

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(кафедра)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

профиль «Оборудование и технология сварочного производства

(наименование профиля, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему **Технология и оборудование для изготовления стыкового
соединения фланца с трубой**

Студент(ка)

С.В. Чусовитин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.И. Смирнова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Резникова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой СОМДиРП,
д.т.н, профессор

(личная подпись)

В.В. Ельцов

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой _____

«СОМДиРП» _____

_____ В.В. Ельцов _____

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Чусовитин Сергей Витальевич

1. Тема Технология и оборудование для изготовления стыкового соединения фланца с трубой
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «_23» _06 2016г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе научные статьи, патенты, материалы дипломов, ранее выполненных по схожей тематике на кафедре «СОМДиРП» ТГУ
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)
 1. Введение (обоснование актуальности и своевременности). Формулировка цели .
 2. Состояние вопроса.
 - 2.1. Описание изделия и условия его эксплуатации.
 - 2.2. Анализ свойств материала конструкции (хим. состав, мех. свойства, возможные сложности при сварке).
 - 2.3. Описание базового технологического процесса сборки и сварки стыкового соединения фланца с трубой.
 - 2.4. Критический анализ базового варианта.
 - 2.5. Формулировка задач .
 3. Анализ и выбор способов сварки.
 4. Разработка технологического процесса сборки и сварки стыкового соединения фланца с трубой (проектный вариант).
 5. Безопасность и экологичность проекта.
 6. Экономическая часть.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1. Общий чертеж изделия – 1 лист.

2. Технологический процесс сборки-сварки стыкового соединения фланца с трубой – 1-2 листа.

3. Анализ способов сварки – 1 лист.

4. Оборудование для сварки фланца с трубой – 1 лист.

5. Экономический лист – 1 лист.

6. Консультанты по разделам

Безопасность и экологичность проекта Резникова И.В.

Экономическая часть Краснопевцева И.В.

Нормоконтроль Виткалов В.Г.

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

Руководитель бакалаврской работы

(подпись) А.И. Смирнова
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись) С.В. Чусовитин
(И.О. Фамилия)

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« _____ » _____ 20__ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Чусовитина Сергея Витальевича
по теме Технология и оборудование для изготовления стыкового соединения фланца с трубой

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Введение	01.03.16- 04.03.16			
2. Состояние вопроса 2.1. Описание изделия и условия его эксплуатации 2.2. Анализ свойств материала конструкции	01.03.16- 13.03.16			
3. Описание базового технологического процесса сборки и сварки (базовый вариант)	01.03.16- 13.03.16			
4. Критический анализ базового варианта	01.03.16- 13.03.16			
5. Формулировка задач проекта	01.03.16- 13.03.16			
6. Анализ и выбор способов сварки	30.05.16- 12.06.16			
7. Описание	30.05.16-			

базового технологического процесса сборки и сварки (проектный вариант)	12.06.16			
8. Безопасность и экологичность проекта	30.05.16- 12.06.16			
9. Экономическая расчеты	30.05.16- 12.06.16			

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

А.И. Смирнова

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.В. Чусовитин

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Объём бакалаврской работы 80 страниц, на которых размещены 16 рисунков и 25 таблиц. При подготовке работы использовалось 20 источников информации.

Ключевые слова: трубопровод, фланец, сварка, технология, автоматическая сварка, ручная дуговая сварка, эффективность, оборудование, производительность.

Целью работы - является повышение производительности труда за счет уменьшения доли ручного труда.

Задачи :

1. Провести анализ способов сварки для сварки стыкового соединения фланца с трубой.
2. Выбрать оборудования для сборки и сварки.
3. Усовершенствовать базовую технологию за счет технологических и конструкторских решений, позволяющих снизить трудоемкость и повысить производительность технологического процесса изготовления фланца с трубой.

В данной бакалаврской работе рассматривается строительство фланца с трубой Ду1000/1020мм. Предлагается заменить ручную дуговую сварку на автоматическую сварку в среде CO₂.

Расчет экономической эффективности от внедрения усовершенствованной технологии сварки показал снижение себестоимости на 50%, годовой экономический эффект от внедрения технологического процесса 17747126 руб., снижение трудоемкости сварки стыка трубы на 70,14%, повышение производительности труда на 236,9% , вложения окупаются в течении года.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	9
1.1 Описание изделия и условия его эксплуатации	9
1.2 Анализ свойств материала конструкции	11
1.3 Базовый технологический процесс сборки и сварки	13
1.4 Критический анализ базового варианта	17
1.5 Формулировка задач проекта	17
2. Анализ и выбор способов сварки	18
2.1 Выбор оборудования для сварки	30
3. Разработка технологического процесса (проектный вариант)	32
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	45
5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ПРОЕКТУ	78
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	79

Введение

Фланцы – наиболее распространённый вид разъёмного соединения трубопроводов. Тип фланцев и конструкции уплотнительных поверхностей принимают в зависимости от рабочих параметров и физико-химических свойств транспортируемого продукта. По конструкции фланцы могут быть плоские приварные, приварные встык или воротниковые и свободные, выполняемые на приварном кольце или на отбортованной трубе .

Фланцы применяются для соединения арматуры с трубопроводами, соединения отдельных участков трубопроводов между собой и для присоединения трубопроводов к различному оборудованию. Фланцевые соединения обеспечивают герметичность и прочность конструкций, а также простоту изготовления, разборки и сборки.

Фланец в виде отдельных деталей чаще всего приваривают или привинчивают к концам соединяемых деталей. Они могут быть элементами трубы, фитинга, вала, корпусной детали и т.д.

Соединения труб бывают неразъемные (сварные и раструбные) и разъемные (фланцевые и муфтовые). Сварные соединения дают высокопрочные, плотные и жесткие стыки. Сваркой соединяют стальные, стеклянные и пластмассовые трубы. На фланцах (надвижных или приварных) болтами соединяют различные трубы. Между фланцами устанавливают прокладки из листовых материалов — резины, паронита и др. Сварное соединение мы рассмотрим более подробно.

Общий недостаток раструбных, фланцевых и муфтовых соединений — их относительно высокая трудоемкость.

Целью бакалаврской работы является повышение производительности труда за счет уменьшения доли ручного труда.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

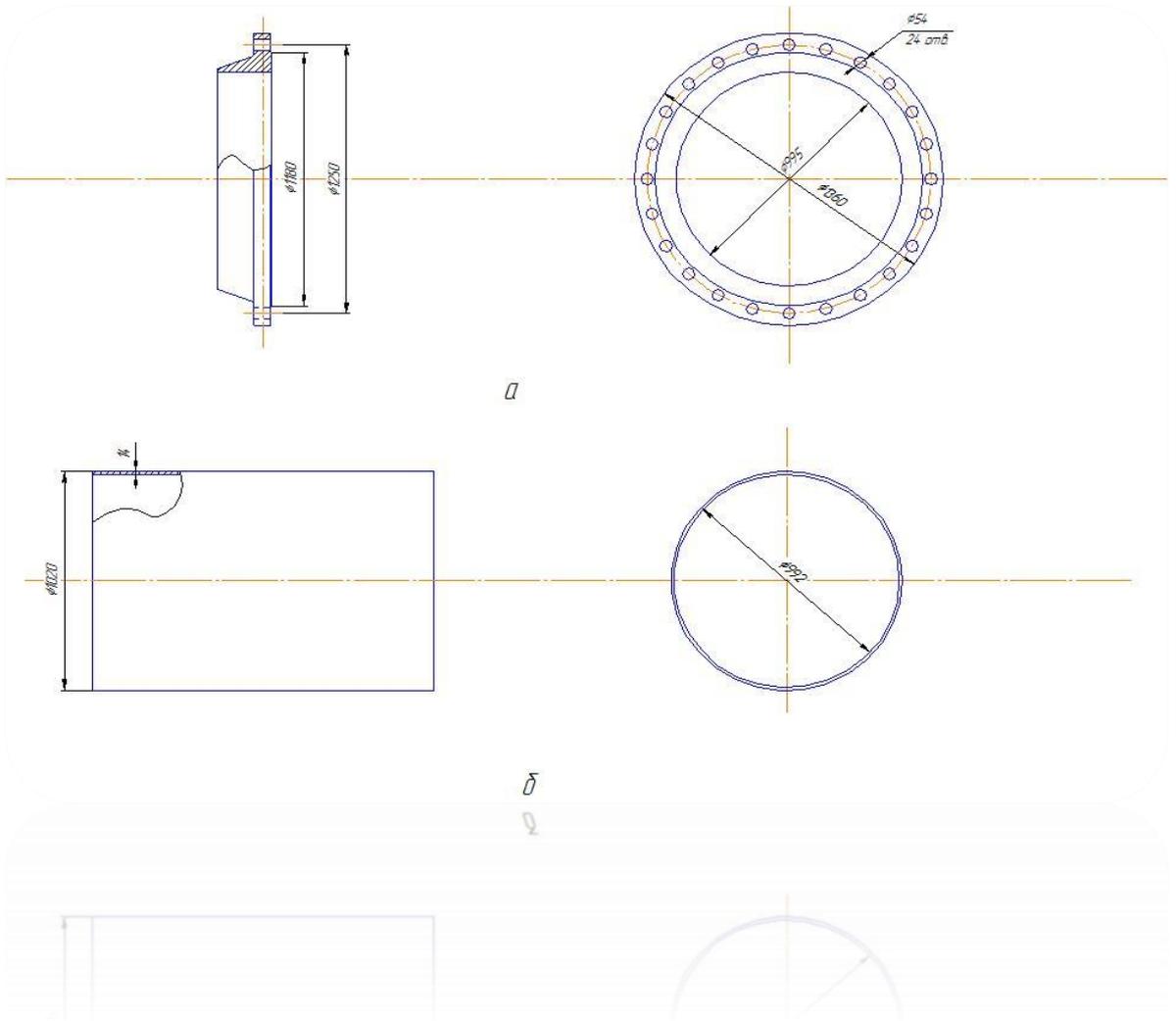
Фланец стальной приварной встык: фланец 2-1000-40 09Г2С ГОСТ 12821-80;

Труба стальная электросварная прямошовная 1020×14×2000 ГОСТ 10706-76,

Условный проход фланца $D_u = 1000$ мм., материал – конструкционная сталь 09Г2С, рабочее давление 4,0 МПа, температура t °С от -70 до +425 °С, масса фланца 540.75 кг, масса трубы 695 кг.

Фланец с трубой, рассматриваемый в данной бакалаврской работе, является составной частью трубопровода и предназначен для работы при любых условиях внешней среды.

Описание: Детали предназначаются для соединения труб из углеродистой и низколегированной стали при строительстве технологических трубопроводов, в том числе трубопроводов, на которые распространяются правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды на предприятиях химической и нефтехимической промышленности.



а) фланец; б) труба

Рисунок 1.1- Детали фланцевого соединения

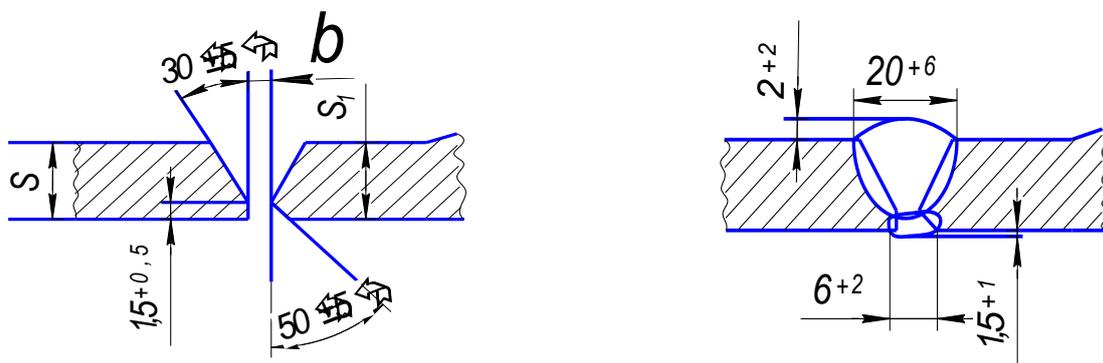


Рисунок 1.2- Конструктивные элементы и размеры

1.2 Анализ свойств материала конструкции

В качестве материала для производства фланцев используют углеродистую, легированную и нержавеющую сталь. Для изготовления фланца выбрали углеродистую сталь - 09Г2С.

Сталь 09Г2С - относится к низколегированным сталям, общее количество легирующих добавок в которых не превышает 2,5%

Основное предназначение этой стали – использование ее для сварных конструкций. Сварка возможна как при подогреве до 100-120 °С, с последующей термической обработкой, так и без подогрева и обработки. Хорошая свариваемость стали обеспечивается благодаря низкому (меньше 0,25%) содержанию углерода. Если углерода больше, то в сварном шве могут образовываться микропоры при выгорании углерода и возникать закалочные структуры, что ухудшает качество шва. Еще одно достоинство этой марки состоит в том, что сталь 09Г2с не склонна к отпускной хрупкости, то есть ее вязкость не снижается после процедуры отпуска. Она также устойчива к перегреву и образованию трещин.

