

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные  
процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему «Технология присоединения отводов к трубопроводам под давлением»

Студент	Л.С.Копп	<hr/>	
	(И.О. Фамилия)		(личная подпись)
Руководитель	К.В.Моторин	<hr/>	
	(И.О. Фамилия)		(личная подпись)
Консультанты	В.Г.Виткалов	<hr/>	
	(И.О. Фамилия)		(личная подпись)
	И.В. Краснопевцева	<hr/>	
	(И.О. Фамилия)		(личная подпись)
	А.Н. Москалюк	<hr/>	
	(И.О. Фамилия)		(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов \_\_\_\_\_  
(личная подпись) (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## Аннотация

Бакалаврская работа имеет 6 чертежей формата А1 и пояснительную записку на 65 страницах и содержит 37 иллюстраций, 24 таблиц, 34 формул.

В работе рассмотрена приварка патрубка к действующему газопроводу. В базовом варианте рассматривается технология приварки патрубка ручной дуговой сварки, что имеет низкую производительность. Целью выпускной работы является увеличение производительности. В первой главе проведен анализ базового варианта и рассмотрены возможные способы приварки патрубка к основной трубе.

В ходе решения задач ВКР было предложено использовать сварку разветвленной дугой, подобрано соответствующее сварочное оборудование, выбрано известное оборудование и разработан технологический процесс сварки патрубка.

Расчет экономической целесообразности показал, что эффект от применения предложенной технологии в год составит 3 701 344 руб., производительность процесса повышается на 39%.

Кроме того, предложенный способ сварки снижает вероятность прожога основной трубы, что важно при ведении работ на объектах газопровода.

СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ базовой технологии и возможных способов присоединения отводов к трубопроводам	6
1.1 Применяемый технологический процесс	7
1.2 Свойства и свариваемость основного материала Сталь 20	13
1.3 Применяемые сварочные электроды	15
1.4 Применяемое оборудование	17
1.5 Известные способы сварки	21
1.6 Сущность способа сварки разветвлённой дугой	25
2 Технологический процесс врезки в магистральный трубопровод под давлением	29
2.1 Входной контроль	29
2.2 Подготовка кромок	31
2.3 Сборка патрубка на прихватках	31
2.4 Сварка	32
2.5 Зачистка швов	33
2.6 Контроль шва	34
3 Выбор оборудования и материалов для сварки разветвлённой дугой	35
4 Безопасность и экология технического объекта	42
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика разработки	42
4.2 Сравнение опасностей объекта	44
4.3 Средства и оборудование для снижения опасностей процесса	46
4.4 Анализ пожарной и техногенной опасности предложенного процесса	47
4.5 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	48

5 Организационно – экономическое обоснование бакалаврской работы	51
5.1 Сравнение двух вариантов	51
5.2 Штучное время операций предложенного процесса	52
5.3 Капитальные вложения в оборудование	52
5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов	54
5.5 Расчет экономической эффективности	59
5.6 Срок окупаемости капитальных вложений	60
5.7 Снижение трудоемкости изготовления изделия	60
5.8 Повышение производительности труда	60
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>62</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>63</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Часто встречается, что необходимо выполнить врезку в действующий газопровод. Это вызывает опасность при проведении соответствующих сварочных работ. Отключение газопровода является нецелесообразным с экономической стороны. В связи с чем, были разработаны ряд нормативных руководящих документов по безопасному и качественному выполнению данных работ, утвержденных Газпром [1]. Поэтому сварщику приходится выполнять работу на трубопроводе находящемся под давлением.

Применение известного оборудования и приспособлений не достаточно для врезки патрубков в действующие магистральные трубопроводы, т.к. не обеспечивает безопасной работы сварщика. В базовом технологическом процессе, по стандартам Газпром, сварка производится вручную покрытыми электродами. В этом случае требуется очень высокая квалификация сварщика, который способен обеспечить регулируемое тепловложение от источника нагрева таким образом, чтобы обеспечить безопасное проплавление металла патрубка и основной трубы, не повредив основную магистраль. Малейшая ошибка электросварщика приведет к аварийной ситуации и серьезным последствиям. При этом, сварку необходимо выполнять маленькими слоями. Поэтому, количество слоев, при больших толщинах стенки трубы получается достаточно много. Это повышает трудоемкость и снижает производительность.

На основании вышеизложенного сформулирована цель бакалаврской работы - повышение производительности и снижение опасности проведения работ по врезке патрубков в действующие магистральные трубопроводы под давлением.

# 1 Анализ базовой технологии и возможных способов присоединения отводов к трубопроводам

В начале работы рассмотрим известную базовую технологию приварки патрубка к действующему трубопроводу, согласно нормативным документам Газпром.

В данной работе описана технология проведения работ на стальных трубах, изготовленных прямошовным и спиральным способом из малоуглеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности до 60 кгс/мм<sup>2</sup>, для диаметров трубы 530 мм, толщиной стенки 8 мм, с давлением среды от 1,2 МПа до 9,8 МПа, в том числе находящиеся в эксплуатации и передающие газы, а также газовый конденсат или другие углеводороды. Рассматриваются магистральные и различные технологические трубопроводы, соединяющие компрессорные или насосные станции или другие перерабатывающие заводы.

Существует стандарт: «Стандарт организации документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром», инструкция по технологии производства работ на газопроводах врезкой под давлением» (СТО Газпром 2-2.3-116-2007). Он описывает основные требования, обязательные к выполнению всеми организациями, выполняющими различные работы по изготовлению, ремонту, монтажу или реконструкции газопроводов.

При проектировании и выполнении работ при врезке в действующие трубопроводы необходимо также руководствоваться следующими стандартами:

ГОСТ 12.4.010-75 Система стандартов безопасности труда.

ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.

ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные.

Радиографический метод

ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые

ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 20295-88 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия

СТО Газпром 14-2005 Типовая инструкция по безопасному ведению огневых работ на газовых объектах ОАО «Газпром»

### 1.1 Применяемый технологический процесс

На рисунке 1.1 представлен основной вид свариваемой детали.

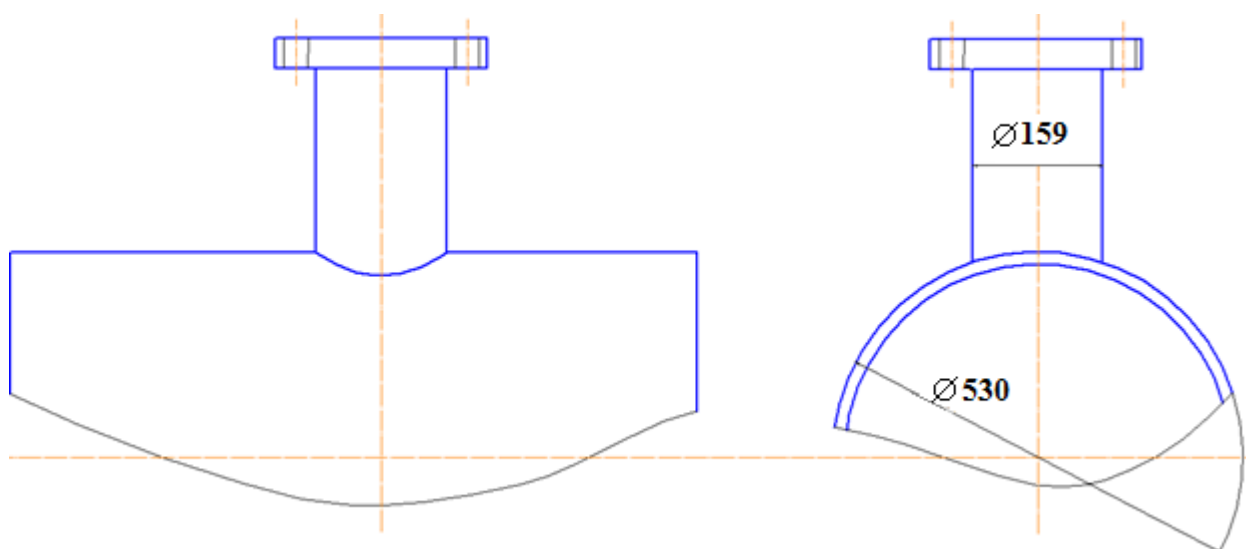


Рисунок 1.1 – Схема варки патрубка

Диаметр основной магистрали газопровода составляет 530мм с толщиной стенки 8 мм. Марка стали трубы - Сталь20.

Диаметр патрубка – 159 мм, с толщиной стенки 10 мм. С одной стороны патрубка заранее приварен фланец. Марка стали патрубка и фланца – Сталь20.

Седловидный вырез на патрубке делается таким образом, что бы при сборке величина зазора между патрубком и основной трубой не превышала более 2 мм (рис. 1.2). Конструктивные элементы разделки кромок и сварного шва регламентированы ГОСТ 16037-80. Отклонения от нормативов ГОСТа не допускаются.

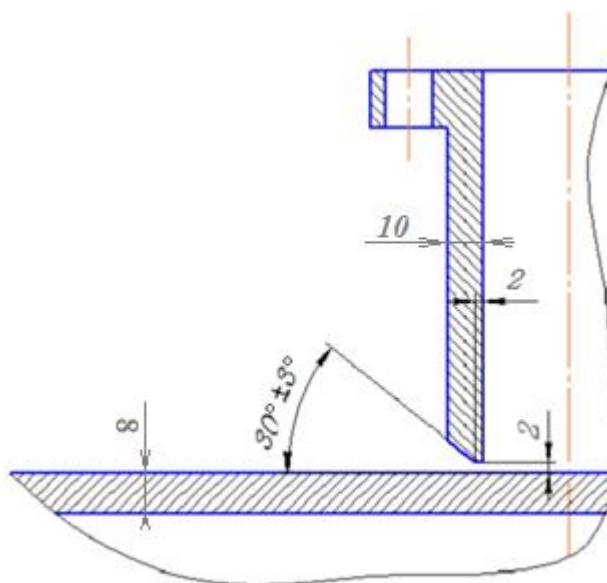


Рисунок 1.2 – Подготовка кромок для сварки

Кромки торца патрубка подготавливаются согласно ГОСТ 16037-80. Угол скоса кромок составляет от 30 до 33 градусов, притупление 1,0 – 2,0 мм (рис. 1.2). Установка осуществляется на действующий трубопровод, на прихватках. Количество прихваток – четыре в диаметрально противоположных точках. Высота прихваток – не более 0,2% от толщины стенки, но не менее 2,0 мм; длина прихваток от 30 до 50 мм [ГОСТ 16037-85].

Прихватки выполняются электродами с основным покрытием, диаметром 2,6 мм и на тех же режимах, что производится сварка корневого слоя.



После сборки необходимо проверить соосность и перпендикулярность собранного соединения используя приспособление типа УШС-3.

