

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1.Описание магистрального нефтепровода.....	4
1.1 Характеристика материала и его свариваемость.....	5
1.2 Выбор способа сварки.....	8
1.3 Расчет параметров режимов сварки .....	14
2. Выбор сварочного оборудования.....	21
2.1 Выбор вспомогательного оборудования.....	24
2.2 Участок сварки трубопровода.....	26
2.3 Контроль качества.....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	30

					<b>ОТСЛХ.22.02.06.КП.99П.41ГЧ</b>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА</b>					
<i>Разраб.</i>	<i>Провер.</i>	<i>Реценз.</i>	<i>Н. Контр.</i>	<i>Утверд.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
									2	
								<b>ОТСЛХ зр.41</b>		

## **ВВЕДЕНИЕ**

Ведущее место в машиностроении занимает сварочное производство. Многие узлы и детали, входящие в состав изготавливаемых изделий, машин и оборудования и полученные путем литья, штамповки,ковки, резанием, объединяются между собой с помощью технологических процессов сварки. В самом же сварочном производстве передовое место занимает дуговая сварка. Перспективы развития сварочного производства неразрывно связаны с экономическим потенциалом страны.

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

Одним из основных направлений в решении этой проблемы является применение автоматической сварки. В данном дипломном проекте рассматривается вопрос монтажа трубопровода.

В связи с этим была поставлена задача – разработать технологию монтажа трубопровода и выбор оборудования для реализаций предлагаемой технологий с последующим применением.

Объектом разработки является технология монтажа трубопровода.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки трубы.

Целью курсовой работы является разработка технологического процесса сварки трубы с использованием автоматической сварки в среде защитных газов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

## 1. Описание магистрального нефтепровода

Магистральные трубопроводы — это трубопроводы и отводы диаметром до 1420 мм включительно с избыточным давлением среды свыше 1,18 МПа (12 кгс/см<sup>2</sup>) до 15 МПа (153 кгс/см<sup>2</sup>). Магистральные трубопроводы транспортируют: нефть и нефтепродукты (включая стабильный конденсат и стабильный бензин) от мест их добычи, производства или хранения до мест потребления. При этом к стабильному конденсату и бензину следует относить углеводороды (и их смеси), имеющие упругость насыщенных паров менее 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>) при температуре плюс 20°С; сжиженный углеводородный газ фракций С3 и С4 и их смеси, нестабильный бензин и конденсат нефтяного газа и другие сжиженные углеводороды из районов их добычи или производства до места потребления; товарную продукцию в пределах компрессорных и нефтеперекачивающих станций, станций подземного хранения газа, дожимных компрессорных станций, газораспределительных станций и узлов замера расхода газа; воду в системах отопления и прочих системах водоснабжения и пара с температурой до 250°С; импульсный, топливный и пусковой газ для компрессорных станций, станций подземного хранения газа, газораспределительных станций и узлов замера расхода газ, а также для пунктов редуцирования газа. Материалом для труб магистральных трубопроводов является сталь. По способу изготовления трубы для магистральных трубопроводов делятся на бесшовные, электросварные прямошовные и сварные со спиральным швом.

Трубы диаметром до 500 мм включительно изготавливаются из спокойных и полуспокойных углеродистых и низколегированных сталей. Трубы диаметром до 1020 мм изготавливаются из спокойных и полуспокойных низколегированных сталей. А при изготовлении труб диаметром до 1420 мм применяются низколегированные стали в термически или термомеханически упрочненном состоянии.

Участок магистрального трубопровода (рисунок 1) состоит из линейной части и соединительных деталей, необходимых для подведения трубопровода к насосной станции. Линейная часть (позиция 1,2,3,4) состоит из стальных прямошовных труб диаметром 720 мм и толщиной стенки 10 мм, сваренных в непрерывную нитку. Соединительными деталями линейной части трубопровода являются отвод (позиция 6), патрубок (позиция 8), концентрический переход (позиция 5) для соединения труб разного диаметра и фланец (позиция 7,9).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ОТСЛХ.22.02.06.КП.99П.41ГЧ