Таблица.1.1 – Химический состав стали 09Г2С

Химический состав в %									
C	N	Si	P	S	Cr	Mn	Ni	Cu	As
0.12	0.008	0.5-0.8	0.035	0.04	0.3	1.3-1.7	0.3	0.3	0.008

Таблица 1.2 – Технологические свойства стали 09Г2С

Технологические свойства	
Температура ковки	Начала 1250, конца 850.
Свариваемость	сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС.
Обрабатываемость резанием	В нормализованном, отпущенном состоянии при $\sigma_B=520$ МПа K_v тв.спл.=1.6 K_v б.ст.=1.0
Склонность к отпускной хрупкости	не склонна
Флокеночувствительность	не чувствительна

Таблица 1.3 - Ударная вязкость, КСУ, Дж/см²

Состояние поставки, термообработка	+20	-40	-70
Сортовой и фасонный прокат сечением 10-20 мм.	59	34	29

Таблица 1.4 – Предел текучести

Предел текучести						
Температура испытания, °С/ $\sigma_{0,2}$						
200	250	300	320	350	400	450
	225	195		175	155	

Обозначения:

Механические свойства:

σ_b - Предел кратковременной прочности, [МПа]

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

KCU - Ударная вязкость, [кДж / м²]

1.3 Технологический процесс сборки и сварки стыкового соединения фланца с трубой

Для изготовления изделия применяем: Фланец 2-1000-40 09Г2С ГОСТ 12821-80; труба стальная электросварная прямошовная 1020 × 14 × 2000 ГОСТ 1076-76.

Подготовка кромок металла под сварку делается с целью обеспечения полного провара металла по всей его толщине и получения доброкачественного сварного соединения. Для обработок кромок использует кислородную резку оборудованием Труборез «Спутник-3». После резки кромки зачищаются до металлического блеска абразивным инструментом.

Сборка производится в вращателе сварочном двухстоечном М31050А. Прихватку стыков выполняют с полным проваром корня шва теми же сварочными материалами, что и при сварке стыка. К качеству прихваток и основного сварного шва предъявляются одинаковые требования. Прихватки необходимо зачистить от шлака и брызг металла до металлического блеска. При обнаружении в прихватке пор и трещин она должна быть полностью удалена механическим способом.

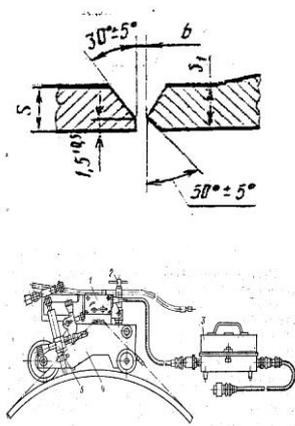
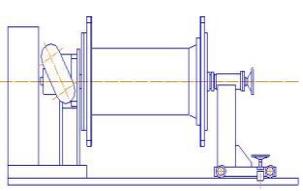
Сварка осуществляется ручной дуговой сваркой, с использованием источника питания ВДУ-1202 УЗ, реостата балластного РБ-302 УЗ, сварочными электродами УОНИ-13/55.

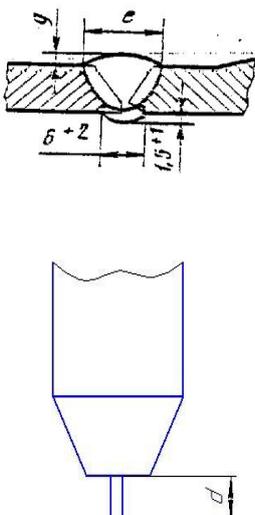
Контроль. В процессе сварки осуществляют предварительный контроль, пооперационный контроль и контроль качества готовых сварных

соединений. После сварки производится Радиографический контроль и Визуальный измерительный контроль.

Описание базового технологического варианта приведено в таблице 1.5

Таблица 1.5 – Описание базового технологического процесса

№ п/п	Операция	Эскиз операции	Оборудование, приспособления, измерительный инструмент	Режимы обработки	Технологические требования
1.	Подготовка кромок		Труборез «Спутник-3»	<p>Частота вращения круга, мин^{-1} - 3050;</p> <p>Рабочая скорость круга, м/с – 80;</p> <p>Нижний скос кромки производится рабочим в ручную при помощи шлифмашины.</p>	Угол скоса кромок $\alpha = 30 \pm 5^\circ$. Угол скоса нижней кромки $\beta = 50 \pm 5^\circ$
2.	Сборка (прихватка)		Вращатель сварочный двухстоечный М31050А, источник питания - ВДУ-306, реостат балластный РБ-302 УЗ,	<p>$I_{св} = 90-110 \text{ А}$,</p> <p>$U_{д} = 23 \text{ В}$,</p> <p>$d_{эл} = 3 \text{ мм}$</p>	<p>Длина прихватки 40...60мм, через каждые 300-400мм,</p> <p>$U_{д} = 2\text{В}$</p>

3.	Сварка		<p>Источник питания ВДУ-306, реостат баластный РБ-302 УЗ, сварочные электроды УОНИ - 13/55</p>	<p>Корневой слой: $I_{св} = 90-110$ А, $U_{д}=23$ В, $d_{эл}=3$ мм2. Подварочный шов (см. первый слой)3. Заполняющие слои: $I_{св} = 160-200$ А, $U_{д}=23$ В, $d_{эл}=4$ мм</p>	<p>Размер шва должен соответствовать требованиям ГОСТ 16037-80 С56 $I_{св} 2В$</p>
4.	Контроль качества	<p>Визуальный измерительный контроль</p>	<p>Лупы, Ушс-3, линейки измерительные металлические</p>	<p>не менее 5 мм - для стыковых соединений, выполненных дуговой и электронно-лучевой сваркой, электроконтактной сваркой оплавлением, сваркой встык нагретым элементом при номинальной толщине сваренных деталей до 5 мм включительно; не менее номинальной толщины стенки детали - для стыковых соединений, выполненных дуговой и электронно-лучевой сваркой, электроконтактной сваркой оплавлением, сваркой встык нагретым элементом при номинальной толщине сваренных деталей свыше 5 до 20 мм.</p>	<p>Внешнему осмотру и измерению подлежат все сварные соединения по методике РД 03-606-03 для выявления наружных дефектов: поры, трещины и тд.</p>

Продолжение таблицы 1.5

		Радиографический контроль	Арина-9, пленка Kodak.	Трещины, прожоги, поры и непровары	Выполняется по ГОСТ 7512-82* 81. Предназначен для выявления в сварном шве и околошовно й зоне трещин, непроваров, пор, металлических и не металлических (шлаков) включений.
--	--	---------------------------	------------------------	------------------------------------	---

1.4 Критический анализ базового варианта

Таблица 1.6 - Критический анализ базового варианта технологического процесса

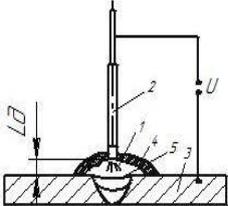
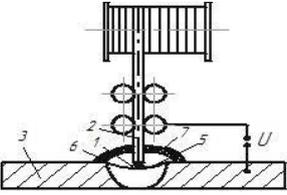
Технологическая операция	Недостатки	Меры по устранению недостатков
Сварка	Для сварки фланца с трубой используют РДС.	Заменить ручную дуговую сварку на автоматическую в среде CO ₂ .
	Сварка фланца с трубой производится без использования специализированного оборудования.	Внедрить специализированное оборудование для сборки и сварки.

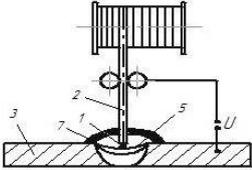
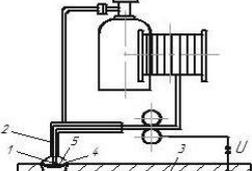
1.5 Формулировка задач проекта

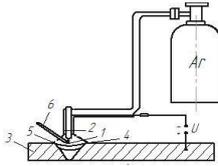
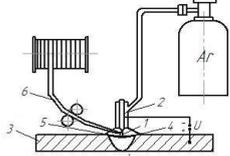
1. Провести анализ способов сварки для сварки стыкового соединения фланца с трубой.
2. Выбрать оборудования для сборки и сварки.
3. Усовершенствовать базовую технологию за счет технологических и конструкторских решений, позволяющих снизить трудоемкость и повысить производительность технологического процесса изготовления фланца с трубой.

2. АНАЛИЗ И ВЫБОР СПОСОБА СВАРКИ

Таблица 2.1 - Анализ способов сварки

№	Наименование способа сварки	Эскиз	Преимущества	Недостатки
1.	Ручная покрытым электродом	 <p>1 – электрическая дуга; 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 – газшлаковая защита.</p>	<p>Сварка во всех пространственных положениях сталей всех структурных классов. Высокоманевренный способ.</p>	<p>Производительность процесса невысокая. Качество швов зависит от квалификации электросварщика.</p>
2.	Автоматическая (и механизированная) под флюсом	 <p>1 – электрическая дуга; 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 – газшлаковая защита.</p>	<p>Сварка сталей всех структурных классов. Высокопроизводительный способ сварки. Качество швов высокое.</p>	<p>Сварка швов только в нижнем (наклоном) положении.</p>

<p>3.</p>	<p>Механизи- рованная порошково- й проволокой</p>	 <p>1 – электрическая дуга 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 – газшлаковая защита.</p>	<p>Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей. Производительность процесса выше, чем при ручной дуговой сварке покрытым электродом. Сварка во всех положениях.</p>	<p>Качество швов зависит от квалификации сварщика. Сварка в потолочном положении ограничена.</p>
<p>4.</p>	<p>Механизи- рованная и автоматиче- ская в защитных газах (углекисло- м и в смеси с аргоном и кислоро- дом) плавящимся электродом – проволокой сплошного сечения</p>	 <p>1 – электрическая дуга; 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 – газшлаковая защита.</p>	<p>Сварка швов во всех пространственных положениях проволокой диаметром 0,8...4,2 мм. Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей. Производительность выше, чем при ручной дуговой сварке покрытым электродом.</p>	<p>Разбрызгивание электродного металла, особенно при сварке в углекислом газе</p>

<p>5.</p>	<p>Ручная и автоматическая в среде инертного газа – аргона (гелия и смеси аргона с гелием)</p>	 <p>1 - электрическая дуга; 2 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газовая защита; 5 – жидкий металл шва; 6 – присадочная проволока.</p>  <p>1 - электрическая дуга; 2 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газовая защита; 5 – жидкий металл шва; 6 – присадочная пров.</p>	<p>Сварка швов во всех пространственных положениях.</p> <p>Сварка сталей всех структурных классов.</p> <p>Качество швов высокое.</p>	<p>Низкая производительность процесса.</p>
-----------	--	--	--	--

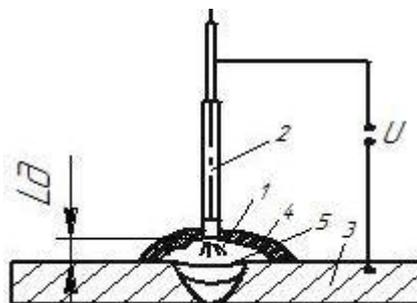
Выбор способа сварки

При изготовлении и монтаже сварных стальных конструкций применяются различные способы дуговой сварки. По характеру изменения мощности дуги способы дуговой сварки подразделяют на сварку электрической дугой постоянной мощности, на постоянном или переменном токе частотой 50 Гц и дугой пульсирующей мощности модулированным током. Способы сварки модулированным током следующие:

- в пульсирующем режиме, при котором мощность дуги изменяется с частотой до 25...110 Гц;
- в импульсно-дуговом режиме, при котором мощность дуги меняется с частотой более 800 Гц (сварка импульсной дугой);

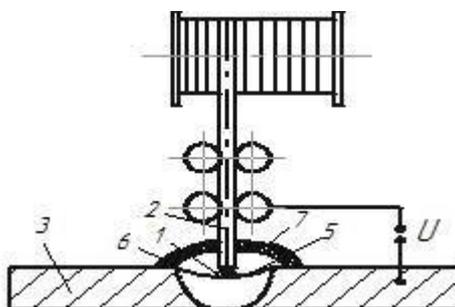
- в двухчастотном режиме (комбинированный вариант пульсирующего и импульсно-дугового режимов).

Способы дуговой сварки:



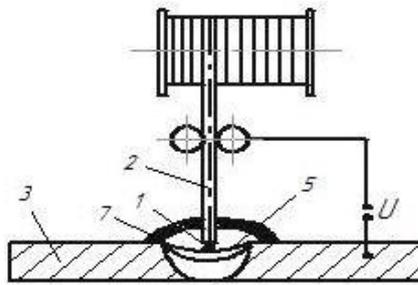
1 – электрическая дуга; 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 – газослаковая защита.