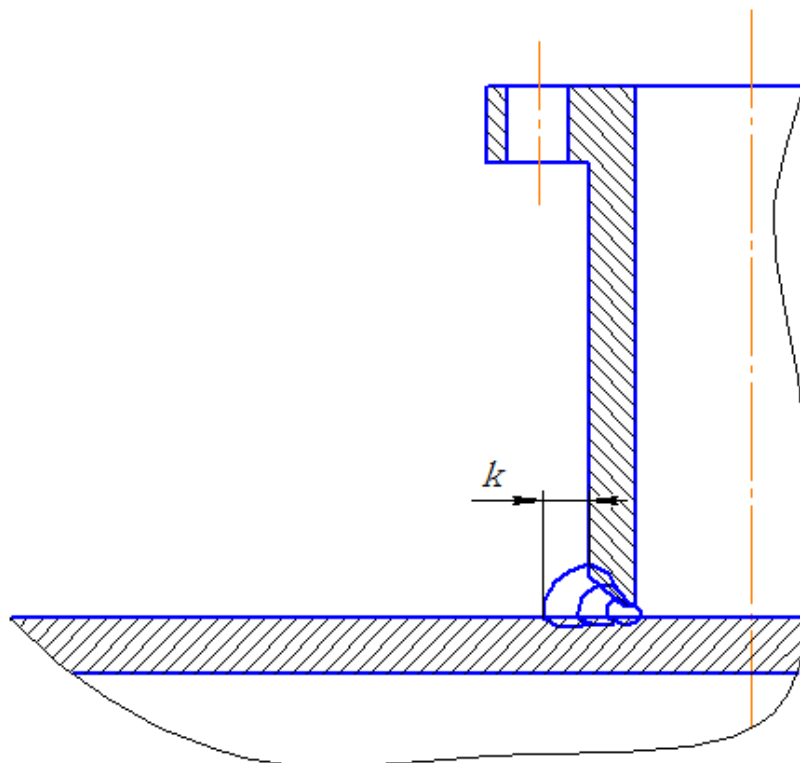
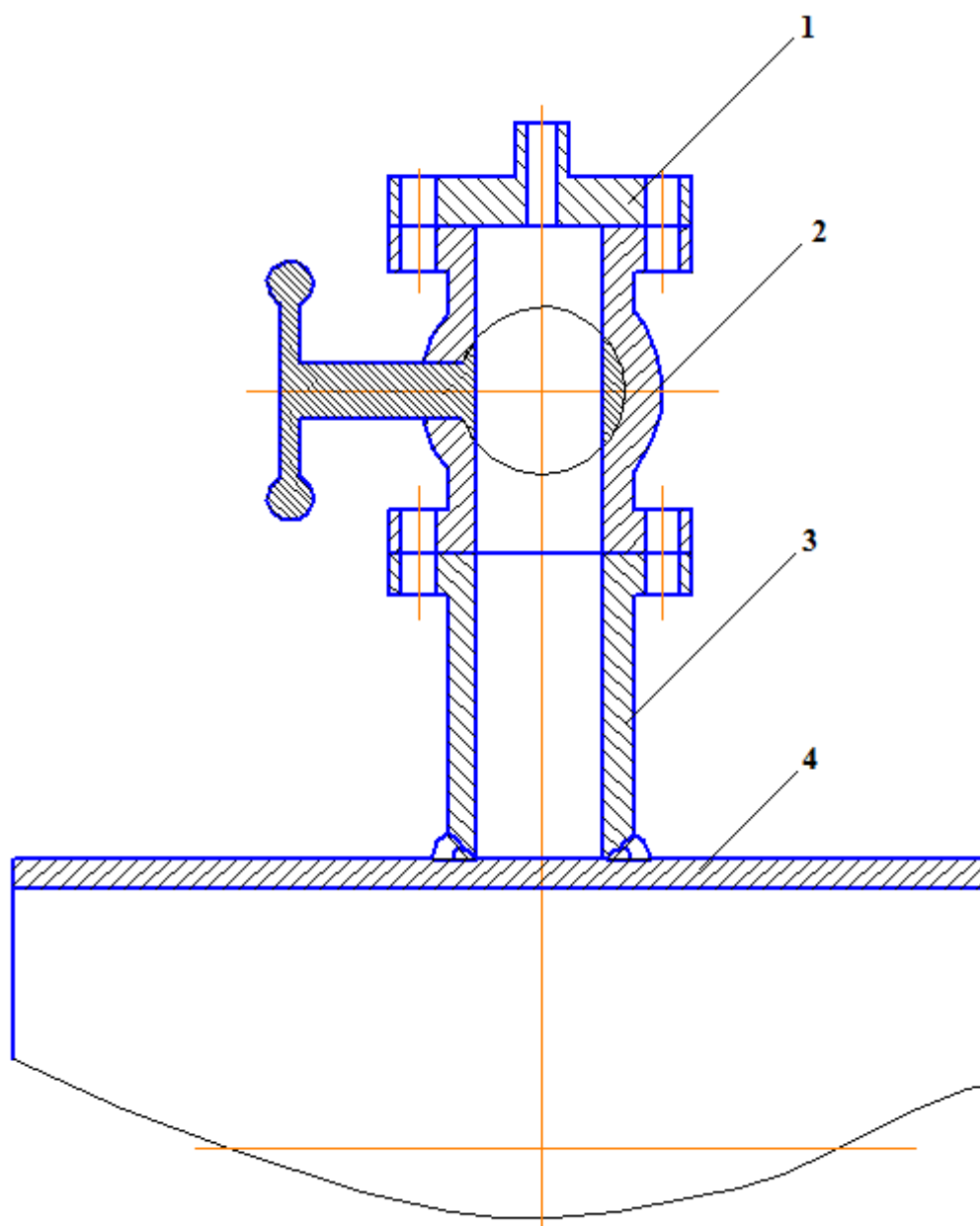


Рисунок 1.3 – Схема сварного соединения

Сварное соединение для данного изделия регламентируется требованиями Газпрома и выполняется в три слоя (корневой, заполняющий и облицовочный) (рис. 1.3). Сварка выполняется электродами с основным видом покрытия марки LB 52U (ЛБ 52 У), корневой шов диаметром 2,6 мм, сила тока от 60 до 90 А. После сварки корневого слоя, шов зачищается от шлака, а околошовная зона от брызг металла. Сварка заполняющего и облицовочного шва выполняются электродами диаметром 3,2 мм, при силе сварочного тока от 80 до 130 А. После выполнения всех слоев сварки, шов так же зачищается от шлака, а околошовная зона от брызг металла.



1 – заглушка фланцевая со штуцером; 2- запорная арматура;

3 – патрубок с фланцем; 4 – основная труба

Рисунок 1.4 – Установка задвижки на трубе

После приварки патрубка и проведения соответствующего контроля качества сварного шва, выполняется фланцевое соединение запорного шарового крана (рис.1.4). После приварки патрубка, устанавливается запорная арматура. В данном случае, шаровый кран, который должен обеспечить герметичное соединение. Для этого, необходимо провести контроль на качество соединения фланцев и запорного крана на

герметичность. Дополнительно установив фланцевую заглушку со штуцером, через который будет закачен воздух под давлением.

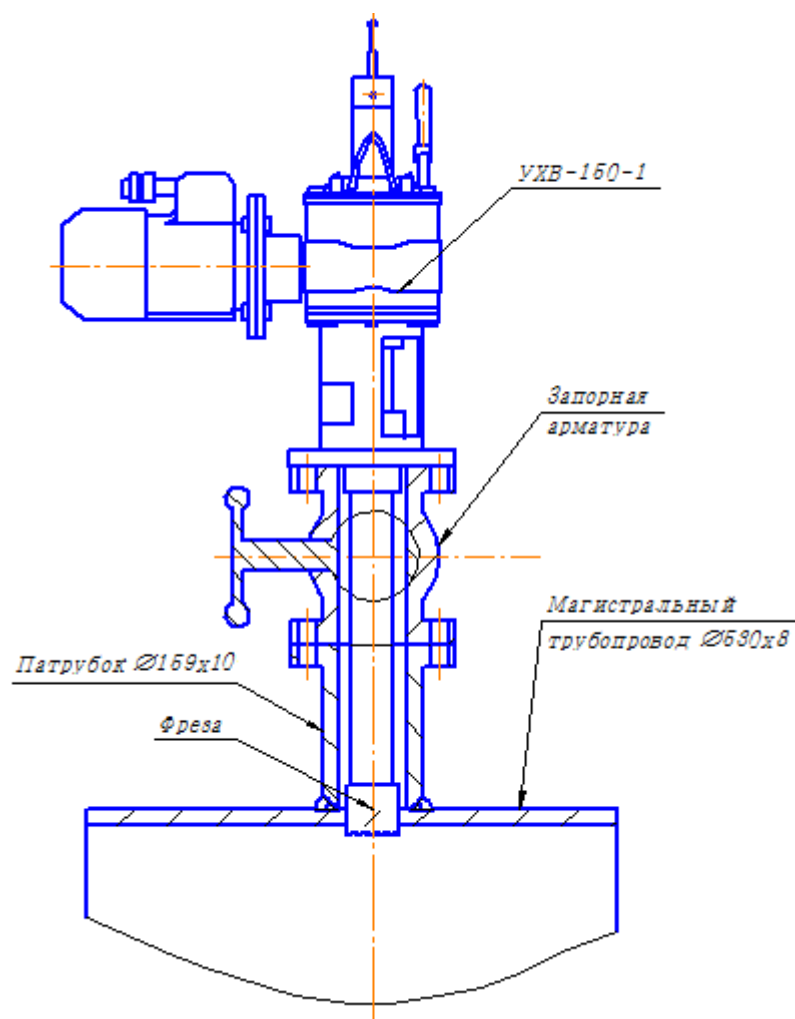


Рисунок 1.5 - Установка типа УХВ-150- 1 для фрезерования отверстия

Далее, с помощью специальной установки, типа УХВ-150-1, которая крепится на фланец запорного крана, производится фрезерование отверстия в основной трубе (рис.1.5). Оборудование УХВ-150-1 должно обеспечить герметичность соединения. После выхода фрезы, закрыть запорный кран, убедиться, что нет утечки газа. Далее, спустить остаточное давление в приборе, и, отсоединить прибор (рис.1.6).

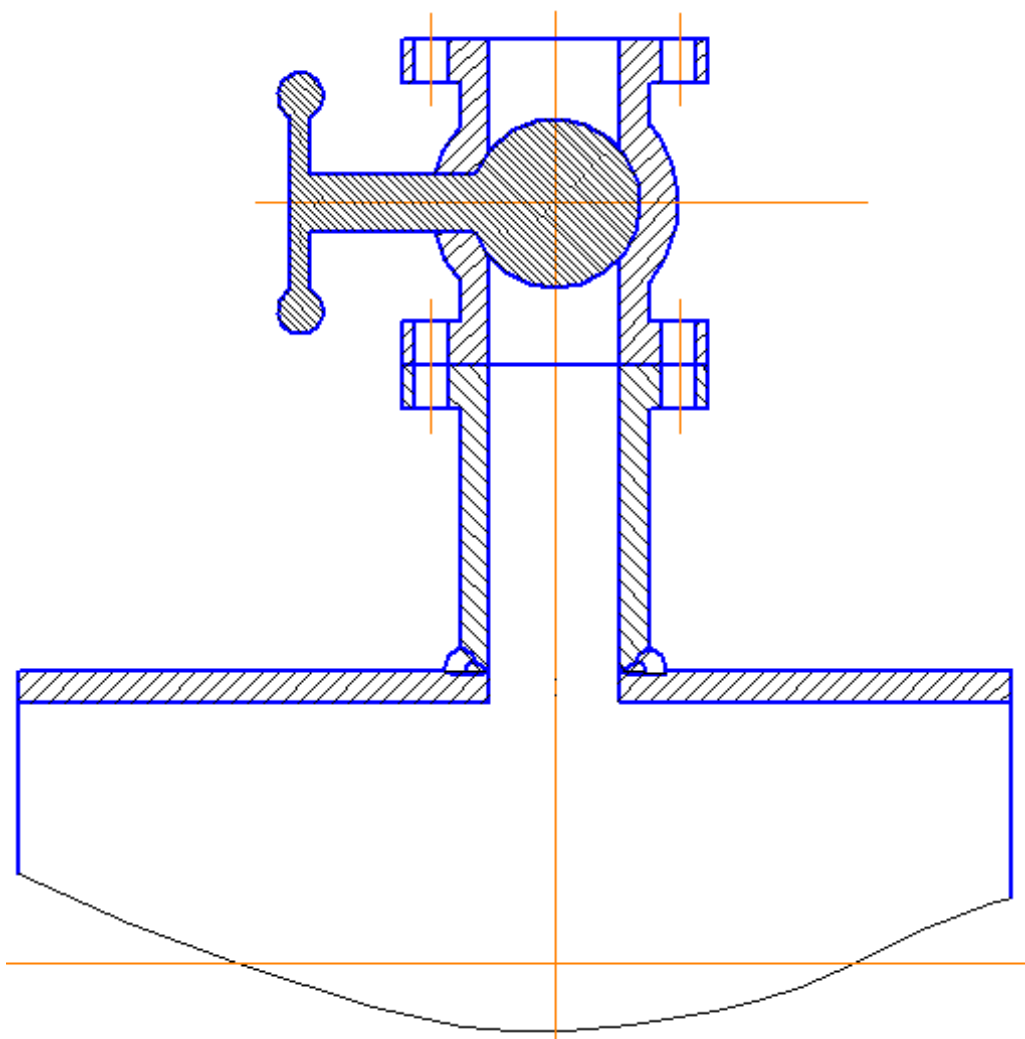


Рисунок 1.6 - Вид готовой конструкции

Анализ базовой технологии приварки патрубка к действующему газопроводу показал следующие недостатки процесса:

- из-за высокой концентрации теплового потока при ручной дуговой сварке покрытыми электродами, возникает вероятность прожога трубы основной магистрали газопровода. Вследствие этого, предъявляются высокие требования к квалификации сварочного персонала.
- вследствие технологических особенностей сварки покрытыми электродами, предъявляются высокие требования к охране труда. В результате, снижается производительность процесса.