Лист

4

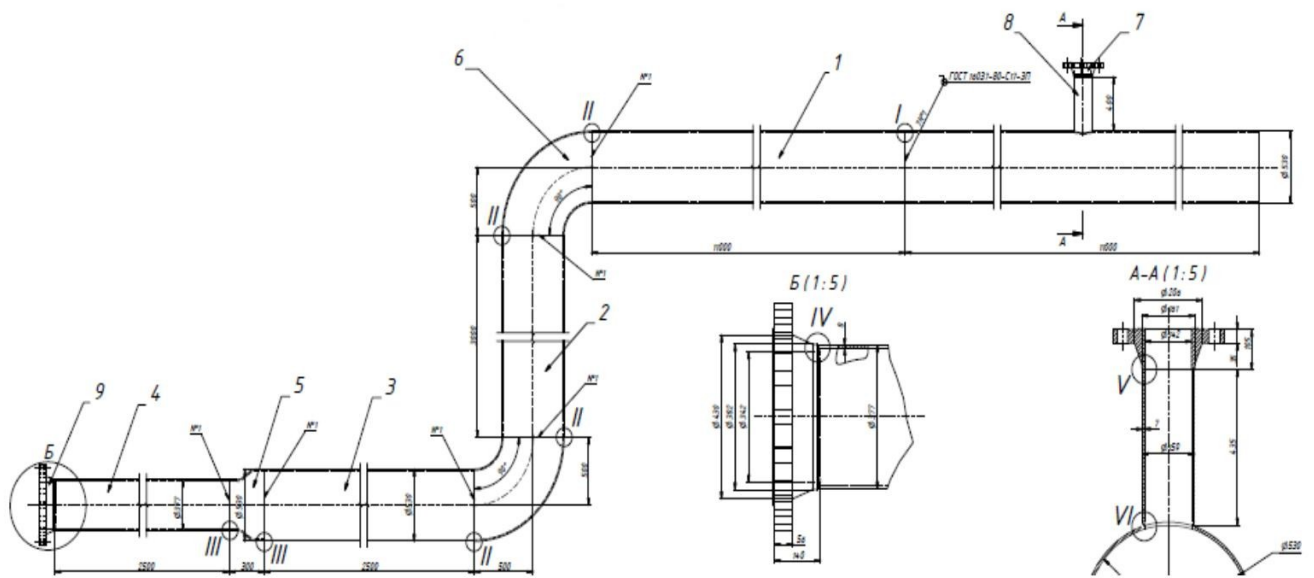


Рисунок 1.1 – Эскиз трубопровода

Трубопровод состоит из соединенных сваркой труб, ограниченных между собой промежуточными запорными арматурами, нагнетающими насосами. Стандартные электросварные прямошовные трубы, диаметром до 820 мм и толщиной стенки 7-12 мм из углеродистой и низколегированной стали.

### 1.1 Характеристика материала и его свариваемость

Для нашей конструкции «Трубопровод» выбираем трубу из стали 17ГС, так как она имеет повышенную коррозионную стойкость и может работать под давлением при комнатной, повышенных и минусовых температурах.

Таблица 1.1 Химический состав стали 17ГС

Массовая доля элементов не более, %:

Азот	Кремний	Марганец	Медь	Мышьяк	Никель	Сера	Углерод	Фосфор	Хром
0,008	0,4-0,6	1-1,4	0,3	0,08	0,3	0,04	0,14-0,2	0,035	0,3

Таблица 1.2 Технологические свойства стали 17ГС

<b>Свариваемость</b>
без ограничений

### 1.3 Механические свойства при T=20°C материала 17ГС

Сортамент	Размер, мм	бв (предел кратковременной прочности), МПа	бТ (предел текучести для остаточной деформации), МПа	δ5(относительное удлинение при разрыве), %	КСУ, кДж / м2
Лист, ГОСТ 5520-79		510	345-355	23	390-440

ОТСЛХ.22.02.06.КП.99П.41ГЧ

Лист

5

Трубы, ГОСТ		490	343	20	
10705-80					

Для изготовления трубопровода используется сталь 17ГС ГОСТ 20295– 85. Сталь поставляется в листах в термообработанном состоянии. Сталь 17ГС широко используется при изготовлении сварных трубопроводов и т.п. при температуре от - 40° до + 475°С . Химический состав представлен в таблице 1.1, механические и физические свойства представлены в таблице 1.3.

Сталь 17ГС – низкоуглеродистая низколегированная конструкционная сталь хорошо свариваемая (обладает хорошей физической и технологической свариваемостью), хорошими прочностными свойствами: предел прочности при растяжении  $\sigma = 510$  МПа; предел текучести  $\sigma = 355$  МПа; относительное удлинение  $\delta \geq 23\%$ .

#### *Сопротивляемость образованию холодных трещин*

Для определения склонности стали к холодным трещинам необходимо рассчитать величину углеродного эквивалента (Сэкв). Узнав эту величину, можно выяснить к какой группе сталей относится наша сталь, и нужен ли при сварке подогрев и последующая термообработка.

Расчет значения эквивалента углерода (согласно ГОСТ 27772-88) производится по формуле:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Si}{15} + \frac{Cr}{10} + \frac{Mo}{10} + \frac{V}{10} \quad (1.1)$$

где С, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P - массовые доли углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора, %.

Свариваемость считается удовлетворительной при  $C_{\text{экв}} \leq 0,45$

Расчёт Сэкв для стали 17ГС

$$C_{\text{экв}} = 0.2 + \frac{1.6}{20} + \frac{0.3}{15} + \frac{0}{10} + \frac{0}{10} + \frac{0.3}{10} = 0.33$$

Свариваемость стали без ограничения так Сэкв равное 0,33 % входит в пределы удовлетворительной свариваемости. Помимо этого необходимо отметить, что научная литература и производственный опыт указывают, что

сталь 17 ГС небольших толщин до 12 мм можно сваривать без термообработки.