Рисунок 2.1 - Ручная покрытым штучным электродом



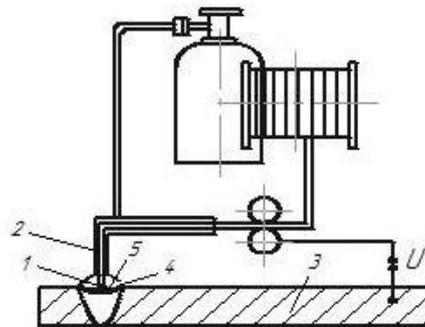
1 – электрическая дуга; 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 – газослаковая защита.

Рисунок 2.2 - Автоматическая (и механизированная) под флюсом



1 – электрическая дуга; 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь;
4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 –
газошлаковая защита.

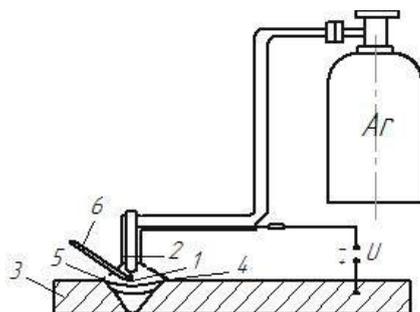
Рисунок 2.3 - Механизированная порошковой проволокой



1 – электрическая дуга; 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь;
4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 –
газошлаковая защита.

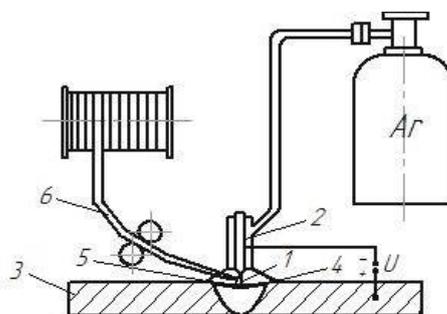
Рисунок 2.4 - Механизированная сварка в среде защитных газов
плавящимся электродом

Способы дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов:



1 - электрическая дуга; 2 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газовая защита; 5 – жидкий металл шва; 6 – присадочная проволока.

Рисунок 2.5 - Ручная в среде аргона (галлия или их смесях)



1 - электрическая дуга; 2 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газовая защита; 5 – жидкий металл шва; 6 – присадочная проволока.

Рисунок 2.6 - Автоматическая сварка в среде аргона

Одним из основных показателей, характеризующих производительность способов сварки, является коэффициент наплавки ($\text{г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$) $a_n = m_n / I T$, где m_n – масса наплавленного металла, г; I – сила тока сварки, А; T – время сварки, ч.

Значения коэффициента наплавки для различных способов дуговой сварки, $\text{г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$, приведены ниже.

- Ручная покрытым электродом.....8,5...11
- Аргонодуговая.....2,5...3,5

- Под флюсом.....14...18
- В углекислом газе.....13...22
- Порошковой проволокой.....9...24

Показателем тепловой характеристики является удельная (погонная) энергия сварки, МДж/м,

$$3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (IU_n/V),$$

где n – коэффициент мощности процесса; n = 0,8 при ручной дуговой сварке покрытым электродом; n = 0,5 при аргонодуговой сварке; n = 1,0 при дуговой сварке под флюсом; n = 0,5...0,6 при сварке в среде активных газов и порошковой проволокой; I = сила сварочного тока, А; U – напряжение на дуге, В; V – скорость сварки, м/ч.

Значения удельной энергии дуговой сварки, МДж/м, проводимой различными способами, приведены ниже.

- Ручная покрытым электродом.....0,5...8
- Аргонодуговая.....0,12
- Под флюсом.....2,0...12
- В углекислом газе.....0,2...6
- Порошковой проволокой.....0,1...8

Для пересчета удельной энергии сварки, выраженной в международной системе единиц СИ, во внесистемную единицу, распространенную на практике, можно использовать соотношение 1 МДж/м = 2,4 ккал/см.

Дуговая сварка в среде защитных газов. К особенностям дуговой сварки в защитных газах, обеспечивающих более эффективное ее применение в сравнении с другими способами сварки (в первую очередь с ручной дуговой сваркой покрытым электродом), относятся:

- высокая концентрация дуги, обеспечивающая минимальную зону структурных превращений и относительно небольшие деформации деталей после сварки;

- более высокая производительность особенно при сварке плавящимся электродом. При применении автоматической или механизированной сварке в зависимости от защитной среды, пространственного положения и формы свариваемого шва, диаметра электродной проволоки и других параметров может достигаться увеличение производительности в 1,3 – 2 раза по сравнению с ручной дуговой сваркой;

- возможность сварки швов в различных пространственных положениях, что делает этот процесс фактически единственным при механизации сварки швов, расположенных на вертикальной плоскости и в потолочном положении, а также при механизации сварки неповоротных стыков труб;

- возможность обеспечения высокоэффективной защиты расплавленного металла, особенно при использовании в качестве защитной среды инертных газов (аргон, гелий), и тем самым повышения качества сварных соединений;

- возможность наблюдения при сварке за поведением сварочной ванны, дуги, плавлением электродного или присадочного металла и формированием шва, а следовательно, возможность своевременного управления этими процессами;

- широкая возможность механизации и автоматизации процесса.

Основным недостатком дуговой сварки в защитных газах является необходимость организации надежной защиты зоны сварки от ветра и сквозняков, вызывающих разрушение защитного газового потока, истекающего из сопла сварочной горелки (электрододержателя), и проводящих к образованию пор в сварном шве.

Дуговая сварка в защитных газах может быть выполнена плавящимся и неплавящимся (вольфрамовым) электродом. По характеру воздействия дуги на свариваемый металл сварку в защитных газах выполняют дугой косвенного действия (независимой) двумя неплавящимися электродами,

дугой прямого действия плавящимся и неплавящимся электродом (рис.2.6), а также трехфазной дугой.

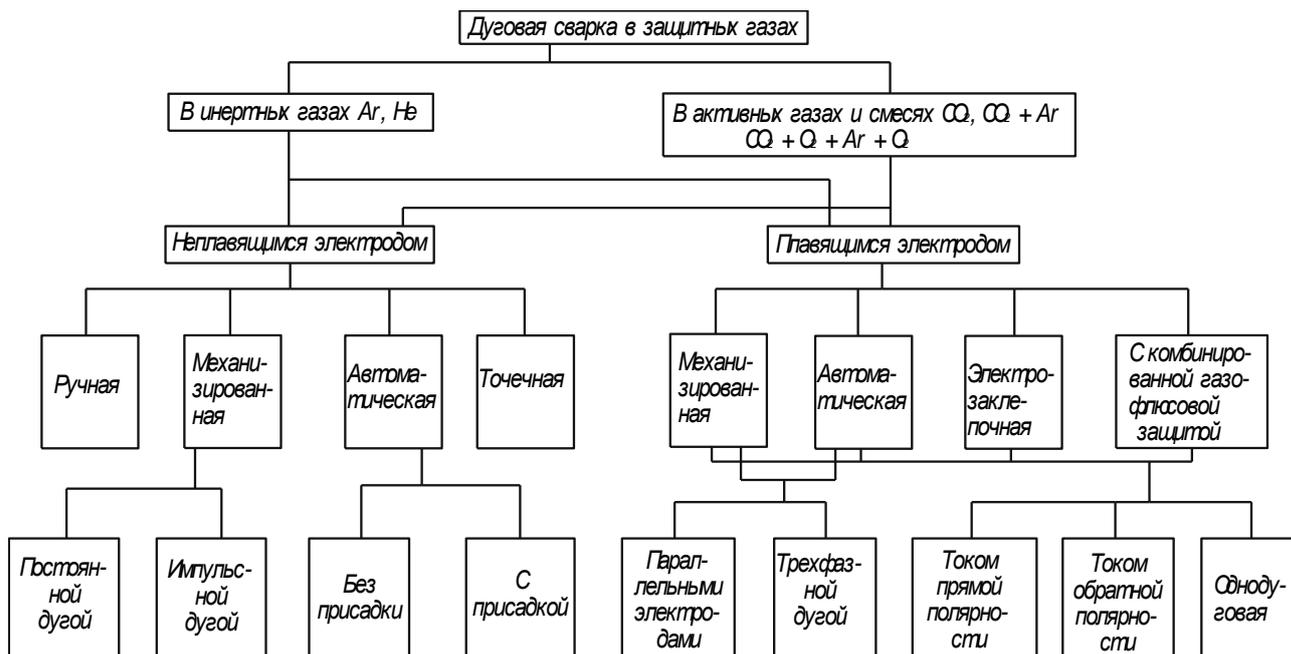


Рисунок 2.7 - Классификация способов дуговой сварки в защитных газах стальных конструкций

Сварка в инертных газах. В качестве защитной среды при сварке используются аргон, гелий, диоксид углерода (углекислый газ), кислород и их смеси (таблица 2.7). Из инертных газов преимущественно используется аргон и реже гелий, вследствие его высокой стоимости. Аргон, гелий и их смеси применяются главным образом при сварке неплавящимся (вольфрамовым) электродом. Аргон обеспечивает при сварке неплавящимся электродом хорошее формирование швов. Гелий в сравнении с аргоном обеспечивает лучшую устойчивость горения дуги, большую глубину проплавления основного металла и, кроме того, хороший перенос металла через дугу при сварке плавящимся электродом вследствие более высокого падения напряжения на дуге.

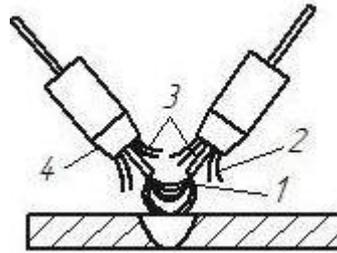
Таблица 2.2 - Защитные газы для дуговой сварки сталей и сплавов

Свариваемые стали	Защитный газ при сварке	
	неплавящимся электродом	плавящимся электродом
Низкоуглеродистые, легированные конструкционные, низколегированные теплоустойчивые	Ar	CO ₂ ; 25% Ar + 75% CO ₂ ; Ar (75...90)% + CO ₂ (10...20)%; Ar (60...90)% + CO ₂ (5...25)% + O ₂ (5...15)%*
Высоколегированные коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные	Ar; He; Ar (60...70)% + He (30...40)%	CO ₂ ; Ar (70...80)% + CO ₂ (20...30)%; Ar (90...95)% + CO ₂ (3...7)% + O ₂ (2...3)%
Жаропрочные сплавы на никелевой основе	Ar; He; Ar (60...70)% + He (30...40)%	Ar; He; Ar (90...95)% + CO ₂ (2...7)% + O ₂ (2...3)%
*Оптимальный состав смеси газов Ar 70% + CO ₂ 25% + O ₂ 5%.		

Сварка в смеси аргона с гелием (например, Ar 65% + He 35%) обеспечивает глубокое проплавление основного металла, хорошее формирование шва и минимальное разбрызгивание металла. Стоимость сварки в смеси защитных газов (Ar + He) значительно ниже, чем сварки в чистом гелии.

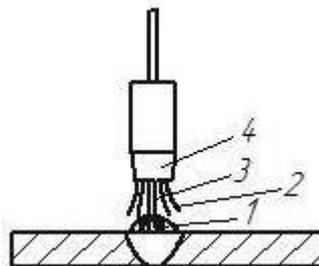
При сварке в инертных газах применяют присадочную проволоку преимущественно того же состава, что и свариваемая сталь. Процесс сварки неплавящимся электродом выполняется на прямой полярности постоянного тока.

Схемы способов дуговой сварки в среде защитных газов:



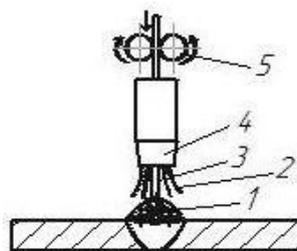
1 – электрическая дуга; 2 – защитный газ; 3 – электрод; 4 – газовое сопло;
5 – подающие ролики.

Рисунок 2.8 - Сварка дугой косвенного действия



1 – электрическая дуга; 2 – защитный газ; 3 – электрод; 4 – газовое сопло;
5 – подающие ролики.

Рисунок 2.9 - Сварка дугой прямого действия неплавящимся электродом



1 – электрическая дуга; 2 – защитный газ; 3 – электрод; 4 – газовое сопло; 5 – подающие ролики.

Рисунок 2.10 - Сварка дугой прямого действия плавящимся электродом

Сварка плавящимся электродом в инертных газах не находит широкого применения вследствие повышенной склонности образованию пор в металле швов, особенно при выполнении сварных соединений углеродистых и низколегированных сталей. Общие причины образования пор в металле швов при сварке в инертных газах и их смесях следующие:

- повышенное содержание примесей в инертных газах;
- недостаточная защита расплавленного металла;
- повышенное содержание активных газов в основном металле и проволоке;
- недостаточное содержание элементов-раскислителей в сварочной проволоке;
- наличие влаги, очагов коррозии, грязи на поверхности свариваемых деталей и т.д.