## 1.2 Свойства и свариваемость основного материала Сталь 20

Химический состав сплава Сталь 20 представлен в (табл. 1.1), механические свойства (табл.1.2), физические свойства материала (табл. 1.3), технологические свойства (табл. 1.4) [15].

Таблица 1.1 - Химический состав Сталь 20

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0. 17 - 0.24	0.17 - 0.37	0.35 - 0.65	до 0.25	до 0.04	до 0.04	до 0.25	до 0.25	до 0.08

Таблица 1.2 - Механические свойства Сталь 20

Сортамент	Размер	Напр.	$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	KCU	Термообр.
-	Мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	-
Труба, лист	до 80	Прод.	420	250	25	55		Нормализация
Пруток		Прод.	480	270	30	62	1450	Отжиг 880 - 900°C,
Пруток		Прод.	510	320	30.7	67	1000	Нормализация 880 - 920°C,
Твердость материала 20 после отжига ,							HV 10 <sup>-1</sup> = 163 МПа	
Твердость материала 20 калиброванного нагартованного,							HV 10 <sup>-1</sup> = 207 МПа	

Таблица 1.3 - Свойства Сталь 20

Т	$E \cdot 10^{-5}$	$\alpha \cdot 10^6$	$\lambda$	$\rho$	С	$R \cdot 10^9$
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м <sup>3</sup>	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2.13		52	7859		
100	2.03	11.6	50.6	7834	486	219
200	1.99	12.6	48.6	7803	498	292
300	1.9	13.1	46.2	7770	514	381
400	1.82	13.6	42.8	7736	533	487
500	1.72	14.1	39.1	7699	555	601
600	1.6	14.6	35.8	7659	584	758
700		14.8	32	7617	636	925
800		12.9		7624	703	1094
900				7600	703	1135
1000					695	
Т	$E \cdot 10^{-5}$	$\alpha \cdot 10^6$	$\lambda$	$\rho$	С	$R \cdot 10^9$

Для предварительной оценки свариваемости низколегированных сталей иногда прибегают к подсчету эквивалента углерода по химическому составу стали по следующей эмпирической формуле:

$$C_{\text{э}} = C + Mn / 20 + Ni / 15 + (Cr + Mo + V) / 10, \quad (1.1)$$

где символы элементов означает процентное содержание их в стали. Если средний эквивалент углерода получается менее 0,45, то эти стали свариваются удовлетворительно, а если эквивалент получится больше 0,45, то необходимо строго соблюдать параметры режима и требуется предварительный или последующий подогрев.

Такой способ расчета свариваемости по эквиваленту углерода считается ориентировочным.

$$C_{\text{э}} = 0,20 + 0,40 / 20 + 0,25 / 15 + 0,25 / 10 = 0,2 + 0,02 + 0,02 + 0,03 = 0,29\%$$

(1.2)

Следовательно, данная сталь имеет удовлетворительную свариваемость.

### 1.3 Применяемые сварочные электроды

Электроды LB 52U могут быть применены для сварки труб из сталей прочностных классов от К54 до К60 включительно. Эти марки электродов LB-52U должны быть перед использованием аттестованы НАКС (Национальной Ассоциацией Контроля Сварки) и после этого рекомендованы ВНИИСТом для использования при строительстве и реконструкции магистральных и технологических трубопроводов [14].

Такие сварочные электроды относятся к низководородной группе с покрытием основного типа. Они позволяют получить отличное качество сварного шва или наплавленного валика. Чешуйчатость корневого шва формируется с малыми отклонениями и позволяет производить сварку с одной стороны шва. Полученные швы имеют высокую ударную вязкость, стойкость к образованию трещин, при очень хорошей устойчивости сварочной дуги.

Таблица 1.4-Рекомендации по использованию

Диаметр электрода, мм	Для сварки труб класса до К54 (до 530 Н/мм <sup>2</sup> ) включительно	Для сварки труб класса от К55 до К60 (до 580 Н/мм <sup>2</sup> ) включительно
2.6	корневой, заполняющий и облицовочный слои сварочного шва	корневой слой сварочного шва
3.2	корневой, подварочный, заполняющий и облицовочный слои сварочного шва	корневой и подварочный слои сварочного шва
4.0	подварочный, заполняющий и облицовочный слои сварочного шва	подварочный слой сварочного шва

Режим прокали: 300 - 350°С в течение 0.5-1 часа.



Таблица 1.5 - Химический состав электродов типа LB 52U (%)

Знак "Ø", мм	C	Si	Mn	P	S	Ni*	Cr*	Mo*	V*
2.6	0.06	0.52	1.00	0.011	0.005	0.01	0.03	0.01	следы
3.2	0.06	0.51	1.02	0.011	0.006	0.01	0.02	0.01	следы
4.0	0.06	0.49	1.01	0.013	0.004	0.01	0.03	0.01	следы

\* Эти элементы специально не добавлялись.

Таблица 1.6- Стандарты и одобрения электродов

Классификация		Одобрения регистров				
JIS	AWS	LRS	ABS	DNV	NKK	BV
Z3211	A5.1	3.	3H10. 3Y	3Y(H10)	KMW53H	3. 3YHH
D4316	E7016	3Y(H15)			H	

Таблица 1.7- Размеры электродов и сила тока при сварке

Диаметр, Ø мм		2.6	3.2	4.0	5.0
Длина, мм		350	350/400	400	400
Ток, А	F	60~90	90~130	130~180	180~240
	V&OH	50~80	80~120	110~170	150~200
	OSW	30~80	60~110	90~140	130~180

Примечание: AC, DCEP или DCEN, однако DCEN только в случае прохода при сварке корня шва.

#### 1.4 Применяемое оборудование

В настоящее время сварку целесообразно выполнять с применением современного сварочного оборудования инверторного типа, на постоянном токе обратной полярности (т.к. электроды с основным покрытием) и рекомендованных НАКС [1].

При выполнении работ по базовому проекту используется следующее оборудование: источник питания Форсаж-250М с максимальной величиной тока 250А (рис.1.7); Установка холодной врезки УХВ-150-1 с возможностью фрезерования отверстия до 300 мм (рис.1.8)



Рисунок 1.7 - Форсаж 250М

#### Установка холодной врезки УХВ-150-1

Установки холодной врезки (рис.1.8) -50, -150, -300 предназначены для вырезки отверстий диаметром 36, -80, -120, -170, -250 мм в действующих нефтегазопроводах под давлением через запорную арматуру Ду=50, Ду=100, Ду=150, Ду=200, Ду=300 взрывоопасных зонах класса "2" согласно ГОСТ Р 51330.9. Управление включения вращения и перемещения шпинделя установки, осуществляется дистанционно с пульта управления, что позволяет исключать присутствие человека в месте непосредственной врезки. На оборудование имеются вся разрешительная документация на применение оборудования в нефтегазо- трубопроводах - Сертификаты соответствия выданный "ВНИИБТ-сертификат"" и Разрешение на применения оборудования выданный "Федеральной службой по экологическому контролю, техническому и атомному надзору"



Рисунок 1.8 - Установка холодной резки УХВ-150-01

Применяемый инструмент и приспособления

Таблица 1.8 - Технические характеристики (установки холодной резки)

		УХВ-50	УХВ-150-01	УХВ-300
Максимальное давление в вырезаемом трубопроводе	Мпа (кгс/см <sup>2</sup> )	6,3 (63)	9,8 (98)	6,3 (63)
Частота вращения режущего инструмента	об./мин.	33,21	49,82	49,82
Подача режущего инструмента	мм/об.	0,078	0,062	0,062
Ход при вырезке отверстия	Мм	50	100	120
Направление вращение инструмента		правое	правое	Правое

Продолжение таблицы 1.8

Время фрезерования отверстия	мин.	до 15	не более 15	до 15
Марка электропривода		АИМ80А4У2, 5	АИМ80А4У2,5	АИМ80А4У2,5
Потребляемая мощность	кВт	1,1	2,2	3,0
Число оборотов	об/мин	1395	1395	1395
Взрывозащита ГОСТ 12.2.020-76		1Exde11BT4/ 2Exdect4	1Exd11BT4/ 2Exd11CT4	1Exd11BT4/ 2Exd11CT4
Габаритные размеры	Мм	275x666x750	1260x670x360	1750x785x525
Длина патрубка	Мм	176	235	250
Длина патрубка	Мм	426	685	1000
Масса	Кг	47	113	165
Диаметр зенкера (сверла)	Мм	36	80, 120	132,170,250

## 1.5 Известные способы сварки

Ручная электродуговая сварка штучными электродами [2,3].

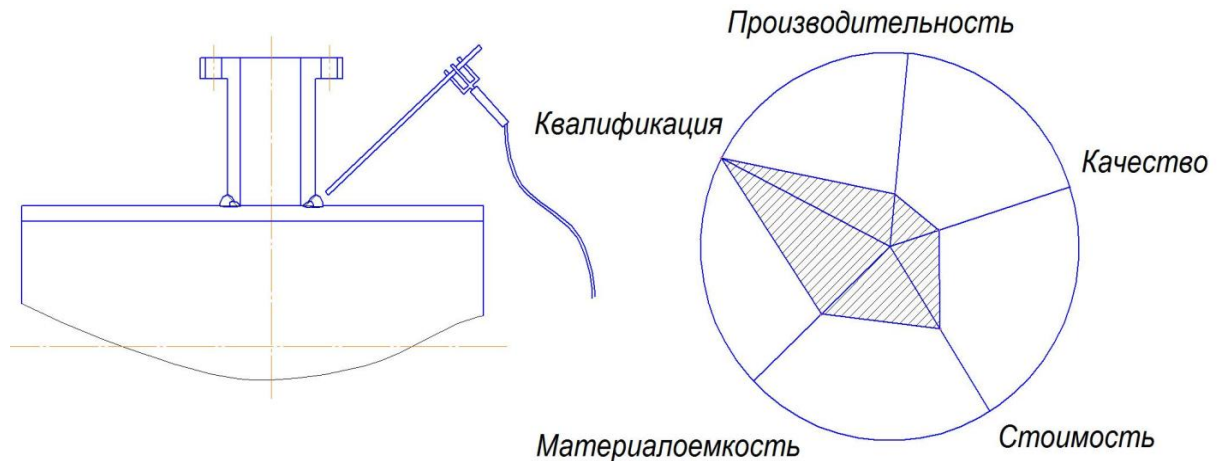


Рисунок 1.9 - Сварка одиночными электродами

Известен способ ручной дуговой сварки – это сварка покрытым металлическим электродом, который применяется при вварке патрубка в действующий трубопровод [1]. Этот способ является наиболее старым и позволяет производить сварку во всех пространственных положениях.

