуйста в тетради.</p> <p>EWM технология forceArc/ forceArc puls позволяет увеличить производительность и сократить производственные расходы до 50%.</p> <p>Преимущества системы EWM – forceArc:</p> <ul style="list-style-type: none"> - увеличение средней скорости сварки ориентировочно на 50%; - минимизация затрат при подготовке разделки кромок; - минимизация слоев и меньше расход присадочного материала; - уменьшение внутренних напряжений в металле; 	<p>Рассказываю, прошу послушать и записать ключевые моменты.</p> <p>Прошу записать в тетради. Диктую информацию, при этом повторяю дважды для наилучшего</p>

	<p>- меньший расход защитного газа и меньшее время сварки.</p>  <p>Плакат 1– Сравнение методов ForceArc и стандартной сварки струйной дугой</p>	<p>усвоения материала. При объяснении показываю Плакат 1.</p>
<p>Первичное закрепление материала 10 минут</p>	<p>Теперь я прошу вас ответить на мои вопросы, для того что бы выяснить на сколько вы усвоили новый материал.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Для какой сварки целесообразнее использовать инверторный сварочный аппарат PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW? 2. Перечислите основные характерные особенности сварочного аппарата? 3. Какими преимуществами обладает сварка при использовании новой технологии forceArc? <p>Домашнее задание: работа с конспектом, разберите и запомните все основные особенности и преимущества сварочного аппарата PHOENIX 551 Expert 2.0 PULS MM DVX FDW; Изучите подробнее технологию forceArc.</p>	<p>Провожу фронтальный опрос обучающихся. Активизирую деятельность обучающихся, задавая вопросы по новому материалу.</p> <p>Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.</p>

Методическая часть дипломного проекта является самостоятельной творческой деятельностью.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали профессиональный стандарт по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровня квалификации 3;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология», на тему: «Устройство и основные функции сварочного аппарата PHOENIX 551»;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

					ДП 44.03.04. 148 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		91

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

Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта были рассмотрены вопросы о свариваемости низколегированной стали. Был выбран способ сборки и автоматической аргонодуговой сварки, которые в совокупности способны обеспечить получение качественных сварных соединений с необходимыми нам свойствами.

Для разработки процесса автоматической сварки выполнены следующие этапы:

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92

- разработан технологический процесс согласно расчетам и операциям в соответствии требованиям ЕСТД;

- скомпонован комплекс типового оборудования, который повысило производительность процесса сварки;

- оптимизированы режимы сварки для реализации усовершенствованного технологического процесса.

Применение предложенного комплекса оборудования для механизированной сборки и автоматической сварки способно обеспечить значительный экономический эффект, который достигается за счет уменьшения времени на выполнение сварки.

С целью подготовки рабочих кадров для выполнения работ по новому технологическому процессу в представленной работе разработана программа переподготовки рабочих. Разработан план-конспект урока по предмету «Спецтехнология».

Цели и задачи выполнения выпускной квалификационной работы достигнуты.

Список используемых источников

1. Зубченко А.С, Марочник сталей и сплавов / А.С.Зубченко - М.: Машиностроение, 2001. – 375 с.

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

3. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Технологические основы сварки плавлением и давлением» / сост. Л.Т. Плаксина, Д.Х.

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

Билалов. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.пед. университет», 2012. - 38 с.

4. 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.

5. Джевага, И.И. Механизированная электродуговая сварка под флюсом / И.И. Джевага. - М.: Машиностроение, 1968. - 360с.

6. Технология, процессы и виды сварки. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Оценка свариваемости сталей. – Режим доступа: <http://taina-svarki.ru/svarivaemost/otsenka-svarivaemosti-staley-formula-uglerodnogo-ekvivalenta.php>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 16.04.2018)

7. Сварочные работы. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Технология сварки в защитных газах. – Режим доступа: <https://hobby.wikireading.ru/1391>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 20.04.2018)

8. Автоматическая аргонодуговая сварка. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Автоматическая аргонодуговая сварка. – Режим доступа: <http://svarkaipayka.ru/tehnologia/termicheskaya/argonodugovaya-svarka-neplavyashhimsya-elektrodom.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 23.04.2018)

9. Режимы импульсной сварки. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Импульсная сварка. – Режим доступа: <http://www.samsvar.ru/stati/rezhimy-impulsnoj-poluavtomaticheskoy-svarki.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 27.04.2018)

10. Сварочные газовые смеси. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Смеси газов для сварки. – Режим доступа: <http://www.samsvar.ru/stati/svarochnye-gazovye-smesi.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 02.05.2018)

										Лист
										94
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

ДП 44.03.04. 148 ПЗ

11. Полуавтоматическая импульсная сварка MIG/MAG с плавной регулировкой. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Сварочный инверторный аппарат PHOENIX 551 PULS. – Режим доступа: <http://www.rk-s.ru/phoenix-551-puls>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 18.05.2018)

12. Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы. / М.А Федулова, Д.Х. Билалов. - Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2016. – 49 с.

13. EWM group. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Аппараты для сварки MIG/MAG. – Режим доступа: <http://ewm-welding.ru/migmag/4173/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 10.06.2018)

14. DeltaSvar. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Универсальные вращатели серии РТ. – Режим доступа: <http://www.deltasvar.ru/katalog/proarc>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 29.05.2018)

15. DeltaSvar. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Оснащение сварочного производства. – Режим доступа: <http://www.deltasvar.ru/о-компании/vypolnennye-proekty/svarochnoe-proizvodstvo/343-osnashhenie-svarochnogo-proizvodstva-poluavtomatami-aurus-551-synergic-smm-v-komplekte-s-bochkami-sm-70-ball-pack>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 29.05.2018)

16. Марочник стали и сплавов. Характеристика материала св-08Г2С [Электронный ресурс]. Режим доступа http://www.splavkharkov.com/mat_start.php?name_id=3143/ (Дата обращения 20.05.2018).

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

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	Лист
						95
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

18. «Сварочное оборудование»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.esab.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 11.06.2017).

19. Сварка бб– сварочное оборудование, электроды, проволока. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. –АУТ 501/501 D сварочная горелка, Abicor Binzel (Германия) – Режим доступа: <http://svarka66.ru/catalog/aut-24-kd-svarochnaya-gorelka-abicor-binzel-germaniya.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 18.05.2018)

20. Степанов, В.В. Справочник сварщика / В.В. Степанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 559 с.

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

22. ГОСТ 6713 - 91. Прокат низколегированный конструкционный для мостостроения. . - Введ. 1992- 07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 8 с.

23. Грибов, В.Д. Экономика предприятия: учебник. Практикум / В.Д. Грибов, В.П. Грузинов. 5-е изд., перераб. и доп. -М.: КУРС; ИНФРА-М, 2013. - 448 с.

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

25. Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие / Н.П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006. – 368 с.

26. Рекомендации к разработке учебных планов и программ для краткосрочной подготовки граждан по рабочим профессиям (основные Изм. Лист № докум. Подпись Дата Лист 116 ДП.44.03.04.555 ПЗ требования) [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – АО «Кодекс», 2018. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420273739>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 11.05.2018)

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		96

27. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301) [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – ООО «НПП «Гарант-Сервис», 2018. - Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/70525014/paragraph/1:0>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 05.05.2018)

28. 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) [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – ООО «НПП «Гарант-Сервис», 2018. - Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/71298726:0>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 05.05.2018)

29. ГОСТ 14771 - 76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - Введ. 1977- 07-01. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 39 с.

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

					<i>ДП 44.03.04. 148 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		97