В качестве активных газов при сварке используют углекислый газ и его смесь с кислородом. Сварка в углекислом газе плавящимся электродом проволокой сплошного сечения является наиболее распространенным механизированным способом сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

Из выше перечисленных способов сварки для повышения производительности выбираем автоматическую сварку в среде CO₂, таким образом мы увеличим производительность за счет увеличения скорости сварки. Так же мы уменьшим трудоемкость за счет автоматизации процесса сварки, снижения доли ручного труда.

2.1 Выбор оборудования для сварки

АВТОМАТ – А-1406

Автомат предназначен для электродуговой сварки или наплавки низкоуглеродистых и легированных сталей плавящимися электродами (сплошной и порошковой проволокой).

Автомат обеспечивает следующие способы наплавки: в среде защитного газа; открытой дугой порошковой проволокой и лентой; под слоем флюса сплошной проволокой; открытой дугой расщепленным электродом (по спецзаказу).

Сварка производится на постоянном токе с независимыми от параметров дуги скоростями сварки и подачи электродной проволоки. Автомат, установленный на наплавочные станки типа У653, У654, обеспечивает наплавку наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, а также плоских горизонтальных поверхностей.

Таблица 2.3 - Технические характеристики автомата сварочного А-1406:

Технические характеристики	с ВДУ 506	с ВДУ 1202 (1250)
Номинальное напряжение сети, В	380	380
Частота тока питающей сети, Гц	50	50
Номинальный сварочный ток, А	при ПВ=60% 500	при ПВ=100% 1000
Диапазон регулирования сварочного тока, А	60 ÷ 500	250 ÷ 1250
Количество электродов, шт	1	1
Диаметр электродной проволоки, мм: - сплошной - порошковой	1,2 ÷ 2,0; 2,0 ÷ 5,0 2,0 ÷ 3,0	1,2 ÷ 2,0; 2,0 ÷ 5,0 2,0 ÷ 3,0

Продолжение таблицы 2.3

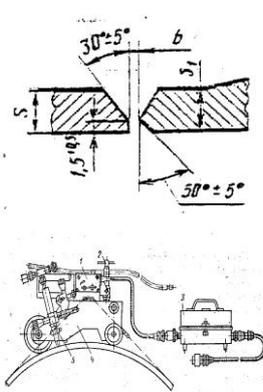
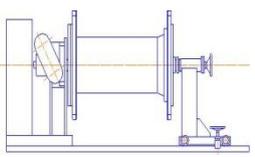
Пределы плавного регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	17 ÷ 553	17 ÷ 553
Вертикальное перемещение сварочной головки: - ход, мм - скорость, м/ч	500 29,4	500 29,4
Поперечное перемещение сварочной головки: - ход, мм - скорость, м/ч	±70 от руки	±70 от руки
Регулировка угла наклона электрода (мундштука), град	±30 ручное	±30 ручное
Амплитуда колебания электрода при наплавке порошковой проволокой диаметром до 3 мм., мм	10 ÷ 70	10 ÷ 70
Флюсоаппаратура: - объем, дм ³ - расход воздуха, м ³ /ч - высота всасывания флюса, м	40 20 2	40 20 2
Масса, кг: - сварочной головки - источника питания	185 275	185 550
Габаритные размеры, мм: - сварочной головки - источника питания	1010×890×1725 805×600×1030	1010×890×1725 960×680×890

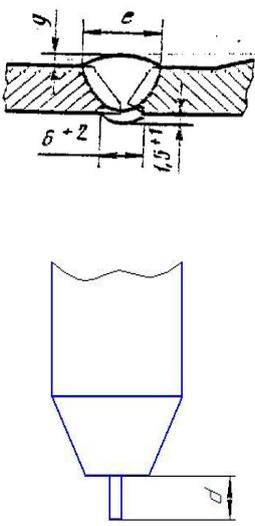
3.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

До начала монтажных работ организация должна иметь сопроводительную документацию (паспорт, сертификат и другие документы) предприятий – поставщиков на трубы, детали, арматуру и другие изделия и материалы, подтверждающую их качество и соответствия техническим условиям на изготовление.

Для изготовления изделия применяем: Фланец 2-1000-40 09Г2С ГОСТ 12821-80; труба стальная электросварная прямошовная 1020 ×14 × 2000 ГОСТ 1076-76.

Таблица 3.1 – Описание проектного технологического процесса

№ п/п	Операция	Эскиз операции	Оборудование, приспособления, мерительный инструмент	Режимы обработки	Технологические требования
1.	Подготовка кромок		Труборез «Спутник-3»	<p>Частота вращения круга, мин⁻¹ - 3050;</p> <p>Рабочая скорость круга, м/с – 80;</p> <p>Нижний скос кромки производится рабочим в ручную при помощи шлифмашины.</p>	Угол скоса кромок $\alpha = 30 \pm 5^\circ$. Угол скоса нижней кромки $\beta = 50 \pm 5^\circ$
2.	Сборка (прихватка)		Вращатель сварочный двухстоечный МЗ1050А, автомат 1406 источник сварочного тока ВДУ – 506	Проволока 1,2 мм; сварочный ток 100 – 120 А, скорость подачи проволоки 100 м/ч, расход СО ₂ 8 – 10 л/мин.	Зазор между кромками $b = 2,0 + 2,0 - 0,5$ мм. Количество прихваток 4, длина прихватки 200 мм.

<p>3.</p>	<p>Свар- ка</p>		<p>Автомат 1406, источник ВДУ- 506 проволока Св – 08Г2С</p>	<p>Первый проход: проволока 1-1,2 мм, Исв. = 100- 120А, Vсв. = 10- 12 м/ч, d = 8-10 мм, расход CO2 8-10 л/мин.</p> <p>Второй проход: проволока 1-1,2 мм, Исв. = 110- 130А, Vсв. = 10- 12 м/ч, d = 10-12 мм, расход CO2 8-10 л/мин.</p> <p>Последующие: проволока 1,2 – 1,6 мм, Исв. = 140 - 280А, Vсв. = 8 - 10м/ч, d = 12 - 16мм, расход 10- 14 л/мин.</p>	<p>$g = 2,0 + 2,0, -$ $1,5 \text{ мм. } e = 20$ $+ 6 \text{ мм.}$</p> <p>Сварка должна производиться по ГОСТ 8050.</p>
-----------	---------------------	---	---	---	---

Продолжение таблицы 3.1

4.	Конт- роль качест- ва	Визуальный измерительный контроль	Лупы, Ушс-3, линейки измерительные металлически е	не менее 5 мм - для стыковых соединений, выполненных дуговой и электронно- лучевой сваркой, электроконтактн ой сваркой оплавлением, сваркой встык нагретым элементом при номинальной толщине сваренных деталей до 5 мм включительно; не менее номинальной толщины стенки детали - для стыковых соединений, выполненных дуг овой и электронно- лучевой сваркой, электроконтактн ой сваркой оплавлением, сва ркой встык нагретым элементом при номинальной толщине сваренных деталей свыше 5 до 20 мм.	Внешнему осмотру и измерению подлежат все сварные соединения по методике РД 03-606-03 для выявления наружных дефектов: поры, трещины и тд.
----	--------------------------------	---	---	--	--

Продолжение таблицы 3.1

		Радиографический контроль	Арина-9, пленка Kodak.	Трещины, прожоги, поры и непровары	Выполняется по ГОСТ 7512-82* 81.Предназначен для выявления в сварном шве и околошовной зоне трещин, непроваров, пор, металлических и неметаллических (шлаков) включений.
--	--	---------------------------	------------------------	------------------------------------	---

При отсутствии данных документов они могут быть заменены соответствующими им по содержанию документами, подписанными ответственными представителями заказчика.

По сопроводительной документации должно быть проверено соответствие марок, размеров и других характеристик изделий и материалов.

Подготовка кромок

Разметка должна обеспечивать максимальное использование материала и сокращения отходов, при этом необходимо учитывать технологический припуск, величину которого назначают в зависимости от технологии последующей обработки, марки стали и размеров труб.

Рекомендуемый технологический припуск, мм, при разметки труб из углеродистой стали составляет:

Таблица 3.2 – Рекомендуемый припуск

при резке труб с толщиной стенки 5...25 мм	
кислородной ручной	3...8
кислородной машинной	2...4
плазменно-дуговой	6...8
механической	4...6
при механической обработке торцов после термической резки	2...3

Способы резки (механический, термический), а также типы станков и устройств, следует применять в зависимости от требований к качеству сборочно-сварочных работ, условий их выполнения, материалов труб, их размеров и способа соединения.

Из термических способов резки применяют: кислородную – для резки труб из углеродистой и низколегированной стали; плазменно-дуговую – для резки труб из всех марок сталей.

Оборудование для обработки кромок.

Оборудование для газоплазменной и плазменной резки труб различается по принципу образования фасонного реза, по числу выполняемых операций и конструктивному исполнению. Наиболее широко в монтажных организациях применяют установки типа УРТ, переносные станки типа МУРТ и труборезы ГРВ-3, «Спутник-3», «Орбита-3».

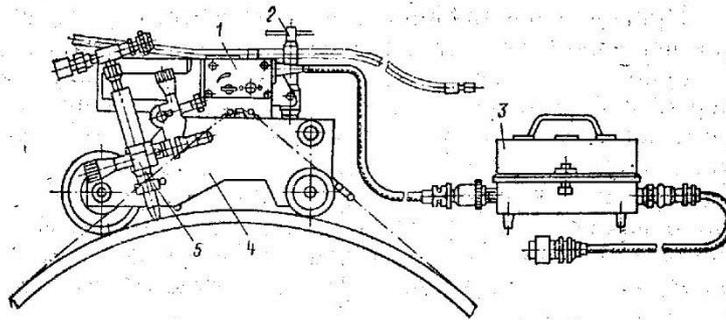


Рисунок 3.1 - Труборез «Спутник-3»

Труборез «Спутник-3» состоит из малогабаритной самоходной тележки, приводной крючковой цепи из штампованных звеньев, блока электропитания, малогабаритного трехвентильного резака. На тележке смонтированы ведущий механизм, натяжное устройство и держатель резака. Для повышения точности реза тележка оснащена трехроlikовой опорой: два ролика малого диаметра расположены на осях в задней части тележки и один ролик большого диаметра — на ее передней части. Требуемая траектория движения тележки вокруг трубы обеспечивается ведущим передним роликом, который своими ребрами касается торцов звеньев при вращении и тем самым удерживает труборез от смещения по образующей трубы.

Труборез ГРВ-3 предназначен для разделительной резки стальных труб в плоскости, перпендикулярной их оси. Резы можно выполнять как без скоса, так и со скосом одной или одновременно двух кромок под сварку. Труборез состоит из тележки, на которой смонтирован корпус с ручным червячным приводом; держателя одинарного или спаренного резака; механизма натяжения цепной стяжки и регулятора подачи газа; спаренной роlikовтулочной цепи и направляющего пояса для обеспечения точного передвижения каретки (тележки) вокруг перерезаемой трубы. Перемещается труборез по трубе вращением рукоятки, жестко связанной с червячным валом, который по-средством червячного колеса вращает

спаренные звездочки, взаимодействующие с передвижной роликовтулочной цепью.

Труборез «Орбита-3» представляет собой самоходную тележку, на которой смонтированы: ведущий механизм, обеспечивающий необходимое перемещение ее вокруг трубы; малогабаритный электропривод; суппорт с двумя или тремя вентильными резаками. Точность вращательного движения тележки, заключающаяся главным образом в исключении несовпадения начала и конца реза, обеспечивается благодаря использованию направляющего пояса и пояса-копира, по которому сбегает направляющий ролик в процессе резания. В комплект трубореза входит блок питания электропривода.

Таблица 3.3 - Технологические характеристики переносных станков и труборезов

Показатель	ГВР-3	«Спутник-3»	«Орбита-3»
Наружный диаметр трубы, мм	108-1020	194-1620	530-1220
Угол скоса кромок, град.	0...45	0.....35	0...35
Тип привода	Ручной	Электрический	Электрический
Число резаков	1...2	1	2
Габарит, мм	405×400×310	420×470×315	570×450×270
Масса, кг	9	20,8	21

Из выше перечисленных вариантов более всего подходят труборезы «Спутник-3» и «Орбита-3». Т.к. «Спутник-3» имеет значительно больший диапазон обрабатываемых труб и меньшие габариты, даёт необходимую точность резания, автоматизирует процесс, поэтому выбираем его.

Сборка

Сборку стыков труб и деталей под сварку следует производить по рабочим чертежам в соответствии с требованиями ГОСТ, СНиП, отраслевых стандартов и другой нормативной и технической документации.

Концы труб и деталей перед сборкой и сваркой зачищают до металлического блеска по кромкам и прилегающей к ним наружной и внутренней поверхностям на ширину не менее 20 мм.