Преимущества ручной дуговой сварки состоит в возможности производить сварку в труднодоступных местах, в ограниченном пространстве, а также имеется возможность сваривать большой диапазон марок сталей, благодаря большому выбору выпускаемых марок электродов.

Однако при сварке штучными электродами, получается низкий коэффициент полезного действия из-за больших потерь тепла и низкая производительность из-за малой скорости сварки. Качество образуемого сварного соединения во многом зависит от квалификации и состояния сварщика, работающего во вредных условиях.

Анализ преимуществ и недостатков можно представить в виде диаграммы (рис.1.9). Критерии оценки способа проведены (по десятибалльной шкале):

- производительность – 8,
- материалоемкость – 5,
- стоимость оборудование - 5 ,
- требования к квалификации персонала – 10,
- качество – 7.

Из проведенного анализа видно, что ручная дуговая сварка остается наиболее маневренным процессом и не требует сложного оборудования. Однако не позволяет избежать возможного прожога и требует высококвалифицированный персонал, при этом скорость сварки низкая. Поэтому, ручная дуговая сварка не позволит достигнуть цели работы, т.е. повысить производительность.

Возможна сварка полуавтоматом в среде защитного газа плавящимся электродом [2,3].

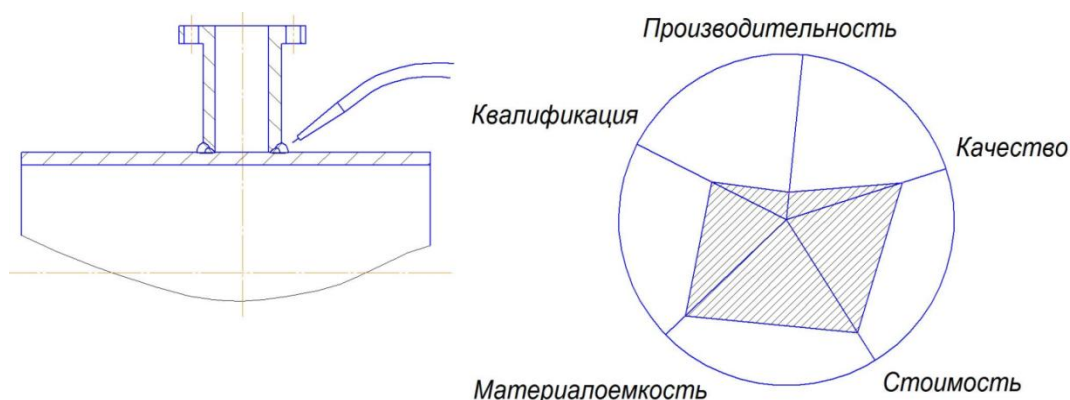


Рисунок 1.10 - Механизированная сварка в среде CO<sub>2</sub>

Механизированная сварка считается наиболее применимой после сварки штучными электродами. Получила наибольшее применение при изготовлении сварных конструкций особенно в машиностроительной

отрасли. Её применение считается экономично, позволяет получить высокое качество сварного шва и также возможна при сварке во всех четырех положениях. Можно производить сварку с более низкой квалификацией, чем покрытым электродом.

Защитный газ, проходя через сопло, заполняет зону сварки, продувает шланги всего воздуховода. Электродная проволока подается двумя или четырьмя роликами, которые вращаются от электродвигателя постоянного тока, с возможностью плавного регулирования скорости.

Учитывая, что углекислый газ считается активный и при разложении его компоненты образуют газовые пузыри – поры. Поэтому механизированная сварка в углекислом газе имеет ряд особенностей при выборе сварочной проволоки.

Анализ преимуществ и недостатков можно представить в виде диаграммы (рис.1.10). Критерии оценки способа (по десятибалльной шкале):

- производительность – 9,
- материалоемкость – 8,
- стоимость оборудование – 8,
- требования к квалификации персонала – 6,
- качество - 6.

Таким образом, механизированная сварка имеет главное преимущество – это высокая производительность, но не позволяет достигнуть цели выпускной работы из-за высокой вероятности образования прожога.

Известна механизированная сварка разветвлённой дугой [4 -7] .

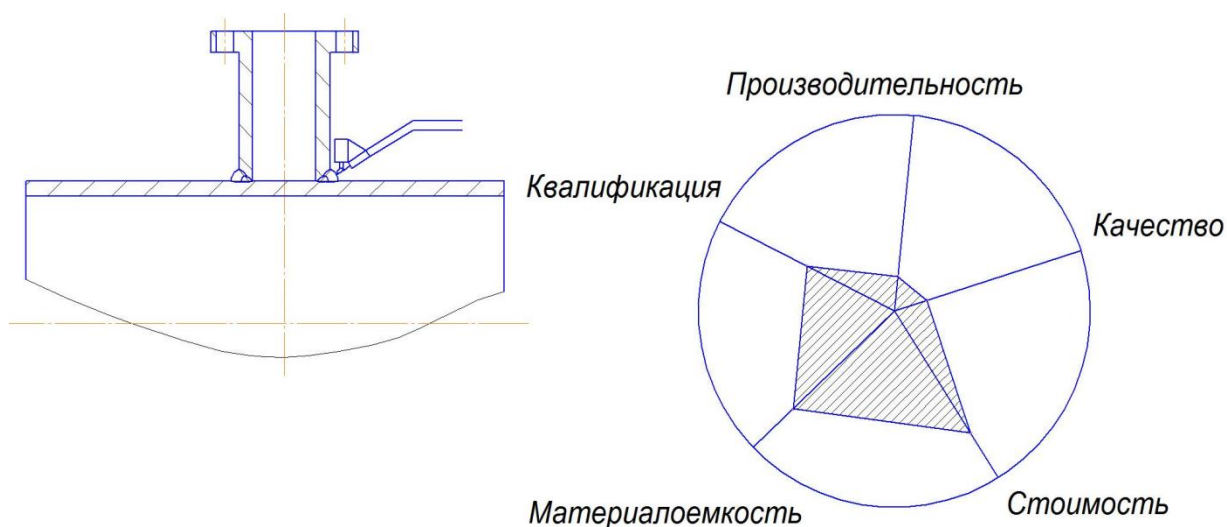


Рисунок 1.11 - Механизированная сварка разветвленной дугой

Сущность способа основан на возможности двойного дугообразования от одного источника сварочного тока посредством включения в цепь ограничительных сопротивлений, позволяющих отдельно регулировать силу тока в обоих дугах. В данном случае мощность распределяется между двумя анодами – основным металлом и присадочной проволокой [4].

Ввиду простоты процесса и оборудования, в сравнении с аналогами, данный способ имеет технико-экономические преимущества, более универсален и может быть реализован как автоматически, так и вручную.

Способ дает возможность осуществлять сварку с высокой производительностью и минимальным тепловым воздействием на свариваемый металл.

Критерии оценки способа (по десятибалльной шкале):

- производительность – 9,
- материалоемкость – 8,
- стоимость оборудование – 8,
- требования к квалификации персонала – 7,
- качество – 9.

В результате проведенного анализа, исходя из цели ВКР, целесообразнее применить для приварки патрубка в трубопровод находящийся под давлением сварку разветвлённой дугой.



## 1.6 Сущность способа сварки разветвлённой дугой

Известным способом сварки разветвлённой дугой является горение одновременно двух дуг: неплавящийся вольфрамовый электрод – изделие и неплавящийся вольфрамовый электрод – плавящаяся проволока [4- 7] (рис.1.12).

Вольфрамовый электрод находится в специальном сварочном сопле с подачей защитного газа – аргон. Плавящаяся проволока подается механизированным способом с помощью подающего механизма.

Подключение токопровода осуществляется следующим способом: вольфрамовый электрод (-), изделие (+) и плавящаяся проволока (+).

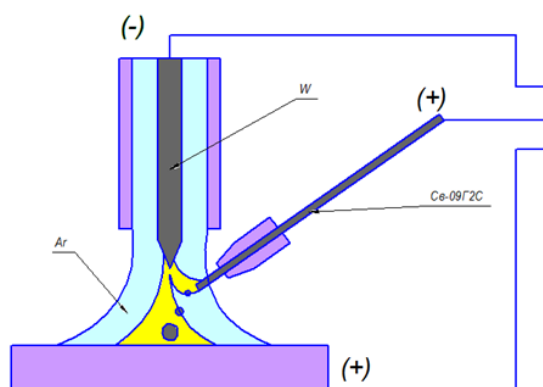


Рисунок 1.12 - Сущность способа сварки разветвлённой дугой

Подключение может осуществляться по двум схемам: от двух источников питания (рис.1.13), от одного источника питания с включением в цепь реостатного сопротивления (рис.1.14).

Питание сварочных дуг по первому варианту не нашел применения из-за низкой стабильности горения дуг, высокой стоимости оборудования и энергозатрат.

Предпочтение отдается питанию дуг от одного источника питания с подключением балластного реостата. При данном подключении, стабильность горения дуг не нарушается, стоимость оборудование в два раза ниже.

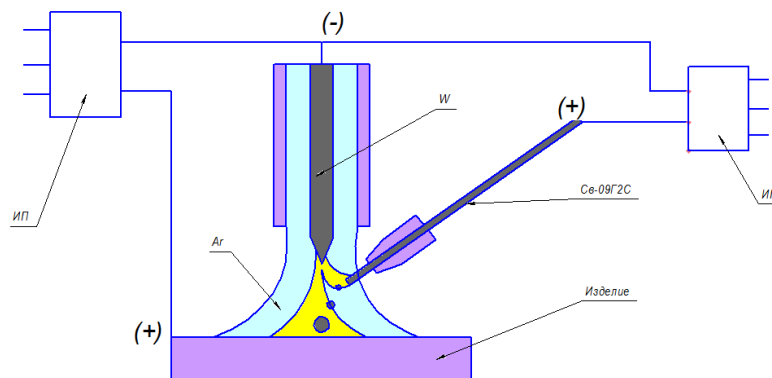


Рисунок 1.13 - Питание разветвлённой дуги от двух источников питания

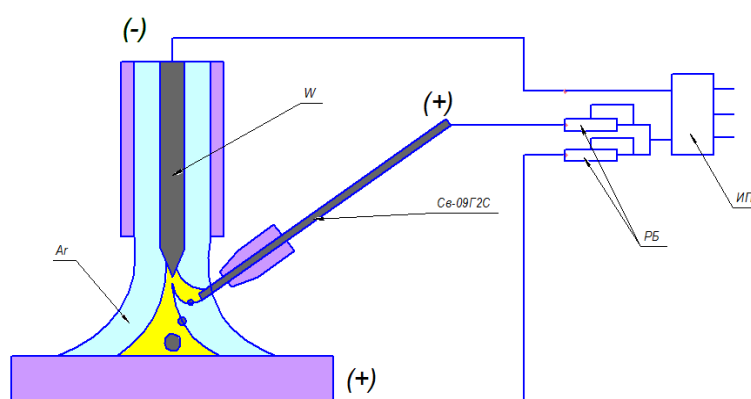


Рисунок 1.14 - Питание разветвлённой дуги от одного источника питания

Основное преимущество способа сварки разветвлённой дугой – возможность регулирования тепловой мощности между электродами и электродом и изделием.

Такое регулирование дает возможность с достаточной точностью настраивать режимы, позволяющие устанавливать необходимую глубину проплавления  $h$  основного металла и величину наплавленного металла  $q$ .

На кафедре сварки Тольяттинского государственного университета была предложена оригинальная технология сварки и наплавки разветвлённой дугой.

В настоящее время собрана экспериментальная установка, состоящая из одного источника питания и падающего механизма (рис.1.15).