*То есть сталь 17ГС не склонна к образованию холодных трещин.*

*Сопротивляемость к образованию горячих трещин.*

Вероятность появления при сварке или наплавке горячих трещин можно определить по показателю Уилкинсона:

$$HCS = \frac{C(S+P + \frac{Si}{25} + \frac{I}{100})}{3Mn+Cr+Mo+V} \cdot 10^3 \quad (1.2)$$

Где Н(Т)СS (high temperature cracking sensitivity) - параметр, оценивающий склонность сварных швов к кристаллизационным горячим трещинам; С, S и др. - химич. элементы, %. С, S, P и др. химич. элементы, %.

Если  $HCS > 4$ , то сварные швы потенциально склонны к горячим трещинам.

Расчёт HCS для стали 17 ГС:

$$HCS = \frac{0.2(0.04+0.03 + \frac{0.6}{25} + \frac{0.3}{100})}{3 \cdot 1.6+0.3+0+0} \cdot 10^3 = 3.8$$

$HCS \leq 4$ , сталь не склонна к образованию горячих трещин.

Сталь 17ГС относится к группе свариваемости – хорошо свариваемая. Она имеет благоприятные показатели свариваемости и при соблюдение определенных условий может быть сварена всеми видами сварки, имеющими промышленное значение. При этом сварные швы обладают необходимой стойкостью против образования кристаллизационных трещин, вследствие пониженного содержания углерода. Образование кристаллизационных трещин возможно лишь в случае неблагоприятной формы провара, например в угловых швах, в первом слое многослойного шва, односторонних швах с полным проваром кромок.

## 1.2 Выбор способа сварки

### *Ручная дуговая сварка.*

Дуговая сварка металлическими электродами с покрытием в настоящее время остается одним из самых распространенных методов. Используемых при изготовлении сварных конструкций. Это объясняется простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможность выполнения сварки в различных пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки.

Существенный недостаток ручной дуговой сварки покрытым электродом – малая производительность процесса и зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика.

К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный и переменный сварочный ток. Дуга 1 расплавляет металлический стержень электрода 2, его покрытие и основной металл 3 [6]. Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель 4, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну 5. В сварочной ванне расплавленный металл электрода и основного металла смешивается, а расплавленный шлак всплывает на поверхность, образуя шлаковую корку 6, как показано на рисунке 1.2.

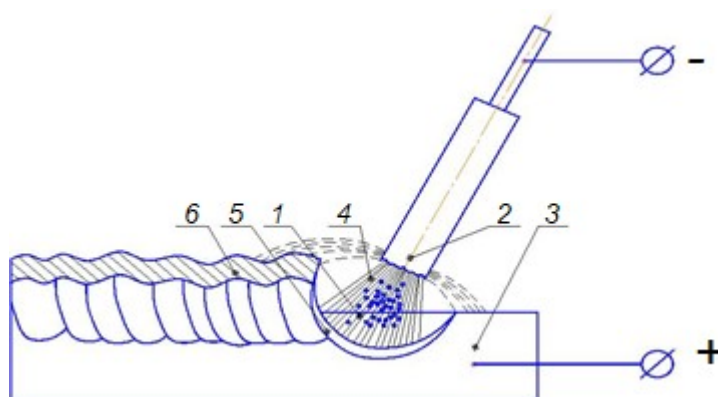


Рисунок 1.2 – Ручная дуговая сварка покрытым электродом

При сварке низкоуглеродистой низколегированной стали используются электроды АНО – 1, СМ – 11, ОЗС – 2, ОК-46, УОНИ-13/55.

Размеры сварочной ванны зависят от режима сварки и обычно находятся в пределах: глубина до 7 мм, ширина 8 – 15 мм, длина 10 – 30 мм. Доля участия основного металла в формировании металла шва обычно составляет (15 – 35%).

#### *Преимущества ручной дуговой сварки*

- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- сравнительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;
- простота и транспортабельность сварочного оборудования.

#### *Недостатки ручной дуговой сварки*

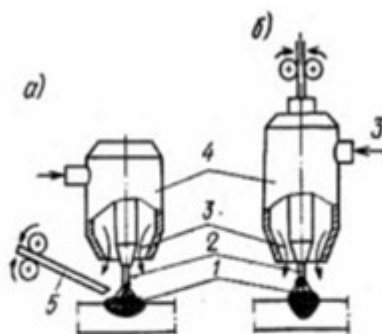
- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;
- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;
- вредные условия процесса сварки.

#### *Автоматическая сварка в среде защитных газов*

Сварка в защитных газах нашла широкое применение в промышленности. Этим способом можно соединять в различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей миллиметров до десятков миллиметров.