Сборку элементов и узлов трубопроводов осуществляют при помощи сборочных стенов, центрирующих устройств и приспособлений, обеспечивающих установку и закрепление труб и деталей в заданном положении, а также позволяющих равномерно распределить по периметру стыка смещения кромок и зазоры, возникающие из-за погрешностей размеров и формы стыкуемых концов труб и деталей.

Для сборки детали в проекте было решено применить вращатель двухстоечный МЗ1050А (Рисунок - 3.2), поскольку деталь имеет достаточно большие габариты. Вращатель состоит из шкафа управления [1], двух планшайб [2], приводной стойки [3], неприводной (подвижной) стойки [4], электропривода [5], опорного ролика [6], который поддерживает детали большой длины, чтобы избежать прогиба и деформации детали.

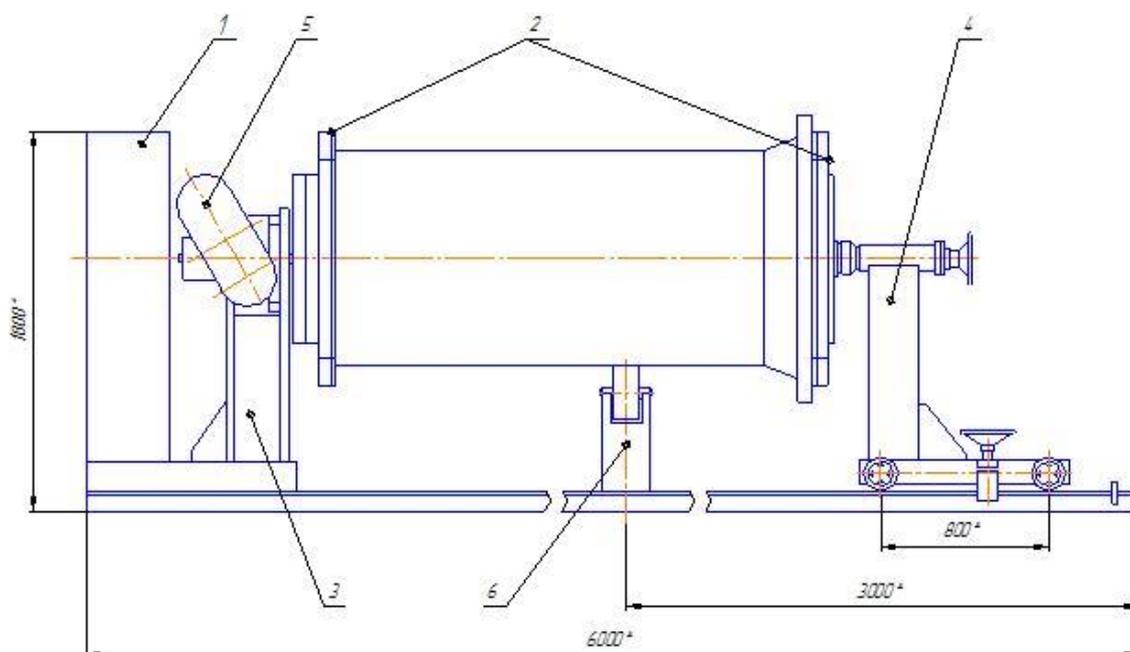


Рисунок 3.2 - Вращатель двухстоечный М31050А (с закреплённой в нём деталью)

Сборку стыков производят на равномерно распределенных по их периметру прихватках после проведения операционного контроля правильности подготовки кромок.

Число и длина прихваток зависят от способа сварки и диаметра трубопровода. Они обеспечивают жесткость собранного изделия в процессе сварки:

Таблица 3.4 – Количество и длина прихваток

Диаметр труб, мм	Количество прихваток по окружности трубы, мм	Длина прихваток, мм
До 100	3	10...20
100...300	3...4	20...30
300...600	4...6	30...40
Свыше 600	6...10	60...80

Прихватку стыков выполняют с полным проваром корня шва теми же сварочными материалами, что и при сварке стыка. К качеству прихваток и основного сварного шва предъявляются одинаковые требования. Прихватки необходимо зачистить от шлака и брызг металла до металлического блеска. При обнаружении в прихватке пор и трещин она должна быть полностью удалена механическим способом.

Свободные концы труб на весь период проведения сварочных работ следует заглушить.

Производить сборку и сварку труб при наличии влаги на поверхности кромок и участках, прилегающих к стыку, запрещается.

Наружную поверхность состыкованных труб на расстоянии 100...150 мм по обе стороны от стыка перед прихваткой и сваркой целесообразно защитить от попадания брызг расплавленного металла раствором мела, каолина, асбестом или препаратами типа «Дуга».

Сварка

Автоматическую сварку в среде CO₂ стыков труб с толщиной стенки до 12,5 мм необходимо производить не менее чем в 2 слоя; с толщиной стенки 12,5...21 мм – в 3...4 слоя; при большей толщине число слоев должно быть не менее четырех, не считая слоев, выполненных ручной дуговой или механизированной сваркой в среде углекислого газа.

Т.к. толщина свариваемых деталей превышает 12,5 мм сварка производится в три прохода. Вследствие того, что соединение имеет сложную разделку кромок (рисунок 3.3), сваривается 4-й внутренний шов. Сварка ведётся в полуавтоматическом режиме в среде CO₂. Для удобства работы сварщика, подвижная стойка [4] вращателя М31050А отводится от детали на расстояние необходимое для свободного перемещения сварщика (Рисунок 3.2).

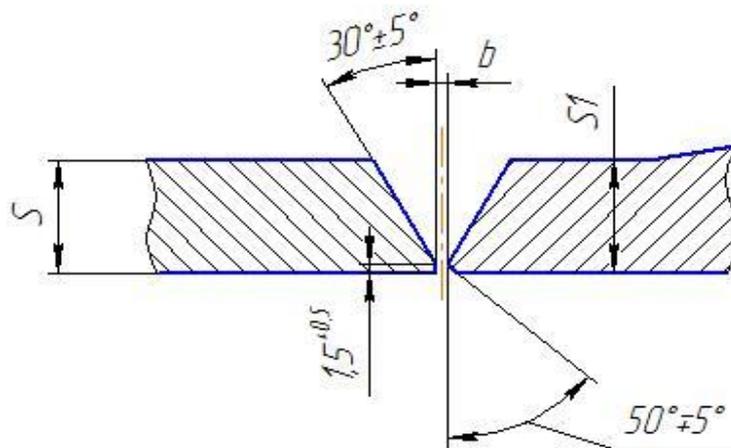
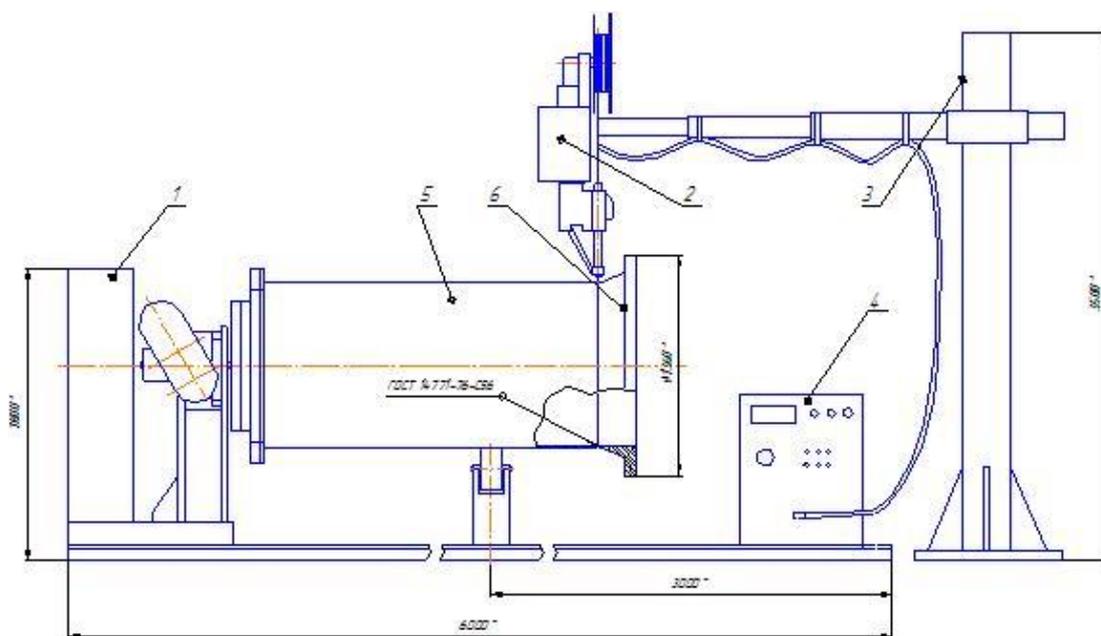


Рисунок 3.3 - Разделка кромок (С56)



1-вращатель, 2-сварочный автомат, 3-колонна консольная, 4-источник питания, 5-труба, 6-фланец.

Рисунок 3.4 - Сварка изделия

Скорость вращателя настраивается по режимам сварки так , чтобы сварщик мог варить только в нижнем положении, практически не перемещая горелку параллельно шву.

При каждом последующем проходе режимы сварки перенастраиваются и сварка возобновляется.

Вылет электродной проволоки при сварке не должен превышать 20 мм.

Сварка может проводиться в закрытых помещениях, либо в безветренную погоду, для того чтобы защитный газ не выдувался из зоны сварки.

Каждый слой шва перед наложением последующего должен быть очищен от шлака, окалины и остатка флюса. Все швы необходимо укладывать так, чтобы замыкающие участки швов были смещены на 50...80 мм относительно друг друга. Конец шва следует перекрывать на 50...80 мм. При обрыве дуги зажигание производится на шве за кратером, предварительно очищенном от шлака.

Контроль качества

В процессе сварки осуществляют предварительный контроль, пооперационный контроль и контроль качества готовых сварных соединений.

Предварительный контроль, включает в себя проверку: квалификации сварщиков, дефектоскопистов (операторов ультразвукового контроля, радиографов и тд.); состояния сборочно-сварочных приспособлений, сварочного оборудования и аппаратуры для контроля качества сварных соединений; качество основных и сварочных материалов, а также материалов для дефектоскопов; состояния средств измерения.

При пооперационном контроле необходимо проверять качество подготовки кромок и сборке под сварку и соблюдение технологии сварки (соответствие сварочных материалов стандартам, техническим условиям, режимы сварки, порядок наложения швов, качество послойной зачистки швов.)

Контроль качества готовых сварных соединений производят следующими методами: внешним осмотром и измерением по РД 03-603-03; радиографическим – по ГОСТ 7512-82* и ОСТ 36-59-81; ультразвуковым – по ГОСТ 14782-86* и ОСТ 36-75-83; цветным – по ГОСТ 18442-80* и ОСТ 36-76-83.

Вывод:

1.Приведен анализ способов сварки для изготовления стыкового соединения фланца с трубой, из которого выбрали автоматическую сварку в среде CO₂, потому - что мы увеличим производительность за счет увеличения скорости сварки. Так же мы уменьшим трудоемкость за счет автоматизации процесса сварки, снижения доли ручного труда.

2.Выбрано оборудование для сборки и сварки фланца с трубой

3.Разработано технологический процесс изготовления стыкового соединения фланца с трубой.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

4.1 Технологическая характеристика объекта

Монтаж фланца с трубой с применением автоматической сварки в СО₂ предусматривает выполнение следующих операций:

- Подготовка кромок
- Сборка и прихватка
- Сварка
- Контроль качества

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1.	Подготовка кромок	Слесарь-сборщик	Труборез «Спутник3»	Абразивные армированные круги
2.	Сборка и прихватка	Слесарь-сборщик	Вращатель сварочный двухстоечный М31050А, Автомат 1406, источник сварочного тока ВДУ – 300	Сварочная проволока
3.	Сварка	Электросварщик на автоматических машинах	Автомат 1406, источник ВДУ-300 проволока Св – 08Г2С	Сварочная проволока

Продолжение таблиц 4.1

4.	Контроль качества	Дефектоскопист рентгенографирования	Арина-9	Радиографическая пленка, Лупы, УШС 3, линейки измерительные металлические
----	-------------------	-------------------------------------	---------	--

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1.	Подготовка кромок	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки инструмента и оборудования - заусенцы на поверхности заготовки - горячие поверхности (деталей, заготовок), - разрушающиеся конструкции (разрыв кругов и др.) 	Труборез «Спутник3»

2.	Сборка и прихватка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки инструмента и оборудования - движущиеся машины и механизмы, подвижные элементы оборудования - заусенцы на поверхности заготовки - горячие поверхности (деталей, заготовок), - повышенная температура поверхностей оборудования материала - разрушающиеся конструкции - передвигающиеся изделия, детали, заготовки, материалы 	Автомат 1406, источник сварочного тока ВДУ – 300
3.	Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное напряжение в электросети или металлических конструкциях оборудования - поступление в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей (СА), содержащих токсические вещества - ультрафиолетовое излучение - инфракрасное излучение - повышенная температура поверхностей оборудования материала 	Автомат 1406, источник сварочного тока ВДУ – 300

4.	Контроль качества	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Арина 9 - импульсный рентгеновский аппарат
----	-------------------	--	--

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1.	Острые кромки инструмента и оборудования, заусенцы на поверхности заготовки, горячие поверхности (деталей, заготовок), разрушающиеся конструкции (разрыв кругов и др.)	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда

Продолжение таблицы 4.3

2.	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения	-
3.	Повышенная температура поверхностей оборудования материала	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда
4.	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	-
5.	Повышенный уровень ультрафиолетового излучения	Экранирование места сварки щитами	Спецодежда, маска сварщика
6.	Повышенный уровень инфракрасного излучения	Экранирование места сварки щитами	Спецодежда, маска сварщика

4.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 4.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок сварки фланца с трубой	Вращатель сварочный двухстоечный МЗ1050А, Автомат 140Б	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	вынос (замыкание) высокого электр. напряжения на токопроводящие части тех. установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Огнетушитель ОУ-1, ящики с песком, кошма	Первичные средства пожаротушения
Пожарные автомобили (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
'	Стационарные установки системы пожаротушения
'	Средства пожарной автоматики
Краны пожарные напорные пожарные рукава	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при
Топор, лопата, багор	Пожарный инструмент
Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно- технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Автоматическая сварка в CO ₂	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть индивидуальные средства защиты и предусмотрена местная вентиляция.