Рисунок 1.15 – Устройство для сварки разветвлённой дугой

Раздельное регулирование тепловложения в основной и присадочный металлы позволяет контролировать объем наплавленного металла и степень проплавления и, следовательно, долю участия металла в наплавленном слое, а так же снизить термическое влияние на основной металл.

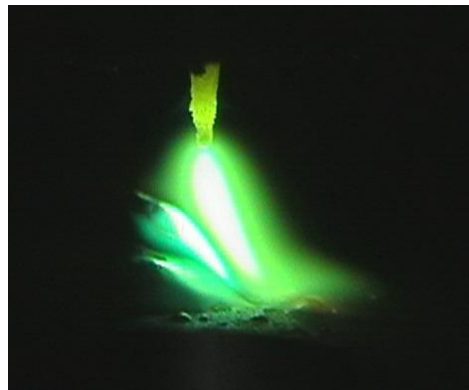
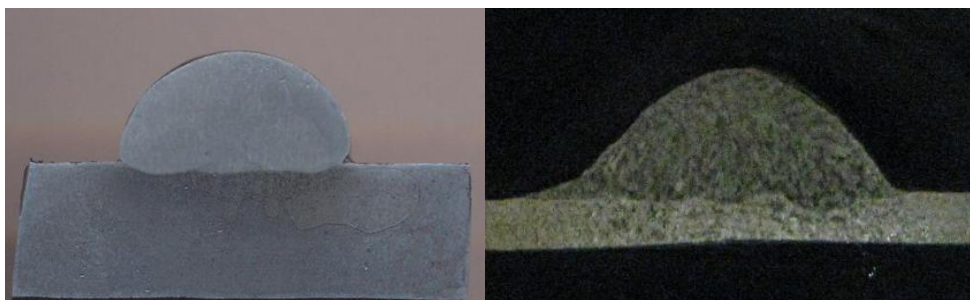


Рисунок 1.16 - Горение разветвлённой дуги

Способ основан на возможности двойного дугообразования (рис.1.14), от одного источника постоянного тока посредством параллельного включения в цепь ограничительных сопротивлений, позволяющих раздельно регулировать силу тока в обоих дугах. В данном случае мощность распределяется между двумя анодами – основным металлом и присадочной проволокой.



а)

б)

Рисунок 1.17 - Образцы наплавки с минимальным проплавлением основы толщиной 8 мм (а) и 1,5 мм (б)

Ввиду простоты процесса и оборудования, в сравнении с аналогами, данный способ имеет технико-экономические преимущества, более универсален и может выполняться как автоматически, так и вручную.

Известный способ наплавки двумя дугами целесообразно применить для сварки патрубка в действующий трубопровод. Применяемым способом можно осуществлять сварку патрубка с высокой производительностью и минимальным тепловым воздействием на свариваемый металл, что способствует достижению поставленной цели работы.

Проведенный анализ возможных способов сварки, применимых для приварки патрубка в действующий трубопровод. По основным критериям отбора, предпочтение отдано способу сварки разветвлённой дугой. Такой способ сварки позволяет избежать опасности ведения работ на действующем газопроводе, и позволит повысить производительность процесса.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать оборудование для реализации данного способа сварки;
- разработать технологический процесс приварки патрубка к действующему газопроводу.

## 2 Технологический процесс резки в магистральный трубопровод под давлением

### 2.1 Входной контроль

Входной контроль включает в себя проверку сертификатов качества (рис. 2.1) на сварочные материалы (Сварочная проволока Св-09Г2С диаметром 1,6 мм, вольфрамовый электрод ВТ-20 диаметром 1,6 мм, аргон высшего сорта) и свариваемого материала (основная труба и патрубок – материал Сталь20). Проверка качества зачистки от загрязнений места подсоединения на основной трубе газопровода от ржавчины, масла и других загрязнений, а так же качество зачистки кромок привариваемого патрубка.



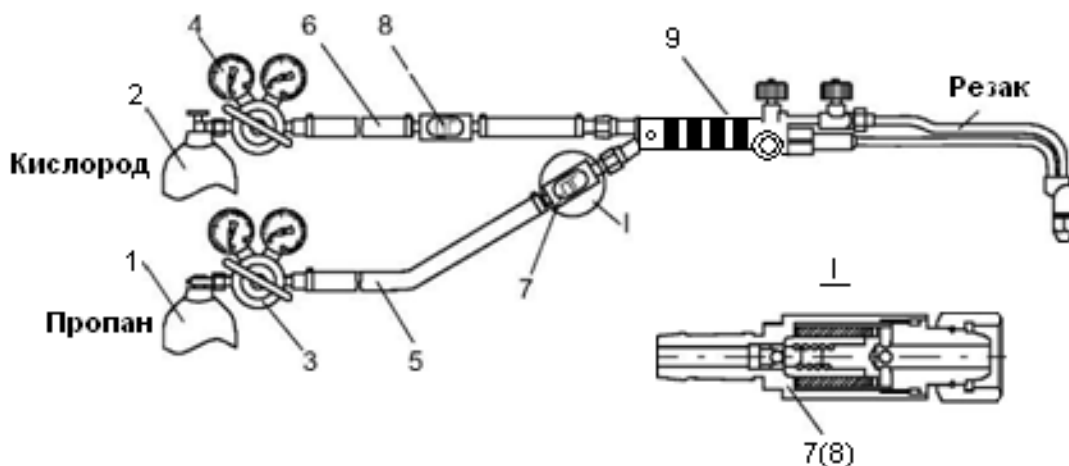
Рисунок 2.1 - Документы

Подсоединение патрубка производят на расстоянии не менее 1,5 диаметров газопровода от стыкового сварного шва.

Между продольным или спиральным заводским сварным швом трубопровода и привариваемой на трубу накладке (воротника) должно быть выдержано расстояние не менее 150 мм.

Расстояние между устанавливаемым патрубком в обе стороны от патрубка до заводских швов трубопровода на газопроводе должно быть равно.

Перед монтажом патрубка, поверхность трубы газопровода должна быть просушена нагревателем или газовой горелкой (рис.2.2) при температуре 30-50°C. На кромках основной трубы и на патрубке и накладке забоины и задиры не допускаются.



1 — пропан; 2 — кислород; 3,4 —редукторы; 5,6 —шланги;  
7,8 — пламегасители; 9 — резак

Рисунок 2.2 – Схема подключения газовой горелки

По началу монтажник технологических трубопроводов (ТТ) зачищает место врезки от грязи и изоляции. Тем временем резчик обрезает торец патрубка под размер тела основной трубы (делает седловидный вырез) (рис.2.3).

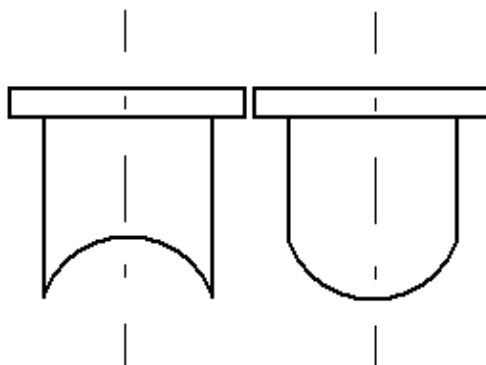


Рисунок 2.3 - Седловидный вырез торца патрубка

## 2.2 Подготовка кромок

Форма и размеры подготовки кромок на патрубке выполняются согласно ГОСТ 16037-80 У2 (рис. 1.2).

После того как резчик обрезал торец патрубка, монтажник ТТ с помощью болгарки (рис.2.4) производит зачистку трубы от шлака глубиной 1-2мм и подготавливает кромки патрубка под сварку со скосом  $30^{\circ}$ - $33^{\circ}$  и притуплением 1,5- 2мм.



Рисунок 2.4 - Болгарка BOSCH GWS 21-230 HV Professional (с отрезным кругом 230мм)

## 2.3 Сборка патрубка на прихватках

Сборка начинается с установки на поверхности трубы патрубка под углом в  $90^{\circ}$  между осями трубы и патрубка. Точность установки контролируется с помощью слесарного угольника. Зазор между установленным патрубком зачищенной поверхностью газопровода должен отклоняться в диапазоне от 2 до 3 мм.

Перед сборкой трубу следует предварительно подогреть, а потом выполнить не менее трех прихваток длиной от 30 до 50 мм. прихватки выполняются равномерно по всей окружности патрубка. Высота прихваток  $1/3$  от толщины стенок, но не менее 2мм. Зазор выставляется согласно

ГОСТ16037-80 и составляет 1-2 мм (рис. 1.2). Прихватки выполняются на режимах, указанных в табл.2.1, как при сварке корневого шва. Перед сваркой следует сделать заход на прихватках для обеспечения провара корневого шва. Нельзя делать прихватки в местах пересечения заводских сварных швов трубы или патрубка.

Равномерный предварительный подогрев газопровода и патрубка обеспечивается кольцевым нагревателем от индуктора сетевой или промышленной частоты. Равномерность нагрева и температура обеспечивается и газовыми горелками, как предусмотрено нормативными документами 7.1.5[1].

## 2.4 Сварка

Так как сварка выполняется на газопроводе находящимся под давлением, то должен быть обеспечен строгий контроль величины сварочного тока, скорости подачи проволоки и скорости сварки. Сварка всех слоев выполняется непрерывно без охлаждения свариваемого шва. В случае случайного кратковременного вынужденного перерыва, следует во время перерыва поддерживать температуру в месте сварки на уровне предварительного нагрева. Сварка производится до полного окончания всего шва.

Сварка осуществляется в два прохода (1- корневой шов: толщина от 6 до 8 мм, 2 – облицовочный: толщина от 6 до 8мм). Форма и размеры сварного шва регламентируются ГОСТ16037-80.

Режимы и параметры сварки разветвлённой дугой представлены в (табл. 2.1).



Таблица 2.1 - Параметры и режимы сварки

№ слоя шва	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Сила тока W-изделие, А	Диаметр присадочной проволоки, мм	Сила тока W-Св-09Г2С, А	Скорость подачи сварочной проволоки, см/с	Расход аргона, л/мин
1	1,6	60-70	1,6	70-80	0,3	8-12
2	1,6	60-70	1,6	70-80	0,3	8-12

После окончания сварки всех слоев, место сварки накрывают теплоизолирующим поясом и выдерживают до полного охлаждения. Согласно требованиям документации, сварные швы не подлежат термообработке. После охлаждения шва, непосредственно около него наносят клейма сварщиков.

## 2.5 Зачистка швов

После остывания, необходимо зачистить швы от окалины и возможных брызг механической металлической щеткой (рис. 2.5). При необходимости такую зачистку шва после сварки первого прохода. Механическим способом наждачным кругом, зачистка или исправление неровностей облицовочного слоя не допускается.



Рисунок 2.5 - Болгарка BOSCH (с металлической щёткой)

## 2.6 Контроль шва

Контроль качества производят двумя способами. Сначала выполняют 100% визуальный осмотр и измерительный контроль, используя прибор типа УШС-3 (рис. 2.6), а затем 100% контроль ультразвуком (рис.2.7). Величина и наличие допустимых дефектов закреплены в соответствующих нормативных документах Газпром. При визуальном контроле выявляются виды недопустимых дефектов на поверхности шва. При выявлении ультразвуком, каких либо внутренних не допустимых дефектов, то сварной шов удаляется. Виды и величина допустимых размеров дефектов при варке патрубка на газопроводе под давлением приведены в табл. 2.2.