В зону сварки защитный газ может подаваться центрально (рисунок 1.3), а при повышенных скоростях сварки плавящимся электродом - сбоку. Для экономии расхода дефицитных и дорогих инертных газов используют защиту двумя отдельными потоками газов; наружный поток - обычно углекислый газ.





а – неплавящийся электрод; б – плавящийся электрод;  
 1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – защитный газ;  
 4 – горелка; 5 – присадочная проволока.

Рисунок 1.3 – Схемы сварки в защитных газах

Смесь инертных газов с активными рекомендуется применять и для повышения устойчивости дуги, увеличения глубины проплавления и изменения формы шва, металлургической обработки расплавленного металла, повышения производительности сварки. При сварке в смеси газов повышается переход электродного металла в шов.

Смесь аргона с 1—5% кислорода используют для сварки плавящимся электродом низкоуглеродистой и легированной стали. Добавка кислорода к аргону понижает критический ток, предупреждает возникновение пор, улучшает форму шва.

Смесь аргона с 10—25% углекислого газа применяют при сварке плавящимся электродом. Добавка углекислого газа при сварке углеродистых сталей позволяет избежать образование пор, несколько повышает стабильность дуги и надежность защиты зоны сварки при наличии сквозняков, улучшает формирование шва при сварке тонколистового металла.

Смесь аргона с углекислым газом (до 20%) и с не более 5% кислорода используют при сварке плавящимся электродом углеродистых и легированных сталей. Добавки активных газов улучшают стабильность дуги, формирование швов и предупреждают пористость.

Смесь углекислого газа с кислородом (до 20%) применяют при сварке плавящимся электродом углеродистой стали. Эта смесь имеет высокую окислительную способность, обеспечивает глубокое проплавление и хорошую форму, предохраняет шов от пористости.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

Тепловой дугой расплавляется основной металл и электродная проволока. Расплавленный металл сварочной ванны кристаллизуется, образуя сварной шов. В качестве защитного газа применяется аргон (гелий).

Сварку выполняют проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Структура и свойства металла шва и околошовной зоны зависят от марки использованной проволоки, состава и свойств основного металла и режима сварки.

На свойства металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании азота и водорода, а также влаги в швах могут образовываться поры. Сварка в углекислом газе менее чувствительна к отрицательному влиянию ржавчины.

Оптимальное расстояние от сопла горелки до изделия лежит в пределах 15-25 мм. Если вылет электрода больше, то может нарушиться газовая защита сварочной ванны. При меньшем вылете электрода быстро изнашивается токоподводящий мундштук и ухудшаются условия формирования шва.

*Недостатками данного способа сварки являются:*

- дефицитность и высокая стоимость инертных защитных газов;
- необходимость защиты сварщика от светового и теплового излучения.

*Достоинства способа:*

- повышенная степень защиты металлов от окисления на открытом воздухе;
- удобство в использовании данного типа сварочного аппарата при работе в различных пространственных положениях;
- при использовании в качестве защиты смеси газов К-18, на поверхности сварочного шва не возникает шлаковых включений и оксидов;
- при использовании сварки в среде защитных газов возможно наблюдение за процессом формирования сварочного шва и его регулирование;
- большая производительность и эффективность, чем при использовании дуговой сварки;

Области применения:

Область применения сварки в среде защитных газов чрезвычайно широка. Её используют для соединения узлов летательных аппаратов, трубопроводов,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

для сварки тугоплавких (титана, ниобия и т.п.) и цветных металлов (алюминий, медь).

*Автоматическая сварка под слоем флюса:*

Оптимальной особенностью данного способа сварки является то, что сварочная дуга горит не на открытом воздухе, а под слоем флюса, как показано на рисунке 1.4.

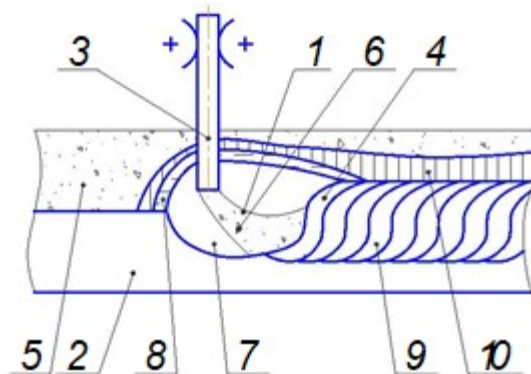


Рисунок 1.4 – Автоматическая сварка под слоем флюса

Под действием тепла дуги 1 расплавляется основной металл 2, электродная проволока 3 и часть флюса 5, непосредственно прилегающая к зоне сварки. Электродная проволока подается в зону сварки со скоростью ее плавления и переходит в сварочную ванну 4 в виде капель 6. Расплавленный флюс образует плотную эластичную оболочку – газовый пузырь 7, созданный слоем жидкого флюса 8. Внутри газового пузыря создается избыточное давление паров, которое и удерживает жидкий флюс и оттесняет часть расплавленного металла в противоположном относительно направления сварки. После кристаллизации сварочной ванны образуется сварной шов 9, покрытый шлаковой коркой 10.