4.5 Обеспечение экологической безопасности

технологического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Автоматическая сварка с CO ₂	Подготовка, сборка, сварка	Вредные газообразные вещества от сварки		металлолом, упаковка от проволоки; преимущественно стальной; бытовые отходы, отработанные масла

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка фланца с трубой
Мероприятия по снижению негативного антропогенных воздействий	Установка контейнеров для селективного сбора бытовых производственных отходов, отдельный контейнер для металлолома, соответствующие надписи на них. Провести инструктаж среди производственного персонала, как правильно складывать в контейнера мусор, отходы. Сбор отработанных масел для последующей переработки.

Закключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 4.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие:

- острые кромки инструмента и оборудования
- повышенная температура поверхностей оборудования материала
- движущиеся машины и механизмы, подвижные элементы

оборудования

- ультрафиолетовая радиация, инфракрасная радиация

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 4.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 4.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 4.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 4.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 4.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 4.8).

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Стыковое соединение фланца с трубой сваривают ручной дуговой сваркой.

Предлагается сваривать автоматической сваркой в среде CO₂.

Таблица 5.1 - Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Ручная дуговая сварка. Качество швов зависит от квалификации сварщика. Высокая трудоемкость. Необходимость организации надежной защиты зоны сварки.	Автоматическая сварка в среде CO ₂ . Высоко производительный способ сварки. Высокое качество сварных соединений. Сварка сталей всех структурных классов. Низкий расход электродного металла и электроэнергии. Улучшение условий труда сварщика. Простая техника выполнения сварки.

Таблица 5.2 – Таблица исходных данных

№	Показатели	Ед. изм.	Базовый вариант	Проектный вариант
1	Годовая программа выпуска изделий	шт.	10000	10000
2	Разряд сварщика		4	4
3	Часовая тарифная ставка	р/час	150	150
4	Диаметр сварочной проволоки	мм	3	3
5	Отчисления на социальные нужды	%	26,2	26,2
6	Норма отчислений на текущий ремонт оборудования	%	24	24
7	Норма амортизационных отчислений на рабочий инструмент	%	17	17

Продолжение таблицы 5.2

8	Норма амортизационных отчислений на приспособления	%	15	15
9	Норма амортизации на оборудование	%	20	20
10	Норма амортизационных отчислений на здания	%	3	3
11	Цена защитного газа	руб/литр		6,5
12	Цена сварочных электродов	руб/кг	80	
13	Коэффициент расхода сварочных материалов		1,15	1,02
14	Длина шва	м	3,2	3,2
15	Норма расхода материала на 1 изделие	кг	0,5	0,5
16	Цена 1 кг сварочной проволоки (Св-08Г2С)	руб		95
17	Стоимость 1кг основного материала (сталь 09Г2С)	руб.	40	40
18	Стоимость 1 кВтч электроэнергии	руб.	1,9	1,9
19	Стоимость 1м ² площади здания цеха	руб.	4500	4500
20	Площадь, занимаемая под сварочные работы	м ²	30	30
21	Срок службы инструмента	лет	2	2
22	Срок службы приспособлений	лет	8	8
23	Коэффициент загрузки сварочного оборудования		0,85	0,85
24	Суммарная цена используемого инструмента	руб	3500	3500
25	Суммарная цена используемых сборочно-сварочных приспособлений	руб	78900	78900

Продолжение таблицы 5.2

26	Суммарная цена технологического оборудования	руб	81490	81490
27	Вспомогательное время, необходимое для сборки изделия и обработки его после сварки	мин.	20	20

2. РАСЧЕТ НОРМЫ ШТУЧНОГО ВРЕМЕНИ НА ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

$t_{шт}$ - время изготовления одного изделия, рассчитывается по формуле:

Базовый: $t_{шт} = t_0 + t_B = 77,62 + 20 = 97,62$ мин

Проектный: $t_{шт} = t_0 + t_B = 9,14 + 20 = 29,14$ мин

t_B – вспомогательное время (время закрепления деталей в приспособлении, снятие шлака со шва и освобождение готового узла из приспособления), мин.

Основное время сварки изделия t_0 рассчитывается по формулам:

а) для ручной и механизированной (полуавтоматической) сварки и наплавки:

$$t_0 = \frac{60 \cdot M_{напл.мет.} \cdot L_{ш}}{I_{св.} \cdot \alpha_H} = \frac{60 \cdot 0,655 \cdot 3,2}{180 \cdot 0,009} = 77,62 \text{ мин}$$

где: $M_{напл.мет}$ - масса наплавленного металла в изделии кг/м;

$L_{ш(в)}$ - длина швов (валиков) в изделии, м;

где $I_{св.}$ - сила сварочного тока, А;

α_H - коэффициент наплавки, для низкоуглеродистых сталей $\alpha_H = 9 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{час})$.

б) для автоматических способов сварки и наплавки:

$$t_o = \frac{L_{\text{ш}}}{V_{\text{св.}}} = \frac{3,2}{0,35} = 9,14$$

где $V_{\text{св.}}$ - заданная скорость сварки, м/мин.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Таблица 5.3 – Определение типа производства

Масса сварного изделия (кг)	Годовой выпуск продукции Nг по типам производства							
	Единичное и мелкосерийное		Серийное (среднесерийное)		Крупносерийное		Массовое	
	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук
до 25	до 0,125	до 5	0,125 – 5	5 – 200	5 – 10	200–800	Св.10	Св. 800
25 – 100	0,2	2 – 8	0,2 – 10	8 – 100	10 – 20	100–400	Св.20	Св.400
100 – 500	0,25	0,5 – 25	0,25 – 15	25 – 150	15 – 35	150–350	Св.35	Св.350
500 – 1000	0,3	0,3 – 2,6	0,3 – 5	2,6 – 10	5,0 – 50	10–100	Св.50	Св.100
1000 – 5000	1,0	0,2 – 1,0	1,0 – 10	1,0 – 17	10 – 70	17–70	Св.70	Св. 70
5000 – 25000	2,5	0,1 – 0,5	2,5 – 15	0,5 – 10	15 – 100	10–25	Св.100	Св.25
25000 – 100000	5,0	0,05 – 0,2	5,0 – 100	0,2 – 4	100 – 250	4,0–10	Св. 250	Св.10
50000 – 100000	1,0	до 0,01	1,0	Св. 0,01	–	–	–	–

Исходя из того, что масса готового изделия составляет 1235,75кг, а годовая программа выпуска 10000шт, определяем тип производства – серийное.

4. РАСЧЕТ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В ОБОРУДОВАНИЕ

Расчет капитальных вложений имеет целью сравнение альтернативных вариантов изготовления продукции на существующем и на новом оборудовании. Расчет ведется по двум сравниваемым вариантам.

4.1. Общие капитальные вложения в оборудование

Общие капитальные вложения в оборудование:

Базовый: $K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} = 114098,22$ руб.

Проектный: $K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} = 153111,46 + 104691,6 = 257803,06$ руб.

где $K_{\text{пр}}$ - прямые капитальные вложения в оборудование, руб.

$K_{\text{соп}}$ - сопутствующие капитальные вложения в приобретенное оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываем для двух сравниваемых вариантов (базового и проектного) по формуле:

$$K_{\text{пр}} = \sum n_{\text{об}} \cdot C_{\text{об}} \cdot k_3 = 2,05 \cdot 81490 \cdot 0,683 = 114098,22 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{пр}} = \sum n_{\text{об}} \cdot C_{\text{об}} \cdot k_3 = 1,17 \cdot 223700 \cdot 0,585 = 153111,46 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{плоч}} = 52345,8 + 52345,8 = 104691,6 \text{ руб.}$$

где $K_{\text{монт}}$ - затраты на монтаж нового оборудования, руб.;

$K_{\text{дем}}$ - затраты на демонтаж старого оборудования, руб.;

$K_{\text{пл.}}^{\text{доп}}$ - дополнительные затраты на производственные площади под **новое** оборудование, руб.

$$K_{\text{монт}} = \sum (n_{\text{об}} \cdot C_{\text{об}} \cdot k_{\text{монт}}) = 1,17 \cdot 223700 \cdot 0,2 = 52345,8 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{монт}}$ - коэффициент монтажа, принимаем = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = \sum (n_{\text{об}} \cdot C_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}}) = 1,17 \cdot 223700 \cdot 0,2 = 52345,8 \text{ руб}$$

где $k_{\text{дем}}$ - коэффициент демонтажа, принимаем = 0,2.

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{пл.}} = \left[\sum (S_{\text{пл.}}^{\text{пр}} - S_{\text{пл.}}^{\text{баз}}) \cdot C_{\text{пл.}} \cdot k_{\text{д.пл.}} \cdot k_{\text{зи}} \right] = 0$$

где $k_{\text{д.пл.}}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную площадь (2,0);

Удельные капитальные вложения в оборудование (капитальные вложения на одно изделие) рассчитываются для двух сравниваемых вариантов:

$$K_{\text{уд}}^{\text{баз}} = \frac{K_{\text{общ}}^{\text{баз}}}{N_z} = \frac{114098,22}{10000} = 11,41 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{пр}} = \frac{K_{\text{общ}}^{\text{пр}}}{N_z} = \frac{257803,06}{10000} = 25,78 \text{ руб.}$$

где $K_{\text{общ.}}^{\text{баз.}}$ и $K_{\text{общ.}}^{\text{пр.}}$ - общие капитальные вложения в оборудование по базовому и проектному вариантам соответственно.

Дополнительные капитальные вложения в оборудование рассчитываются для определения более капиталоемкого варианта:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.}}^{\text{пр}} - K_{\text{общ.}}^{\text{баз}} = 11,38 \text{ руб.}$$

5. РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ СРАВНИВАЕМЫХ ВАРИАНТОВ

5.1. Затраты на материалы.

Базовый: $ZM = ZM_{всп.} = 192,8$ руб.

Проектный: $ZM = ZM_{всп.} = 208,95$ руб.

где $ZM_{осн.}$ - затраты на основной материал, руб.;

$ZM_{техн.}$ - затраты на технологические материалы (которые остаются в шве после его формирования - плавящиеся электроды, сварочная проволока, сварочная лента, присадки, припой), руб.;

$ZM_{всп.}$ - затраты на вспомогательные материалы (которые не остаются в шве после его формирования - неплавящиеся электроды, защитные газы, флюсы, покрытия, материалы для обезжиривания), руб.

Затраты на основной материал рассчитываются по формуле:

$$ZM_{осн.} = N_M \cdot C_M \cdot k_{т.з.} = 21,25 \cdot 40 \cdot 1,12 = 952 \text{ руб.}$$

где N_M - норма расхода основного материала на одно изделие, кг;

C_M - цена одного кг основного материала, руб.;

$k_{т.з.}$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

В предлагаемых для расчета технологических процессах в качестве вспомогательных материалов используются: сварочные электроды УОНИ 13/55, сварочная проволока марки Св-08Г2С, углекислый газ.

Затраты на технологические и вспомогательные материалы рассчитываются по следующим формулам:

Для ручной дуговой сварки и наплавки затраты на сварочные материалы складываются из затрат на электроды и защитный газ:

$$З_{М_{св.}} = З_{М_{эл.}} = 80 \text{ руб.}$$

где $З_{эл.(пр.)}$ – затраты на электроды (проволоку) для сварки и наплавки, руб.

Для автоматической сварки и наплавки под слоем флюса затраты на сварочные материалы складываются из затрат на сварочную проволоку и углекислый газ:

$$З_{М_{св.}} = З_{М_{св.пр.}} + З_{з.г.} = 450 + 6,5 = 456,5 \text{ руб.}$$

где $З_{з.г.}$ - затраты на защитный газ, руб.