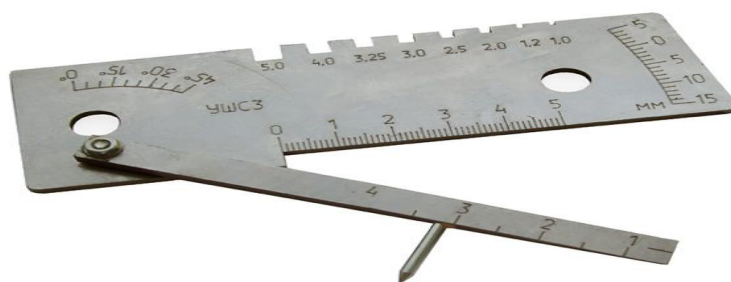


Рисунок 2.6 – Приспособление для измерения УШС-3



Рисунок 2.7 - Ультразвуковой аппарат УДС-2-5

### 3 Выбор оборудования и материалов для сварки разветвленной дугой

#### Сварочное оборудование

Для приварки патрубка к газопроводу, находящемуся под давлением, применяют требуемые сварочные материалы, основное сварочное (источник питания дуги) и вспомогательное (устройство для фрезерования труб, устройство для подготовки и сборки соединений к сварке, устройство для предварительного подогрева и др.).

Для реализации процесса сварки разветвленной дугой необходимо подобрать следующее оборудование:

- источник питания постоянного тока;
- подающий механизм присадочной проволоки;
- сварочная горелка.

Так как ток дуги между вольфрамом и изделием и вольфрамом и плавящейся проволокой не превышает 100А, в качестве источника питания целесообразно оставить «Форсаж 250М» (рис. 1.16). Таким образом, затраты для реализации проектной технологии обойдутся только на приобретение подающего механизма и сварочной горелки.

Технические характеристики и назначение Форсаж-250М представлены на рис. 1.16.

Аппарат сварочный постоянного тока ФОРСАЖ-250М промышленного применения (в дальнейшем аппарат) может быть применен для ручной электродуговой сварки и для механизированной сварки деталей толщиной от 1,0 до 16,0 мм.

Сварку можно производить покрытыми электродами диаметром от 1,0 до 5,0 мм разной марки с применением в сварочной дуге постоянного тока, регулируемого в диапазоне от 15 до 250 и специальным плавным регулятором тока, размещенным на передней панели аппарата или на

переносном пульте дистанционного управления (ПДУ). Контроль величины сварочного тока производится по стрелочному индикатору, размещенному на передней панели аппарата.

Примечание:

Возможность использования аппарата для аргодуговой сварки проверена заводскими испытаниями.

Аппарат может эксплуатироваться в следующих условиях:

- окружающая температура воздуха в диапазоне от - 40 °С до +40 °С;
- влажность до 98 % при температуре +25 °С;
- транспортирование (в упаковке) при ударных ускорениях до 100 м/с<sup>2</sup> (10 g) с длительностью ударных импульсов 5 мс.

Таблица 3.1 - Технические характеристики

1. Питающая трехфазная сеть переменного тока	
1	2
напряжение, В	~380 <sup>+38</sup> <sub>-57</sub>
частота, Гц	50±1
2. Номинальная потребляемая мощность, кВт·А	10, не более
3. Ток короткого замыкания в режиме максимального сварочного тока, А	280 <sup>+30</sup> <sub>-20</sub>
4. Внешние вольтамперные характеристики:	
Максимальное выходное напряжение, В	80±20* 80 <sup>+20</sup> <sub>-30</sub> **

Продолжение таблицы 3.1

5. Максимальный выходной ток, А	от 250 до 270 *; 250 <sup>+20</sup> <sub>-50</sub> ***; 230±30 ****.
6. Минимальный сварочный ток, А	15±5
7. Функционирование аппарата от ПДУ.	11.1, не более
8. Функционирование индикатора сварочного тока.	от 10 до 160.
9. Размеры аппарата, мм	430×205×350, не более.
10. Масса аппарата, кг	13,6, не более

Для приварки патрубка с толщиной стенки 10 мм к основной трубе с толщиной стенки 8 мм, необходимо применение проволоки от 1,2 до 1,6 мм при силе сварочного тока до 100 А. Исходя из этого, подающий механизм выбираем по поставленным параметрам.

В качестве такого подающего механизма выбрали ПДГО 511 (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 - Подающий механизм для полуавтомата ПДГО 511

ПДГО 510 имеет следующие технические характеристики (табл. 3.2).

Таблица 3.2 - Технические характеристики ПДГО 510

Характеристики	Значение
Напряжение	~27 В
Номинальный сварочный ток	500 А (100%)
Потребляемая мощность	200 Вт
Скорость подачи электродной проволоки	60-960 м/ч
Регулировка времени, с: - задержка отключения источника (вылет проволоки) - нарастания скорости подачи проволок от минимального до установленного значения ("мягкий старт")	0...0,2 0,1...2,0
Количество пар подающих роликов	2 или 4 (по заказу)
Диаметр электродной проволоки: стальная порошковая самозащитная	0,8-1,6 мм 1,2-2,0 мм 1,6-2,0 мм
Мощность привода	120 Вт
Тип разъема сварочной горелки	Штыревой
Размер сварочной кассеты	300 мм
Габаритные размеры	440x290x530 мм
Масса блока управления	15 кг

В качестве горелки для сварки разветвленной дугой используется разработанная на кафедре горелка, которая состоит из следующих позиций (рис.3.2): 1 - наконечник подающейся сварочной проволоки; 2- сварочная проволока; 3- вольфрамовый электрод; 4- цанга; 5 электрододержатель; 6 – сопло; 7 – фиксирующий наконечник; 8 – рукоятка.

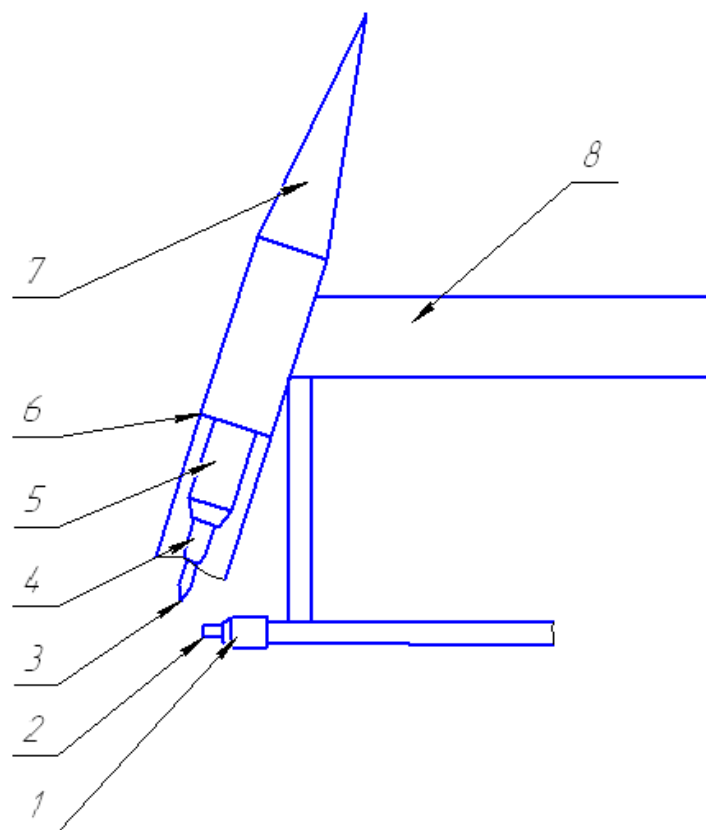


Рисунок 3.2 - Горелка для сварки разветвленной дугой

Приведенная конструкция горелки позволяет использовать вольфрамовые электроды в диапазоне диаметров от 1,6 до 3,0мм и сварочную проволоку, диаметром от 0,8 до 1,6 мм. Сварочная горелка рассчитана на токи до 250А.

Комплект поста для сварки разветвленной дугой представлен на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Комплектация сварочного поста

Сварочные материалы:

Для реализации процесса двухдуговой сваркой разветвленной дугой необходимо выбрать следующие сварочные материалы:

1. Защитный газ – аргон;
2. Вольфрамовый электрод;
3. Сварочная проволока.

При выборе марки и диаметра вольфрамового электрода, руководствуемся маркой стали основного материала и толщины свариваемых элементов. В нашем случае – это сталь 20 с толщиной стенки труб 8 и 10мм. В результате, целесообразно применять электрод марки WY20, диаметром 2,0мм.

В зависимости от диаметра и рода тока в (табл. 3.3) представлены рекомендуемые режимы сварки.



Таблица 3.3 - Рекомендуемые режимы сварки для вольфрамовых электродов

Диаметр электрода, мм	Постоянный ток, А		Переменный ток, А	
	Прямая полярность	Обратная полярность	Положительная полуволна меньше отрицательной	Положительная и отрицательная полуволны равны
1.6	70 – 150	10 – 20	70 – 150	60 – 120
2.0	100 – 200	12 – 25	80 – 160	70 – 130
2.4	150 – 250	15 – 30	140 – 235	100 – 180
3.0	220 – 350	20 – 35	200 – 300	140 – 230
3.2	250 – 400	25 – 40	225 – 325	160 – 250
4.0	400 – 500	40 – 55	300 – 400	200 – 320

## 4 Безопасность и экология технического объекта

Трубопроводы, действующие в системе Газпром, часто требуют подсоединение отводов для подключения дополнительных линий. При отключении газа это приводит к большим потерям. В настоящее время существуют технологии, которые позволяют подсоединиться к действующему трубопроводу, не перекрывая и значительно уменьшая потери, а иногда совсем предотвращая их. Однако проведение таких операций со сваркой с находящимся под давлением газом очень рискованно. Поэтому предложена технология сварки с использованием способа с широким диапазоном регулирования мощности сварочной дуги, за счет применения двух одновременно горящих дуг основной и вспомогательной горячей на присадочную проволоку.

Предложенный технологический процесс варки патрубков в действующий трубопровод требует более глубокого соблюдения требований безопасности.

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика разработки

В работе рассмотрены технологические операции сборки и сварки патрубка к трубе под давлением, закрепление на конце патрубка на фланце крепится задвижка, на которую так же на фланце крепится специальный фрезерный станок. После фрезерования отверстия патрубок очищается от стружки под давлением газа из трубы. Затем задвижка перекрывается и фрезерная установка снимается с задвижки вместе со стружкой, на место которой можно подсоединять требующий участок трубопровода.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Зачистка трубы в месте врезки	Механическая зачистка поверхности	Слесарь	Зачистная машинка	Щетка
2	Сборка патрубка с трубой	Сварка на прихватках	Слесарь, сварщик	Источник для сварки	Электроды
3	Сварка патрубка к трубе	Сварка в два слоя	Сварщик	Источник, подающий механизм, горелка	Сварочная проволока, маска
4	Закрепление установки для врезки на патрубках	Закручивание на фланце	Слесарь	Гаечные ключи	Прокладка, перчатки
5	Изготовление отверстия в трубе	Фрезерование	Слесарь	Установка врезки УХВ-150-01	Фреза, электродвигатель

Продолжение таблицы 4.1

6	Снятие установки для врезки с патрубка	Отсоединение от фланца	Слесарь	Гаечные ключи	Перчатки
7	Контроль	Визуальный и измерительный контроль	Контролер	УШС-3, штангенциркуль	-

#### 4.2 Сравнение опасностей объекта

При проведении сварочных и сборочных работ возможно получение различных травм. Во время сборки патрубка на трубе возможно получение таких травм от не согласованной работы слесаря и сварщика. В результате чего они могут получить травмы рук, ног и глаз от сварки при выполнении прихваток. Это может произойти в результате и при нарушении правил безопасности. При плохой защите открытых участков тела человека от горячих и острых частиц обточенного металла, окалины. Части тела могут пострадать от брызг расплавленного металла, что приведет к ожогам. В процессе наплавки может происходить разбрызгивание металла, что может привести к возгоранию горючих материалов или попадания на не защищенные участки тела или в глаз работника. Поэтому работник может получить ожоги кожи и глаз.