Высокая производительность при сварке под слоем флюса достигается за счет использования больших токов и высоких плотностей тока в электроде. Благодаря плотному слою флюса, окружающему зону сварки, высокие значения сварочного тока и плотностей тока, потери электродного металла на разбрызгивание и угар не составляют, а так же не ухудшают условия формирования шва, кроме того предотвращается выдувание жидкого металла из сварочной ванны. Это позволяет производить сварку металла без разделки кромок на высоких скоростях. Основное назначение флюса – защита сварочной ванны от вредного воздействия кислорода и азота атмосферы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ОТСЛХ.22.02.06.КП.99П.41ГЧ

Лист

12



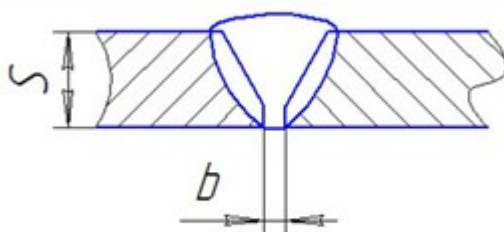
– нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования.

Вывод:

Из проведенного выше анализа и экономических соображений для сварки кольцевых швов трубопровода выбираем автоматическую сварку в среде инертных газов неплавящимся электродом, а скользящие опоры и швы прихваток будут свариваться ручной дуговой сваркой.

### 1.3 Расчет параметров режимов сварки

Расчет параметров режима сварки соединения С17 по ГОСТ 14771-76



$$S=8 \text{ мм}; b=1\text{мм}; c=1$$

Рисунок 1.5 - Сварное соединение С17

Площадь наплавленного металла  $F_n$

$$F_n = 7 \cdot 4 + 8 + 8 \cdot 1.5 = 48 \text{ мм}^2$$

Сварку шва С17 общей площадью  $48 \text{ мм}^2$  будем выполнять в 2 прохода

Диаметр присадочной проволоки

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

(1.3)

$$d_{эн} = \sqrt[4]{8} \approx 1.61 \text{ мм}$$

Принимаем  $d_{эн} = 1.2 \text{ мм}$

Глубина проплавления  $h_p$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ОТСЛХ.22.02.06.КП.99П.41ГЧ

Лист

14

$$h_p = 0.7S - 0.5b \quad (1.4)$$

$$h_p = 0.7 \cdot 8 - 0.5 \cdot 1 = 5.1 \text{ мм}$$

Принимаем  $h_p = 5 \text{ мм}$

$$d_s = K_d F_n^{0.625} \quad (1.5)$$

где  $K_d$  – табличный коэффициент,  $K_d = 0,12$

при сварке в нижнем положении

$$d_s = 0.12 \cdot 44^{0.625} = 1.2 \text{ мм}$$

Примем  $d_s = 1.2 \text{ мм}$ , как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока  $I_{св}$  для корневого шва через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления  $K_n$  принимаем из таблицы

$$I_{св} = \frac{h_{k1}}{K_H} \cdot 100 \quad (1.6)$$

$$I_{св} = \frac{5.1}{2.9} \cdot 100 = 175 \text{ А}$$

Примем  $I_{св} = 175 \pm 5 \text{ А}$

*Оптимальный вылет электродной проволоки*

$$l_s = 10d_s \pm 2d_s \quad (1.7)$$

$$l_s = 10 \cdot 1.2 \pm 2 \cdot 1.2 = 12 \pm 2 \text{ мм}$$

*Плотность тока*

$$j = \frac{4 \cdot I_{св}}{\pi d_3^2}$$

(1.8)

$$j = \frac{4 \cdot 175}{3.14 \cdot 1.2^2} = 155 \text{ A/мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5] при условии, что при величине сварочного тока более 210 А при сварке проволокой диаметром 1,2 мм величина потерь составляет 1,5 %.

$$a_p = 1.21 \cdot I_{св}^{0.32} \cdot I_3^{0.39} \cdot \frac{1}{d_3^{0.64}}$$

(1.9)

$$a_p = 1.21 \cdot 175^{0.32} \cdot 12^{0.39} \cdot \frac{1}{1.2^{0.64}} = 9.82 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$a_n = a_p \cdot \frac{100 - \psi}{100}$$

(1.10)

$$a_n = 9.82 \cdot \frac{100 - 3.8}{100} = 9.5 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

где  $a_p$  – коэффициент расплавления г/А·ч;

$a_n$  – коэффициент наплавки г/А·ч

*Скорость сварки корневого прохода*

$$V_{св1} = \frac{a_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \rho \cdot F_{н1}}$$