Затраты на электроды или сварочную проволоку рассчитываем по формуле:

$$З_{М_{эл.}} = Н_{эл.} \cdot Ц_{эл.} = 2,41 \cdot 80 = 192,8 \text{ руб.},$$

$$З_{М_{св.пр.}} = Н_{св.пр.} \cdot Ц_{св.пр.} = 2,13 \cdot 95 = 202,35 \text{ руб.}$$

где: $Н_{эл.(пр.)}$ – норма расхода электродов на одно изделие, кг;

$Ц_{эл.(пр.)}$ – цена электродов, руб. за 1 кг.

Если норма расхода электродов или проволоки ($Н_{эл.}; Н_{св.пр.}$) на изделие или один погонный метр шва не указана в чертеже или в карте технологического процесса, то она рассчитывается по формулам.

а) при сварке и наплавке:

$$H_{\text{эл. (пр.)}} = Y \cdot L_{\text{ш(в)}} = 0,75 \cdot 3,2 = 2,41 \text{ кг}$$

$$H_{\text{св. пр.}} = Y \cdot L_{\text{ш}} = 0,668 \cdot 3,2 = 2,13 \text{ кг}$$

где: Y - удельная норма расхода сварочных материалов по длине шва, кг/м;

$L_{\text{ш(в)}}$ - длина сварного шва или наплавляемого валика на изделии, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл. мет.}} = 1,15 \cdot 0,655 = 0,753 \text{ кг/м}$$

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл. мет.}} = 1,02 \cdot 0,655 = 0,668 \text{ кг/м}$$

где: k_p - коэффициент расхода сварочных материалов, учитывающий потери электродного металла при сварке и наплавке;

$M_{\text{напл. мет.}}$ - расчетная масса наплавленного металла, кг/м.

При сварке и наплавке массу наплавленного металла рассчитывают по формуле:

$$M_{\text{напл. мет.}} = \rho \cdot F_{\text{н}} \cdot 10^{-3} = 7,8 \cdot 84 \cdot 10^{-3} = 0,655$$

кг/м

$$M_{\text{напл. мет.}} = \rho \cdot F_{\text{н}} \cdot 10^{-3} = 7,8 \cdot 84 \cdot 10^{-3} = 0,655 \text{ кг/м}$$

где ρ - плотность наплавленного металла, г/см³;

$F_{\text{н}}$ - площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм².

При сварке многопроходных швов площадь поперечного сечения шва (мм^2), при которой обеспечивается его наилучшее формирование, должна составлять:

$$F_{\text{н}} = F_1 + F_2 + F_3 = 24 + 30 + 30 = 84 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{н}} = F_1 + F_2 + F_3 = 24 + 30 + 30 = 84 \text{ мм}^2$$

где $F_1 = (6 \div 8) \cdot d_{\text{св.пр.}}$ – первый проход;

$F_{\text{н}} = (8 \div 12) \cdot d_{\text{св.пр.}}$ – последующие проходы.

$$F_1 = (6 \div 8) \cdot d_{\text{св.пр.}} = 8 \cdot 3 = 24 \quad F_1 = (6 \div 8) \cdot d_{\text{св.пр.}} = 8 \cdot 3 = 24$$

$$F_2 = (8 \div 12) \cdot d_{\text{св.пр.}} = 10 \cdot 3 = 30 \quad F_2 = (8 \div 12) \cdot d_{\text{св.пр.}} = 10 \cdot 3 = 30$$

$$F_3 = (8 \div 12) \cdot d_{\text{св.пр.}} = 10 \cdot 3 = 30 \quad F_3 = (8 \div 12) \cdot d_{\text{св.пр.}} = 10 \cdot 3 = 30$$

где $d_{\text{св.пр.}}$ - диаметр сварочной проволоки

Затраты на защитный газ при сварке определяются по формуле:

$$Z_{\text{з.г.}} = N_{\text{з.г.}} \cdot Ц_{\text{з.г.}} = 165,73 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3} = 1,077 \text{ руб.}$$

где $N_{\text{з.г.}}$ - норма расхода защитного газа на 1 погонный метр сварного шва, литр/мин;

$Ц_{\text{з.г.}}$ - цена защитного газа, руб./ м^3 .

Норму расхода защитных газов рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{з.г.}} = U_{\text{з.г.}} \cdot L_{\text{ш}} = 51,79 \cdot 3,2 = 165,73 \text{ литр/мин}$$

где $U_{\text{з.г.}}$ - удельная норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва,

$U_{\text{доп.}}$ - дополнительный расход газа на подготовительно-вспомогательные операции (продувку газовых коммуникаций перед сваркой, защиту электрода и остывающего металла после сварки и настройку режимов), литр/мин.

Удельную норму расхода защитного газа на 1 погонный метр сварного шва или наплавляемого валика можно определить по формуле:

$$Y_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_{01} = 17 \cdot 3,04 = 51,79$$

где $q_{з.г.}$ - норма расхода защитного газа при сварке, в зависимости от вида сварки, литр/мин,

t_{01} - основное (машинное) время сварки 1 погонного метра шва, (мин).

$$t_{01} = \frac{t_0}{L_{ш}} = \frac{9,14}{3,2} = 3,04 \text{ мин}$$

где t_0 – основное время сварки (наплавки) изделия.

Дополнительный расход газа, возникающий при продувке шлангов, определяют по формуле:

$$Y_{доп.} = t_{в}^{\Pi} \cdot q_{з.г.} = 0,05 \cdot 4,9 = 0,245$$

где $t_{в}^{\Pi}$ - вспомогательное время, необходимое для продувки шлангов, мин.

5.3. Затраты на технологическую электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитывают исходя из полезной мощности оборудования:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об.} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot \Pi_{э-э} = \frac{23 \cdot 77,62}{0,85 \cdot 60} \cdot 1,9 = 66 \text{ руб.}$$

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об.} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot \Pi_{э-э} = \frac{40 \cdot 9,14}{0,85 \cdot 60} \cdot 1,9 = 13,62 \text{ руб.}$$

где $P_{об} = I_{св} \cdot U_{д}$ - полезная мощность оборудования кВт;

η - коэффициент полезного действия;

$I_{св}$ - сила сварочного тока, А;

U_d – напряжение на дуге, В;

$\Pi_{\text{э-э}}$ - цена 1 кВт·часа электроэнергии.

5.4 Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

$$Z_{\text{об.}} = A_{\text{об.}} + P_{\text{т.р.}} = 6,59 + 3,65 = 10,24 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об.}} = A_{\text{об.}} + P_{\text{т.р.}} = 5,40 + 8,59 = 13,99 \text{ руб.}$$

где $A_{\text{об}}$ - амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{\text{т.р}}$ - затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

а) амортизационные отчисления на оборудование:

$$A_{\text{об}} = \frac{\Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot N_{\text{а об}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot k_{\text{в.н}} \cdot 60} = \frac{81490 \cdot 20 \cdot 97,62}{3654,72 \cdot 100 \cdot 1,1 \cdot 60} = 6,59 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{об}} = \frac{\Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot N_{\text{а об}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot k_{\text{в.н}} \cdot 60} = \frac{223700 \cdot 20 \cdot 29,14}{3654,72 \cdot 100 \cdot 1,1 \cdot 60} = 5,40 \text{ руб.}$$

где $\Pi_{\text{об}}$ - цена единицы технологического оборудования, руб.;

$N_{\text{а}}$ - норма амортизационных отчислений на технологическое оборудование;

$k_{\text{в.н}}$ - коэффициент выполнения норм = 1,1.

б) затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{т.р.}} = \frac{\Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot N_{\text{т.р}} \cdot k_3}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} = \frac{81490 \cdot 24 \cdot 0,683}{3654,72 \cdot 100} = 3,65 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{т.р.}} = \frac{\sum C_{\text{об}} \cdot N_{\text{т.р}} \cdot k_3}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} = \frac{223700 \cdot 24 \cdot 0,585}{3654,72 \cdot 100} = 8,59 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{об}}$ - цена единицы технологического оборудования, руб.;

$N_{\text{т.р.}}$ - норма отчислений на текущий ремонт оборудования, принимаем = 24%;

k_3 - коэффициент загрузки оборудования.

5.5. Затраты на содержание и эксплуатацию сборочно-сварочных приспособлений и рабочего инструмента

Затраты на содержание и эксплуатацию сборочно-сварочных приспособлений как элемента основных фондов предприятия рассчитываем только в том случае, если срок их службы составляет не менее 1 года.

$$Z_{\text{присп.}} = \frac{\sum C_{\text{присп.}} \cdot N_{\text{а присп.}} \cdot k_3}{100 \cdot T_{\text{присп.}} \cdot N_{\text{пр}}} = \frac{78900 \cdot 15 \cdot 0,683}{100 \cdot 8 \cdot 10000} = 0,10 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{присп.}} = \frac{\sum C_{\text{присп.}} \cdot N_{\text{а присп.}} \cdot k_3}{100 \cdot T_{\text{присп.}} \cdot N_{\text{пр}}} = \frac{78900 \cdot 15 \cdot 0,585}{100 \cdot 8 \cdot 10000} = 0,08 \text{ руб.}$$

где: $C_{\text{присп}}$ - цена используемых сборочно-сварочных приспособлений, руб.;

$N_{\text{а присп.}}$ - норма амортизационных отчислений на приспособления, %;

$T_{\text{присп}}$ - срок службы приспособлений, лет.

Затраты на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента как элемента основных фондов предприятия рассчитываем только в том случае, если срок его службы составляет не менее 1 года.

$$Z_{\text{инстр.}} = \frac{C_{\text{инстр.}} \cdot N_{\text{а инстр.}} \cdot t_{\text{шт}}}{100 \cdot T_{\text{инстр.}} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot 60} = \frac{3500 \cdot 17 \cdot 97,62}{100 \cdot 2 \cdot 3654,72 \cdot 60} = 0,13 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{инстр.}} = \frac{C_{\text{инстр.}} \cdot N_{\text{инстр.}} \cdot t_{\text{шт}}}{100 \cdot T_{\text{инстр.}} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot 60} = \frac{3500 \cdot 17 \cdot 29,14}{100 \cdot 2 \cdot 3654,72 \cdot 60} = 0,03 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{инстр}}$ - суммарная цена используемого инструмента, руб.;

$N_{\text{инстр.}}$ - норма амортизационных отчислений на рабочий инструмент, %;

$T_{\text{инстр}}$ - срок службы инструмента, часов.

5.6. Затраты на содержание и эксплуатацию

производственных площадей

$$Z_{\text{пл.}} = \frac{S_{\text{пл.}} \cdot C_{\text{пл.}} \cdot N_{\text{пл.}} \cdot k_{\text{д.пл.}} \cdot k_3}{100 \cdot N_{\text{пр}}} = \frac{30 \cdot 4500 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,683}{100 \cdot 10000} = 5,53$$

$$Z_{\text{пл.}} = \frac{S_{\text{пл.}} \cdot C_{\text{пл.}} \cdot N_{\text{пл.}} \cdot k_{\text{д.пл.}} \cdot k_3}{100 \cdot N_{\text{пр}}} = \frac{30 \cdot 4500 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,585}{100 \cdot 10000} = 4,73$$

где $S_{\text{пл.}}$ - производственная площадь, занимаемая оборудованием, м²;

$C_{\text{пл.}}$ - цена 1 м² занимаемой производственной площади;

$N_{\text{пл.}}$ - норма амортизационных отчислений на производственные площади;

$k_{\text{доп.пл.}}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь.

5.7. Затраты на заработную плату основных производственных

рабочих с отчислениями на социальные нужды

Фонд заработной платы основных производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы.

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн.} + ЗПЛ_{доп.} = 274,5 + 32,94 = 307,44 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн.} + ЗПЛ_{доп.} = 137,25 + 13,72 = 150,97 \text{ руб.}$$

а) основная заработная плата определяется по формуле:

$$ЗПЛ_{осн.} = C_{ч} \cdot t_{шт} \cdot k_{зпл} = 150 \cdot 1 \cdot 1,83 = 274,5 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{осн.} = C_{ч} \cdot t_{шт} \cdot k_{зпл} = 150 \cdot 0,5 \cdot 1,83 = 137,25 \text{ руб.}$$

где $C_{ч}$ - часовая тарифная ставка рабочего, руб./час;

$t_{шт}$ - время изготовления одного изделия, (час);

$k_{зпл}$ - коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{зпл} = k_{пр} \cdot k_{вн} \cdot k_{у} \cdot k_{пф} \cdot k_{н} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,067 \cdot 1,133 = 1,83$$

где $k_{пр} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{в.н} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{у} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{н} = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

б) дополнительная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле:

$$ЗПЛ_{доп.} = \frac{k_{д}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн.} = \frac{12}{100} \cdot 274,5 = 32,94 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп.} = \frac{k_{д}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн.} = \frac{10}{100} \cdot 137,25 = 13,72 \text{ руб.}$$

где $k_{д}$ – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой, %.

в) отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{N_{\text{соц.}} \cdot \Phi\text{ЗП}}{100} = \frac{36,6 \cdot 307,44}{100} = 112,52 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{N_{\text{соц.}} \cdot \Phi\text{ЗП}}{100} = \frac{36,6 \cdot 150,97}{100} = 55,25 \text{ руб.}$$

где $N_{\text{соц}}$ – норма отчислений на социальные нужды = 36,6%.

5.8. Технологическая себестоимость изготовления изделия

Рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{тех.}} = 3\text{М} + 3_{\text{э-э}} + 3_{\text{об.}} + 3_{\text{площ.}} + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{с.н.}} = \\ = 1144,8 + 66 + 10,24 + 5,53 + 307,44 + 112,52 = 1646,53$$

$$C_{\text{тех.}} = 3\text{М} + 3_{\text{э-э}} + 3_{\text{об.}} + 3_{\text{площ.}} + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{с.н.}} = \\ = 1160,95 + 13,62 + 13,99 + 4,73 + 150,97 + 55,25 = 1399,51$$

5.9. Цеховая себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{цех.}} = C_{\text{тех.}} + P_{\text{цех.}} = 1646,53 + 686,25 = 2332,78 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цех.}} = C_{\text{тех.}} + P_{\text{цех.}} = 1399,51 + 343,125 = 1742,63 \text{ руб.}$$

где $P_{\text{цех}}$ – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.

Цеховые (общепроизводственные) расходы относятся к косвенным затратам на изготовление продукции, это накладные расходы по управлению цехом и его обслуживанию.

$$P_{\text{цех.}} = k_{\text{цех.}} \cdot 3\text{ПЛ}_{\text{осн.}} = 2,5 \cdot 274,5 = 686,25 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{цех.}} = k_{\text{цех.}} \cdot 3\text{ПЛ}_{\text{осн.}} = 2,5 \cdot 137,25 = 343,125 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{цех}}$ - коэффициент общепроизводственных расходов, принимаем = 2,5.

5.10. Производственная (общезаводская) себестоимость

изготовления изделия

$$C_{\text{произв.}} = C_{\text{цех.}} + P_{\text{произв.}} - 3M_{\text{осн.}} = 2332,78 + 494,1 - 192,8 = 2634,08$$

руб.

$$C_{\text{произв.}} = C_{\text{цех.}} + P_{\text{произв.}} - 3M_{\text{осн.}} = 1742,63 + 247,05 - 208,95 = 1780,73$$

руб.

где $P_{\text{произв}}$ - общехозяйственные (общезаводские) расходы, руб.

Общехозяйственные (общезаводские) расходы относятся к косвенным затратам на изготовление продукции, это накладные расходы по управлению производством продукции на предприятии и обслуживанию предприятия.

$$P_{\text{произв.}} = k_{\text{произв.}} \cdot 3ПЛ_{\text{осн.}} = 1,8 \cdot 274,5 = 494,1 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{произв.}} = k_{\text{произв.}} \cdot 3ПЛ_{\text{осн.}} = 1,8 \cdot 137,25 = 247,05 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{произв}}$ - коэффициент общехозяйственных расходов, принимаем = 1,8.

Если рассматриваемое изделие представляет собой узел, который входит в состав более крупного изделия, расчет себестоимости заканчиваем производственной себестоимостью.

5.12. Составление калькуляции себестоимости изделия

На основании произведенных расчетов составляем калькуляцию себестоимости изделия.

В процессе калькулирования все издержки производства группируем по статьям затрат.

Таблица 5.4 – Структура себестоимости

Наименование статей затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на вспомогательные материалы:	192,8	208,85
- электроды/сварочная проволока	192,8	202,35
- защитный газ		6,5
Затраты на электрическую энергию	66	13,62
Затраты на содержание и эксплуатацию:		
- технологического оборудования	10,24	12,21
- сборочно-сварочных приспособлений	0,10	0,08
- рабочего инструмента	0,13	0,03
- производственных площадей	5,53	4,73
Затраты на основную заработную плату основных производственных рабочих	274,5	137,25
Затраты на дополнительную заработную плату основных производственных рабочих	32,94	13,72
Отчисления на социальные нужды	112,52	55,25
Технологическая себестоимость изделия	1646,53	1399,51
Общепроизводственные (цеховые) расходы	686,25	343,125
Цеховая себестоимость изделия	2332,78	1742,63
Общехозяйственные (общезаводские) расходы	494,1	247,05
Производственная себестоимость изделия	2634,08	1780,73

$$\Delta C_{\text{ПОЛН.}} = \frac{C_{\text{баз. произв.}} - C_{\text{проект. произв.}}}{C_{\text{баз. произв.}}} \cdot 100\% = \frac{3553,37 - 1774,9}{3553,37} \cdot 100\% = 50\% ;$$

где $C_{\text{ПОЛН. баз}}$ - полная себестоимость изделия по базовому варианту, руб.;

$C_{\text{ПОЛН. пр}}$ - полная себестоимость изделия по проектному варианту, руб.

6. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМОГО ПРОЕКТА

6.1 Годовой экономический эффект

от внедрения в технологический процесс нового оборудования

Рассчитываем по формуле:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{год} &= [(C_{\text{произв.}}^{\text{баз}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}^{\text{баз}}) - (C_{\text{произв.}}^{\text{пр}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}^{\text{пр}})] \cdot N_z = \\ &= [(3927,83 + 0,33 \cdot 14,40) - (2095,42 + 0,33 \cdot 25,78)] \cdot 10000 = 18286460 \\ &\text{руб.}\end{aligned}$$

где E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности. В сварочном производстве $E_n = 0,33$;

$C_{\text{полн}}^{\text{баз}}$ и $C_{\text{полн}}^{\text{пр}}$ – полная себестоимость продукции (базовая и проектная), т.е. до и после внедрения нового оборудования, руб.

6.2 Расчет ожидаемой прибыли от снижения себестоимости изготовления продукции

Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости продукции (условно-годовая экономия) рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned}Pr_{ож} = \mathcal{E}_{э.г.} &= (C_{\text{полн}}^{\text{баз}} - C_{\text{полн}}^{\text{пр}}) \cdot N_z = \\ &= (3553,37 - 1774,42) \cdot 10000 = 17784700 \text{руб.}\end{aligned}$$

6.3 Срок окупаемости капитальных вложений

Срок окупаемости капитальных вложений рассчитывается в том случае, если выполняется неравенство:

$$K_{\text{уд}}^{\text{баз}} < K_{\text{уд}}^{\text{пр}}, \text{ (т.е. проектный вариант является более капиталоемким).}$$

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}^{np}}{Pr_{чист}} = \frac{257803,06}{13926316} = 1 \text{ год.}$$

Расчетный срок окупаемости ($T_{ок}$) округляем до ближайшего бóльшего целого числа (при малых значениях до 0,5) и получаем принятый срок окупаемости, который в дальнейшем будем рассматривать как горизонт расчета окупаемости капитальных вложений.

В машиностроении $T_{ок}$ не должно превышать 4 года, в противном случае, мероприятие по внедрению новой техники (нового оборудования) считается неэффективным.

Эффективность затраченных на внедряемое мероприятие средств можно определить, рассчитав коэффициент сравнительной экономической эффективности (E_{cp}).

Данный коэффициент является величиной обратной сроку окупаемости капитальных вложений:

$$E_{cp} = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{1} = 1$$

Выполняется неравенство $E_{cp} > E_n$, следовательно внедряемое мероприятие эффективно.

7. РАСЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТРУДОЁМКОСТИ И ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ПРОЕКТНОМ ВАРИАНТЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Проведенные расчеты показали, что изменение технологического процесса сварки изделия привело к снижению трудоемкости выполнения работ. Для определения эффективности более производительного процесса необходимо определить величину снижения трудоемкости ($\Delta t_{шт}$).

Расчет производим по формуле:

$$\Delta t_{шт.} = \frac{t_{шт.}^{баз} - t_{шт.}^{пр}}{t_{шт.}^{баз}} \cdot 100\% = \frac{97,62 - 29,14}{97,62} \cdot 100\% = 70,14\%$$

где $t_{шт.}^{баз}$ – штучное время изготовления изделия по базовому варианту, мин;

$t_{шт.}^{пр}$ – штучное время изготовления изделия по проектному варианту, мин.

Перечислить все причины, по которым происходит снижение трудоемкости изготовления данного изделия.

При снижении трудоемкости изготовления изделия на некоторую величину, обязательно происходит повышение уровня производительности труда на несколько большую величину, поскольку трудоемкость изготовления продукции и уровень производительности труда являются величинами обратными, но не пропорциональными.

Поэтому, исходя из значения величины снижения трудоемкости изготовления изделия, рассчитываем повышение производительности труда ($\Delta ПТ$):

$$\Delta ПТ = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} (\%) = \frac{100 \cdot (70,14)}{100 - 70,4} = 236,9\%$$

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ:

Замена технологии сварки фланца с трубой позволило снизить себестоимость техпроцесса на 50%, снизить трудоемкость на 70,14% и повысить производительность на 236,9%. Чистая прибыль от снижения себестоимости составила 13926316 руб., и годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования составил 17747126 руб. Срок окупаемости капитальных вложений в новое оборудование составляет 1 год. Коэффициент сравнительной экономической эффективности больше нормативного, значит мероприятие эффективно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Приведен анализ способов сварки для изготовления стыкового соединения фланца с трубой, из которого выбрали автоматическую сварку в среде CO₂, потому - что мы увеличим производительность за счет увеличения скорости сварки. Так же мы уменьшим трудоемкость за счет автоматизации процесса сварки, снижения доли ручного труда.

2. Выбрано оборудование для сборки и сварки фланца с трубой

3. Разработано технологический процесс изготовления стыкового соединения фланца с трубой.

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта, разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности

5. Замена технологии сварки фланца с трубой позволило снизить себестоимость техпроцесса на 50%, снизить трудоемкость на 70,14% и повысить производительность на 236,9%. Чистая прибыль от снижения себестоимости составила 13926316 руб., и годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования составил 17747126 руб. Срок окупаемости капитальных вложений в новое оборудование составляет 1 год. Коэффициент сравнительной экономической эффективности больше нормативного, значит мероприятие эффективно.

Библиографический список

1. Ельцов В.В. Сварка плавлением металлических конструкционных материалов: Уч учеб. пособие. – Тольятти, ТГУ, 2007 – 192с.
2. Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов. – Тольятти: ТГУ, 2002. – 280с.
3. Козулин М.Г. Конструирование приспособлений для сварочного производства: учеб. пособие. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 81с.
4. Оботуров В.И. Сварка стальных трубопроводов. – М.: Стройиздат, 1991. -287с.
5. Краснопевцева И.В. Экономическая часть дипломного проекта: учебно-метод. пособие для студентов 3-го курса очной формы обучения специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / И.В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 39 с.
6. приказ № 134 от 20.01.2009 «Методические указанияк разработке учебно-методических комплексов по специальностям (направлениям), дисциплинам и изданию их элементов.
- 7.СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 « Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»Введ. 30 марта 1999 года № 52-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1999, № 14, ст.1650)
8. Резникова Ф.А. Быстро и легко осваиваем работу на компьютере. Издание одиннадцатое 2004г. 448 с.
- 9.Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста [Текст] учеб.метод. пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова – Тольятти, 2012, – С.135
10. Краснопевцева И.В Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта [Текст] / И.В.Краснопевцева – Тольятти, 2015, – С.21

11.ГОСТ 7.83–2001 «Электронные издания.Основные виды и выходные сведения»

12. Горина Л.Н Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Текст] уч.-метод. пособие. / Л.Н Горина., М.И. Фесина- Тольятти, 2016, – 36с.

13. ГОСТ 12.0.003-74. (СТ СЭВ 790-77) Опасные и вредные производственные факторы [Текст]. - Введ 1976-01-05.- М. : Межгосударственный стандарт, 1974-ХІ, Переиздание (сентябрь 1999 г.) с Изменением № 1, утвержденным в октябре 1978 г.,3с.

14.Нормативный документ «Порядок производства электронных учебных изданий». Тольяттинский Государственный Университет 2014 г.

15.ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 18 ноября 1974 г. № 2551. Введ01.01.76

16. Соловьева Л.Ф.. Компьютерные технологии для учителя. – СПб.: БХВ-Петербург, 1. 2003. – 160 с.

17.Колачев Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов [Текст] / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. – М.: МИСИС, 1999. – С.415

18.Конструкционные материалы [Текст]: Справочник / Б.Н. Арзамасов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – С.688

19.Справочник по пайке [Текст] / И.Е. Петрунин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – С.480

20.ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения [Текст]. -Введ. 1982-01-07.- М. : Государственный комитет по стандартам, 1981-VII, 11с.