При сварке патрубка с основной трубой двумя дугами также есть опасность светового излучения глаз от сварочной дуги. Во избежание этого применяют различные индивидуальные средства защиты: спецодежду, обувь, шапку, защитную сварочную маску, рукавицы. При сварке возможно

отравление газами расплавленного и присадочного металла, образующимися при расплавлении, которые оказывают на органы человека токсическое действие.

Способ основан на возможности двойного дугообразования (рис.1.16), от одного источника постоянного тока посредством параллельного включения в цепь ограничительных сопротивлений, позволяющих отдельно регулировать силу тока в обоих дугах.

Таблица 4.2-Сравнение опасностей процесса

№ п/п	Выполняемая по процессу операция, предусмотренная технологией	Опасность при выполнении операции процесса	Причина опасного вредного воздействия
1	Зачистка трубы в месте врезки	Попадание в глаза грязи, окалины, абразива	Счищенный металл и грязь
2	Сборка патрубка с трубой на прихватках	Ожоги частей тела, УФ излучение	Сварочные дуги, брызги металла
3	Сварка патрубка к трубе	Высокая температура, УФ излучение, ожоги	Сварочные дуги, расплавленный металл
4	Закрепление установки для врезки на патрубках	Возможно прижатие частей тела или одежды	Закручивание фланца
5	Фрезерование отверстия в трубе	Вибрация установки	Вращение фрезы
6	Снятие установки для врезки с патрубка	Возможны ранения рук	Работа гаечными ключами

### 4.3 Средства и оборудование для снижения опасностей процесса

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов в бакалаврской работе

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Загрязнение рабочей зоны	Сборка стружки отходов от фрезерования	Постелить полог, перчатки
2	Острые кромки Фрезы	Не поворачивать фрезой в сторону людей	Спец одежда, рукавицы
3	Повышенная температура деталей	Находиться на безопасном расстоянии от горячих частей трубы и патрубка	Спец. одежда, рукавицы
4	Излучение от сварочных дуг	Не смотреть на открытые дуги, наличие защитной одежды	Сварочная маска

#### 4.4 Анализ пожарной и техногенной опасности предложенного процесса

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы Пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Место сварки	Источник питания сварочных дуг	Е	Тепловой поток, пламя, искры, брызги	Удаление горящих материалов от места сварки
2	Место сварки	Сварочная горелка	В	Тепловой поток, пламя, искры, брызги	Образующиеся в процессе пожара осколочные элементы

Пожарная безопасность при сварочных работах должна быть обеспечена требованиями исполнения и применения режима использования электросварочных установок и другого оборудования, материалов и изделий, которые могут быть источниками зажигания горючей среды. Особенно следует обратить внимание на температуру нагрева поверхности изделий и материалов, которые могут случайно войти в контакт с горючей средой.

Применяемые на участке сварки технические средства обеспечения пожарной безопасности проанализируем в таблице 4.5

#### 4.5. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование
Вода, ведро	Огнетушитель	Асбестовое полотно, полог	Огнетушитель	Пожарные рукава

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

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	Инструктаж рабочих правилам безопасности при пожаре, наглядная агитация и проведение учений пожарной безопасности	На рабочих местах необходимо иметь первичные средства пожаротушения, защитные экраны от разлета искр



Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

<p>Наименование технического объекта, производственно- технологического процесса</p>	<p>Структурные составляющие технического объекта, производственно- технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.</p>	<p>Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в воздушную окружающую среду)</p>	<p>Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)</p>	<p>Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)</p>
<p>Технология сварки патрубка</p>	<p>Источник питания для сварки</p>	<p>Газообразные частицы, Сажа</p>	<p>Вода не используется</p>	<p>Почва не загрязняется, остатки мех обработки собираются</p>

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

Наименование технического объекта	Варка патрубка в трубопровод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Не используется
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Остатки мех обработки собираются на полог
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка дополнительных контейнеров для сбора металлолома с надписями

#### Заключение по разделу

В разделе «Безопасность и экология технического объекта» была описана последовательность выполнения операций, даны характеристики технологического процесса и используемое в нем оборудование, расходные вещества и материалы, которые необходимы для сварки патрубка в трубопровод. В результате выполненной работы можно сделать вывод, что использование стандартных средств и соблюдение санитарии обеспечит безопасность при выполнении врезки на участке. Таким образом, обеспечивается безопасность работников, выполняющих операции технологического процесса.

## 5 Организационно – экономическое обоснование бакалаврской работы

### 5.1 Сравнение двух вариантов [13]

Таблица 5.1- Характеристика двух вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
<p>Отвод сваривается ручной дуговой сваркой штучными электродами.</p> <p>Недостатки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большая трудоемкость.</li> <li>2. Требуется сварщик с высокой квалификацией</li> </ol>	<p>Отвод сваривается механизированной сваркой в защитном газе разветвленной дугой</p> <p>Достоинства:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Повышается производительность труда.</li> <li>2. Работу может вести сварщик не высокого разряда.</li> </ol>

Таблица 5.2- Исходные данные к расчету

№ п/п	Показатель	Усл. обозн	Ед. измер.	Вариант	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Условная годовая программа выпуска	П <sub>г</sub>	шт./год.	10000	10000
2	Разряд сварщика			5	4
3	Часовая тарифная ставка	С <sub>ч</sub>	руб/час	85,5	75,5
4	Стоимость оборудования Форсаж-250М ПДГО 511 Горелка специализированная	Ц <sub>б</sub>	руб.	32000	25000 10000
5	Мощность установки для сварки	М <sub>у</sub>	кВт	12	10
6	Цена электроэнергии	Ц <sub>ээ</sub>	руб/кВт	2,5	2,5
7	Норма расхода газа	Нар	л/м	-	8

Продолжение таблицы 5.2

8	Цена 1 л смеси газа	Цг	руб/л	-	8,75
9	Цена 1 кг: -электродов МР-3 -сварочной проволоки Св08Г2С		руб/кг	60 -	- 80

5.2 Штучное время операций предложенного процесса

$$t_{шт} = t_{н-з} + t_o + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

Таблица 5.3 – Штучное время сварки одного метра шва

№ п\п	Вариант	t <sub>МАШ</sub>	t <sub>ВСП</sub>	t <sub>ОБСЛ</sub>	t <sub>ОТЛ</sub>	t <sub>П-З</sub>	t <sub>ШТ</sub>
1	базовый вариант	0,51	0,051	0,051	0,026	0,005	0,643
1	проектный вариант	0,12	0,012	0,012	0,006	0,002	0,152

5.3 Капитальные вложения в оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{кон} \quad (5.2)$$

$$K_{общ.б} = 32000р$$

$$K_{общ.п} = 35000 + 200 = 35200р.$$

5.3.1 Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{пр} = \sum C_{об} \times k_z \quad (5.3)$$

$$K_{пр.б} = 32000 \times 1 = 32000р.$$

$$K_{пр.п} = 35000 \times 1 = 35000р.$$

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{np} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} = \frac{10000 \times 0,643}{3714 \times 60} = 0,03 \quad (5.4)$$

Фонд времени работы сварочного оборудования может быть рассчитан по формуле:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{np}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (5.5)$$

$$\Phi_{эф} = (365 - 118) * 8 * 2 * (1 - 0.06) = 3714 \text{ч.}$$

5.3.2 Сопутствующие капитальные вложения:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.6)$$

$K_{монт}$  – затраты на монтаж нового оборудования;

$$K_{монт} = \Sigma Ц_{об} * k_{монт} = 1000 \times 0,2 = 200 \text{р.} \quad (5.7)$$

$K_{соп.п} = 200 \text{р.}$

5.3.3 Удельные капитальные вложения в оборудование  
(капитальные вложения на 1 м шва)

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{np}} \quad (5.8)$$

$$K_{уд.б} = 32000 / 10000 = 3,2 \text{р.}$$

$$K_{уд.п} = 35200 / 10000 = 3,52 \text{р.}$$

5.3.4 Дополнительные капитальные вложения

Дополнительные капитальные вложения рассчитываются в том случае, если сравниваются два действующих на производстве варианта производства продукции для определения наиболее капиталоемкого варианта.

$$K_{доп} = K_{проект} - K_{баз} = 35200 - 32000 = 5200 \text{р.} \quad (5.9)$$

## 5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов

### 5.4.1 Затраты на вспомогательные (сварочные) материалы

Для ручной дуговой сварки затраты на сварочные материалы складываются из затрат на электроды:

$$3M_{эл.(нр)} = H_{эл.(нр)} \cdot Ц_{эл.(нр)} = 1,5226 \times 60 = 91,4р. \quad (5.10)$$

Норма расхода электродов  $H_{эл} = Y \times L_{ш} = 0,915 \times 1664,2 = 1522,6г.$

Удельная норма расхода  $Y = K_p \times M_n = 1,7 \times 538,2 = 0,915г/м.$

$K_p = 1,7$  – коэффициент расхода электродов.

Масса наплавленного металла  $M_n = c \times F_n \times 10^{-3} = 7,8 \times 69 \times 10^{-3} = 538,2 \times 10^{-3}г.$

где  $\rho$  – плотность наплавленного металла,  $г/см^3$  (для низкоуглеродистых сталей  $\rho = 7,8 г/см^3$ );  $F_n$  – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика),  $мм^2$ .

Для многопроходных швов:  $F_n = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = 21 + 27 + 27 = 69 мм^2$

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

$F_n = (8 \div 12) \cdot d_{эл.}$  – последующие проходы.

Для механизированной сварки в среде защитного газа затраты на сварочные материалы складываются из затрат на сварочную проволоку и защитный газ:

$$3M_{св} = 3M_{св.пров} + 3_{з.г} = 82,4 + 19,8 = 102,2р. \quad (5.11)$$

где  $3M_{св.пров}$  – затраты на сварочную проволоку, руб.;

$3_{з.г.}$  – затраты на защитный газ, руб.

$$3M_{эл.(нр)} = H_{эл.(нр)} \cdot Ц_{эл.(нр)} = 1030 \times 80 = 82,4р.$$

Норма расхода проволоки  $H_{эл} = Y \times L_{ш} = 0,619 \times 1664,2 = 1030г$

Удельная норма расхода  $Y = K_p \times M_n = 1,15 \times 538,2 \times 10^{-3} = 0,619г/м.$

$K_p = 1,15$  – коэффициент расхода проволоки.

Масса наплавленного металла  $M_n=538,2 \times 10^{-3}$  г.

Затраты на защитный газ при сварке определяются по формуле:

$$Z_{3.2} = H_{3.2} \cdot C_{3.2} = 2,2633 \times 8,75 = 19,8 \text{ р.} \quad (5.12)$$

где  $H_{3.2}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр сварного шва, литр/мин;  $C_{3.2}$  – цена защитного газа, руб./литр.

Норму расхода защитных газов рассчитывают по формуле:

$$H_{3.2} = V_{3.2} \cdot L_{ш(в)} = 1,36 \times 1,6642 = 2,2633 \text{ л/м.}$$

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

$$V_{3.2} = q_{3.2} \cdot t_{01} = 8 \times 0,12 = 0,96 + 0,4 = 1,36 \text{ л} \quad (5.13)$$

где  $q_{3.2}$  – норма расхода защитного газа при сварке в зависимости от вида сварки, литр/мин, (таблицу 5 [13]);

$t_{01}$  – основное (машинное) время сварки 1 погонного метра шва = 0,12 мин.

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

$$V_{доп.} = t_{в}^n \cdot q_{3.2} = 0,05 \times 8 = 0,4 \text{ л.}$$

#### 5.4.2 Затраты на технологическую энергию

В базовом варианте – сварочный источник тока «Форсаж-250М».

В проектном варианте – сварочный источник с полуавтоматом «ПДГО-511».