(1.11)

$$V_{св1} = \frac{9.5 \cdot 175}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.20} = 10.6 \text{ м/ч}$$

Где  $\rho$  – плотность стали,  $\rho = 7.8 \text{ г/см}^3$

*Напряжение на дуге*

$$U_d = 14 + 0.15 \cdot I_{св}$$

(1.12)

$$U_d = 14 = 0.05 \cdot 175 = 22.75 \approx 23 \text{ В}$$

*Погонная энергия*

$$q_n = \frac{I_{св} U_d \eta}{V_{св}}$$

(1.13)

$$q_n = \frac{175 \cdot 23 \cdot 0.75}{0.09} = 33542 \text{ Дж/см}$$

Где  $q_n$  - погонная энергия, Дж/см

$\eta$  - коэффициент полезного действия дуги,  $\eta = 0.75$

*Коэффициент провара*

$$\psi_{np} = K \cdot (19 - 0.01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_d}{I_{св}}$$

(1.14)

$$\psi_{np} = 0.92 \cdot (19 - 0.01 \cdot 175) \cdot \frac{1.2 \cdot 23}{175} = 2.5$$

где  $\psi_{np}$  – коэффициент провара

$K$  – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при  $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$  для постоянного тока обратной полярности  $K = 0.92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента  $\psi_{np}$  в пределах  $\psi_{np} = 0.8 \div 4$ , то сварной шов соответствует нормам формирования.

*Глубина проплавления*

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}}$$



(1.15)

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{33542}{2.5}} = 4.5 \text{ см}$$

где  $h$  – глубина проплавления заданная  $h = 5,0$  мм, расчетная глубина проплавления  $h = 4,5$  мм. Результат расчета удовлетворительный.

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{mн} = 4 \cdot F_{Hи} \cdot V_{св} \cdot i \cdot i$$

(1.16)

$$V_{mн} = \frac{4 \cdot 44 \cdot 10.6 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2.5)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 430 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.4- Параметры режима сварки корневого шва

$d_{э}, \text{мм}$	$I_{св}, \text{А}$	$I_{э}, \text{мм}$	$V_{св}, \text{м/ч}$	$U_{д}, \text{В}$	$V_{mн}, \text{м/ч}$	$F_{H1}, \text{мм}^2$
1.2	175±5	12±2.4	10.6±1	23	430	20

### Рассчитаем режимы 2 прохода (основного)

Площадь наплавленного металла для второго прохода

$$F_{н} = F_{корн} + F_{осн}$$

(1.17)

$$F_{н} = 48 - 20 \approx 28 \text{ мм}^2$$

$$h_p = 6 \text{ мм}$$

где  $h_p$  – расчетная глубина проплавления, мм

Диаметр электродной проволоки

$$d_{э} = K_d \cdot F_n^{0.625}$$

(1.18)

$$d_{э} = 0.12 \cdot 42^{0.625} = 1.24 \text{ мм}$$

Примем  $d_{э} = 1,2$  мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров

по ГОСТ 2246-70.

*Значение сварочного тока*

$$I_{св} = \frac{hp}{K_H} 100 \quad (1.19)$$

$$I_{св} = \frac{6}{2.9} 100 = 207 \text{ A}$$

Примем  $I_{св} = 205 \pm 5 \text{ A}$

*Оптимальный вылет электродной проволоки*

$$l_э = 10 d_э \pm 2 d_э \quad (1.20)$$

$$l_э = 10 \cdot 1.2 \pm 2 \cdot 1.2 = 12 \pm 2.4 \text{ мм}$$

*Плотность тока*

$$j = \frac{4 \cdot I_{св}}{\pi d_э^2} \quad (1.21)$$

$$j = \frac{4 \cdot 205}{3.14 \cdot 1.2^2} = 181 \text{ A/м}^2$$

*Коэффициент расплавления и наплавки*

$$a_p = 1.21 \cdot I_{св}^{0.32} \cdot l_э^{0.39} \frac{1}{d_э^{0.64}} \quad (1.22)$$

$$a_p = 1.21 \cdot 205^{0.32} \cdot 12^{0.39} \frac{1}{1.2^{0.64}} = 13.85 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$a_n = a_p \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.23)$$

$$a_n = 13.85 \frac{100 - 3.8}{100} = 13.32 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

где  $\alpha_p$  – коэффициент расплавления г/А·ч;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки г/А·ч

*Скорость сварки*

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \alpha_p \cdot F_n} \quad (1.24)$$

$$V_{св} = \frac{13.32 \cdot 205}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.28} = \frac{0.4 \text{ см}}{\text{с}} = 16.56 \approx 17 \text{ м/ч}$$

*Напряжение на дуге*

$$U_\delta = 14 + 0.05 \cdot I_{св} \quad (1.25)$$

$$U_\delta = 14 + 0.05 \cdot 205 = 24 \text{ В}$$

*Скорость подачи электродной проволоки*

$$V_{mn} = 4 \cdot F_n \cdot V_{св} \cdot \lambda \quad (1.26)$$

$$V_{mn} = \frac{4 \cdot 42 \cdot 17 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2.3)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 645 \text{ м/ч}$$

$d_\gamma, \text{мм}$	$I_{св}$	$l_\gamma, \text{мм}$	$V_{св}, \text{м/ч}$	$U_\delta, \text{В}$	$V_{mn}, \text{м/ч}$	$F_n, \text{мм}^2$
1.2	205±5	12±2.4	17±1	24±2	645±10	28

## 2. Выбор сварочного оборудования

По результатам расчетов параметров режима сварки для автоматической сварки под флюсом продольных и кольцевых наружных швов выбираем сварочный автомат PRD-100, который предназначен для дуговой сварки неплавящимся электродом на постоянном токе в среде инертных газов изделий из малоуглеродистых и низколегированных сталей, с водяным охлаждением горелки.

Установка орбитальной сварки состоит из нескольких основных компонентов. Одним из основных является источник питания. С ним в комплекте идет контроллер, отвечающий за параметры рабочих режимов. Основным рабочим инструментом является сварочная голова, которая

работает вместе с механизмом автоматической подачи проволоки. Этот механизм может работать на нескольких скоростях, в зависимости от заданных условий работы. Иногда требуется теплоноситель, который также входит в конструкцию. Крепление головы делается таким образом, чтобы она могла перемещаться вокруг трубы, по так называемой орбите.

Автомат PRD-100 имеет возможность осуществлять сварку одной горелкой, так же есть функция поперечного колебания. Состоит из корпуса, привода перемещения, роликов с помощью которых перемещается по хомуту направляющей, привода поперечного перемещения сварочной головки, системы водяного охлаждения .



Рисунок 1.6- Установка для сварки PRD-100

Головка PRD 100 разработана для сварки труб больших диаметров неплавящимся электродом в среде инертного газа (TIG). Точное и высокотехнологичное исполнение позволяет качественно и быстро сваривать трубы наружным диаметром от 100 и более мм. Иными словами, головка может перемещаться по плоскости. Данная головка имеет компактное исполнение и требует очень малого пространства вокруг наружной поверхностью свариваемой трубы - всего 73 мм (в радиальном направлении).

Головка имеет водяное охлаждение и работает на сварочном токе до 400 А (импульсный режим). Перемещение головки осуществляется по направляющим, которые быстро и точно фиксируются на трубе. Программа цикла сварки с установленными величинами сварочных параметров контролируется микропроцессорной системой. Головка PRD оснащена функцией контроля напряжения на дуге, системой поперечных колебаний.

Совместима для работы со сварочным источником MechTig 4000i с блоком управления MechControl 4.

Поставка включает:

Сварочная головка PRD 100 поставляется с шлейфом соединительных шлангов и кабелей (ток, газ, вода) длиной 8 м и кабелем питания электродвигателя.

Таблица 1.4- Техническая характеристика установки для сварки головка PRD 100

Тип сварочного процесса TIG MIG/MAG,	«холодная проволока» плазма
Диаметр сварочной проволоки, мм TIG MIG/MAG	0.8;0.9;1.0;1.2;0.8; 1.0;1.2;1.4;1.6
Напряжение питания, В	380
Диаметр трубы (мин./ макс.) , мм	От 140 мм до бесконечности
Скорость подачи проволоки, м/мин TIG TIG FC MIG/MAG	2.8 7.9 7.9
Скорость сварки, мм/мин	30-1000
Скорость перемещения, мм/мин	30-2000
Угол поворота свар. головки относит. вертикал. оси, °	±90град
Угол поворота свар. головки относит. гориз. оси, °	±45
Габаритные размеры, мм	550x450x270мм
Вес, кг	16

#### *Источники питания серии ВДУ*

Источники питания серии ВДУ называют универсальными сварочными выпрямителям, так как их электрические схемы предусматривают переключения для работы, как с жёсткими, так и с падающими внешними характеристиками. Универсальные сварочные выпрямители серии ВДУ обеспечивают плавное дистанционное регулирование выходных тока и напряжения, стабилизацию режима при изменениях напряжения сети. Выпрямители работают с принудительным воздушным охлаждением. Включение выпрямителя в силовую сеть и защита от кратковременных аварийных коротких замыканий в цепях установки осуществляется сетевым автоматическим выключателем, защита от перегрузок в процессе работы –

тепловыми реле магнитных пускателей. Сварочные выпрямители серии ВДУ выполняют в однокорпусном исполнении.