1) Для дуговой сварки затраты на электроэнергию рассчитывают исходя из полезной мощности оборудования:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot C_{э-э} \quad (5.14)$$

$$Z_{э-э.б.} = \frac{2,5 \times 0,51}{0,6 \times 60} \times 2,5 = 0,04 \text{ р/м.}$$

где  $P_{об.б.} = I_{св} \times U_{д} = 100 \times 25 = 2500 \text{ Вт} = 2,5 \text{ кВт}$  – полезная мощность оборудования кВт;

$P_{об.пр.} = I_{св} \times U_{д} = 100 \times 25 = 2,5 \text{ кВт}$ .

$$Z_{э-э.пр.} = \frac{2,5 \times 0,12}{0,8 \times 60} \times 2,5 = 0,06 \text{ р/м.}$$

5.4.3 Затраты на содержание и эксплуатацию стандартного и нестандартного оборудования

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} + Z_{в.тех} + Z_{сж.возд} \quad (5.15)$$

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * N_{а_{об}} * t_{ум}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} \quad (5.16)$$

$$A_{об.б.} = \frac{32000 \times 18 \times 0,51}{3714 \times 60 * 100} = 0,013 \text{ р.} \quad A_{об.пр.} = \frac{35000 \times 18 \times 0,12}{3714 \times 60 * 100} = 0,0033 \text{ р.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * N_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.17)$$

где  $N_{т.р}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

$$P_{т.р.б.} = \frac{32000 \times 35 \times 1}{3714 \times 100} = 3,02 \text{ р.} \quad P_{т.р.пр.} = \frac{35000 \times 35 \times 1}{3714 \times 100} = 3,3 \text{ р.}$$

$Z_{об.б.} = 0,013 + 3,02 = 3,033 \text{ р.}$   $Z_{об.пр.} = 0,0033 + 3,3 = 3,333 \text{ р.}$

5.4.4 Фонд заработной платы (**ФЗП**) производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы.



$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} \quad (5.18)$$

Основная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле:

$$ЗПЛ_{осн} = C_ч * t_{шт} * k_{зпл} \quad (5.19)$$

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

$$k_{зпл} = k_{пр} * k_{вн} * k_y * k_{нф} * k_n = 1,25 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,067 \times 1,133 = 1,83 \quad (5.20)$$

$$ЗПЛ_{осн.б.} = 85,5 \times 0,51 \times 1,83 = 79,8р.$$

$$ЗПЛ_{осн.пр.} = 75,5 \times 0,12 \times 1,83 = 16,6р.$$

Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.21)$$

$$ЗПЛ_{доп.б.} = \frac{12}{100} \cdot 79,8 = 9,58р. \quad ЗПЛ_{доп.пр.} = \frac{12}{100} \cdot 16,6 = 1,99р.$$

$$\Phi ЗПб. = 79,8 + 9,58 = 89,38р. \quad \Phi ЗПпр. = 16,6 + 1,99 = 18,59р.$$

Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц} \cdot \Phi ЗП}{100} \quad (5.22)$$

где  $H_{соц}$  – норма отчислений на социальные нужды = 30%.

$$O_{с.н.б.} = \frac{30 \times 89,38}{100} = 26,8р. \quad O_{с.н.пр.} = \frac{30 \times 18,59}{100} = 5,58р.$$

#### 5.4.5 Технологическая себестоимость

$$C_{тех} = 3M + 3_{э-э} + 3об + \Phi ЗП + O_{с.н} \quad (5.23)$$

$$C_{тех.б.} = 91,4 + 0,04 + 3,033 + 89,38 + 26,8 = 210,65р.$$

$$C_{тех.пр.} = 102,2 + 0,06 + 3,333 + 18,59 + 5,58 = 129,8р.$$

#### 5.4.6 Цеховая себестоимость изделия

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех} \quad (5.24)$$

$$P_{цех} = k_{цех} \cdot ЗПЛ_{осн}. \quad (5.25)$$

$$\begin{aligned} R_{цех.б.} &= 2,5 \times 79,8 = 199,5р. & R_{цех.пр.} &= 2,5 \times 16,6 = 41,5р. \\ C_{цех.б.} &= 210,65 + 199,5 = 410,15р. & C_{цех.пр.} &= 129,8 + 41,5 = 171,3р. \end{aligned}$$

#### 5.4.7. Заводская себестоимость

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав} \quad (5.26)$$

$$P_{зав} = k_{зав} * ЗПЛ_{осн} \quad (5.27)$$

$$\begin{aligned} R_{зав.б.} &= 1,8 \times 79,8 = 143,64р. & R_{зав.пр.} &= 1,8 \times 16,6 = 29,88р. \\ C_{зав.б.} &= 410,15 + 143,64 = 553,79р. & C_{зав.пр.} &= 171,3 + 29,88 = 201,18р. \end{aligned}$$

#### 5.4.8 Полная себестоимость

$$C_{полн} = C_{зав} + P_{вн} \quad (5.28)$$

$$P_{вн} = k_{вн} \cdot C_{зав} \quad (5.29)$$

$$\begin{aligned} R_{вн.б.} &= 0,05 \times 553,79 = 27,69р. & R_{вн.пр.} &= 0,05 \times 201,18 = 10,06р. \\ C_{полн.б.} &= 553,79 + 27,69 = 581,48р. & C_{полн.пр.} &= 201,18 + 10,06 = 211,24р. \end{aligned}$$

Таблица 5.4 - Калькуляция себестоимости изделия

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
1. Материалы основные	91,4	102,2
2. Электроэнергия	0,04	0,06
3. Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	3,033	3,333
4. Основная заработная плата	79,8	16,6
5. Дополнительная заработная плата	9,58	1,99
6. Отчисления на социальное страхование	26,8	5,58
<b>Технологическая себестоимость</b>	210,65	129,8
<b>Цеховая себестоимость</b>	410,15	171,3
<b>Заводская себестоимость</b>	553,79	201,18
<b>Полная себестоимость</b>	581,48	211,24

Снижение себестоимости изделия:

$$\Delta C_{полн} = \frac{C_{полн}^{баз} - C_{полн}^{пр}}{C_{полн}^{баз}} \cdot 100\% = \frac{581,48 - 211,24}{581,48} \cdot 100\% = 63,67\%$$

### 5.5 Расчет экономической эффективности

Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения себестоимости изготовления изделия

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left( C_{полн.}^{баз} - C_{полн.}^{проект} \right) \cdot N_{пр} \quad (5.30)$$

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.z.} = \mathcal{E}81,48 - 211,24 \cdot 10000 = 3\,702\,400р.$$

Годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования, может быть рассчитан по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = \left[ \left( C_{полн}^{баз} + E_n \cdot K_{уд}^{баз} \right) - \left( C_{полн}^{проект} + E_n \cdot K_{уд}^{проект} \right) \right] \cdot N_{пр} \quad (5.31)$$

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}81,48 + 0,33 \cdot 3,2 - \mathcal{E}11,24 + 0,33 \cdot 3,52 \cdot 10000 = 3\,701\,344р.$$

### 5.6 Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}^{проект}}{Pr_{ож.}}, \text{ (лет)} \quad (5.32)$$

$$T_{ок} = 35200 / 3\,702\,400 \approx 0,095 \text{ года.}$$

### 5.7 Снижение трудоемкости изготовления изделия

$$\Delta t_{ум} = \frac{t_{ум}^{баз} - t_{ум}^{проектн}}{t_{ум}^{баз}} * 100 = \frac{0,51 - 0,12}{0,51} * 100 = 76,5\%$$

Снижение трудоемкости происходит за счет повышения скорости сварки в результате замены ручной дуговой сварки на механизированную с применением двойной дугой.

### 5.8 Повышение производительности труда

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 * \Delta t_{ум}}{100 - \Delta t_{ум}} = \frac{100 * 0,39}{100 - 0,39} = 39\%.$$

Применение предложенной технологии сварки патрубка к трубопроводу с использованием двойной дуги позволит повысить

производительность на 39%, что и являлось целью работы. При этом повысится надежность проведения сварки на действующем трубопроводе, за счет снижения вероятности прожога.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За счет внедрения предложенной технологии и оборудования для сварки разветвленной дугой цель выпускной квалификационной работы достигнута, что позволило повысить производительность на 39%.

В работе представлен технологический процесс приварки патрубка к действующему газопроводу, рекомендовано специальное сварочное оборудование и материалы, приняты меры по снижению вредных и опасных факторов. Годовой экономический эффект составит 3 701 344 руб. Данный способ сварки позволит снизить вероятность образования прожога основного металла и снижение утомляемости сварщика.

Разработанную технологию можно рекомендовать к внедрению в систему Газпром для врезки патрубков в действующий газопровод.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СТО Газпром 2-2.3-116-2007
2. В. В. Фролов. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов по специальности "Оборудование и теория сварочного производства". Издательство "Высшая школа" 1988 год.
3. Б. Е. Патон. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением под редакцией Б. Е. Патона. Машиностроение, 1974 : ..с.
4. В.П. Сидоров, Н.А. Борисов Свойства разветвленной сварочной дуги// Сб. статей Международной НТК. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2008. 120 с, С.84...87.
5. Вайнерман А.Е. Плазменная наплавка металлов/ А.Е. Вайнерман, М.Х. Шоршоров, В.Д. Веселков, В.С. Новосадов.- М.: Машиностроение, 1969.- 192 с.
6. В. П. Сидоров, Н. А., Борисов. Наплавка разветвленной дугой// Сб. статей 4 Международной НТК. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2008. 120с, С.84...87.
7. П.В.Гладкий, Переpletчиков Е. Ф., Рябцев И. А. Плазменная наплавка. – К.: «Екотехнологія», 2007. – 292 с.
8. Ю.В.Казаков Преддипломная практика – Тольятти: ТГУ, 2007-13 с. Библиогр.: 2 назв.
9. М.Г.Козулин Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008.-77 с.
10. [http://www.nqsgroup.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=49](http://www.nqsgroup.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=49)
11. [http://flange55.ru/steel\\_20.php](http://flange55.ru/steel_20.php)

12. Ю.В. Казаков. Сварка и резка материалов: Учебное пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.; – М.: Издательский центр “Академия”, 2000 – 400 с. ISBN 5-7695-0695-4.

13. Краснопевцева, И.В. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта производственно-технологического характера [Текст] / И.В. Краснопевцева.–Тольятти.: ТГУ. 2012. – с.2-17.

14. Л.Н. Горина Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта : учеб.-метод. Пособие по выполнению дипломного проекта / сост. Л.Н. Горина [и др.]. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 33с.

15. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич пособие по выполнению дипломного проекта [Текст] /А.Г. Егоров, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова.- Тольятти.: ТГУ, 2011.- с.8-87.

16. В.П. Сидоров, Н.А. Борисов Выбор режимов наплавки расщепленной дугой// Проведение научных исследований в области машиностроения: сб. материалов . Всеросс. Научн. Техн. Конф. С элементами научной школы для молодежи. Тольятти, 27-28 ноября 2009 г. В 3-х ч. / Тольятти: ТГУ, 2009. – Ч.1., С.130...132.

17. В. П. Сидоров, Н. А. Борисов. Особенности наплавки свободной разветвленной дугой// Глобальный научный потенциал. Сб. матер. 5-й международной научн.-практ. Конф.: 16-17 июня 2009 – Тамбов, изд-во ТАМБОВПРИНТ, 2009, С.54...57.

18. Гецкин, О.Б. Разработка алгоритма управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах и его реализация в многофункциональном сварочном источнике: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Чеюоксары: НПП «Технотрон». – 2010.

19. Патент РФ № 2359796. Способ дуговой сварки с управляемым переносом электродного металла и устройство для его осуществления /



А.С. Киселёв, А.С. Гордынец, Р.И. Дедюх. Заявл. 07.042008; Оpubл. 27.06.2009, Бюл. № 18.

20. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

21. Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.