Рисунок 1.7- Сварочный источник Protig 450

Сварочный источник Protig 450 прекрасно работает с головками А21 для стыковой сварки труб, с головками А22 для сварки труб с трубной доской и с модульной сварочной системой А25. Этот источник необходим при сварке вышеуказанными головками с поперечными колебаниями и АVC (АРНД). Protig 450 может разделить сварочные программы на большое количество отдельных независимых секторов. Источник оборудован блоком RS 232, позволяющим использовать компьютерную программу мониторинга сварочных параметров во время проведения сварки — Weldom WMSTM 4000 Программа SPS 4000 — это компьютерная программа документирования (без возможности мониторинга). ПК с EMC защитой от сварочных помех предоставляет заказчик.

Таблица 1.5- Технические характеристики сварочного источника Protig 450

	Protig 450	Protig 450 3×230-400-500/ 50,3×208-230-
Напряжение сети, В/Гц	3×400/50-60	50,3×208-230-
Диапазон регулирования сварочного тока, А	5-450	460-475/60
Макс, сварочный ток при ПВ 45%, А	450	5-450
Макс, сварочный ток при ПВ 100%, А	360	450
Напряжение холостого хода, В :	50-60	360
Мощность холостого хода, Вт	520	50-60
Габариты, мм	734x489x695	520
Масса, кг	113	734x489x695
		159

## 2.1 Выбор вспомогательного оборудования

Выбор сборочно-сварочных оборудования и приспособлений (оснастки) производится в соответствии с предварительно избранными способами сборки-сварки узлов. При разработке данного вопроса необходимо учитывать то, что выбор сборочно-сварочного оборудования и приспособлений должен обеспечить следующее:

- уменьшение трудоёмкости работ, повышение производительности труда, хранение длительности производственного цикла;
- облегчение условий труда;
- повышение точности работ, улучшение качества продукции, сохранение заданной формы свариваемых изделий путём соответствующего закрепления их для уменьшения деформаций при сварке.

Приспособления должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать доступность к местам установки деталей к рукояткам зажимных и фиксирующих устройств, к местам прихватов и сварки;
- обеспечивать наивыгоднейший порядок сборки;
- должны быть достаточно прочными и жёсткими, чтобы обеспечить точное закрепление деталей в требуемом положении и препятствовать их деформации при сварке;
- обеспечивать такие положения изделий, при которых было бы наименьшее число поворотов, как при наложении прихваток, так и при сварке;
- обеспечивать свободный доступ при проверке изделия;
- обеспечивать безопасное выполнение сборочно-сварочных работ.

В проекте для изготовления трубопровода выбрано стандартное сборочное оборудование и приспособления.

*Прямая электрошлифовальная машина ИЭ – 2004А*

Электрошлифовальная машина ИЭ – 2004А предназначена для зачистки абразивным кругом сварных швов чугунного и стального литья, очистки металлоконструкций от коррозии и других работ, общий вид представлен на рисунке 1.8. Скорость вращения шпинделя определяется максимально

допустимой скоростью вращения абразивного круга. Для ручных машин она не должна превышать 25...30 м/с, что достигается применением понижающей одноступенчатой цилиндрической зубчатой передачи.

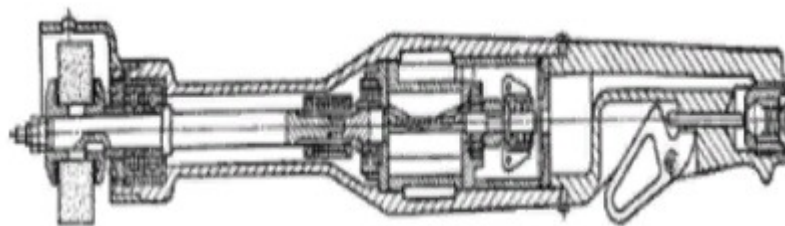


Рисунок 1.8 – Прямая электрошлифовальная машина ИЭ-2004А

*Ручной электрический фаскосниматель (кромкорез) ОМСА МФ-760*



Рисунок 1.9 - Ручной электрический фаскосниматель (кромкорез) ОМСА МФ-760.

При достаточно небольшой массе - 13 кг, ОМСА МФ-760 является мощным фаскоснимательным агрегатом, позволяющим снимать фаску с листового металла глубиной и шириной до 15 мм. При этом угол фаски может варьироваться от 15 до 45°



Рисунок 1.10 - Центратор наружный звенный ЦЗН, ЦЗА



Центратор наружный звенный с ручным приводом необходим для центровки стыков труб при сварке в полевых условиях. Звенные центраторы- шарнирный многогранник из звеньев и нажимных роликов. Центраторы ЦЗН производятся с опорным подшипником, сталь 20, толщина 6мм, резьба М27х3. По желанию центраторы ЦЗН производятся с трапецидальной упорной резьбой 30х6. Усиленный звенный центратор с 530мм до 1720мм производится с двойной штангой (сталь 20, толщина 5мм).

## 2.2 Участок сварки трубопровода

При сварке в трассовых условиях оптимально технологическому процессу соответствует поточно-расчлененный метод сборки и сварки (рисунок 1.11)

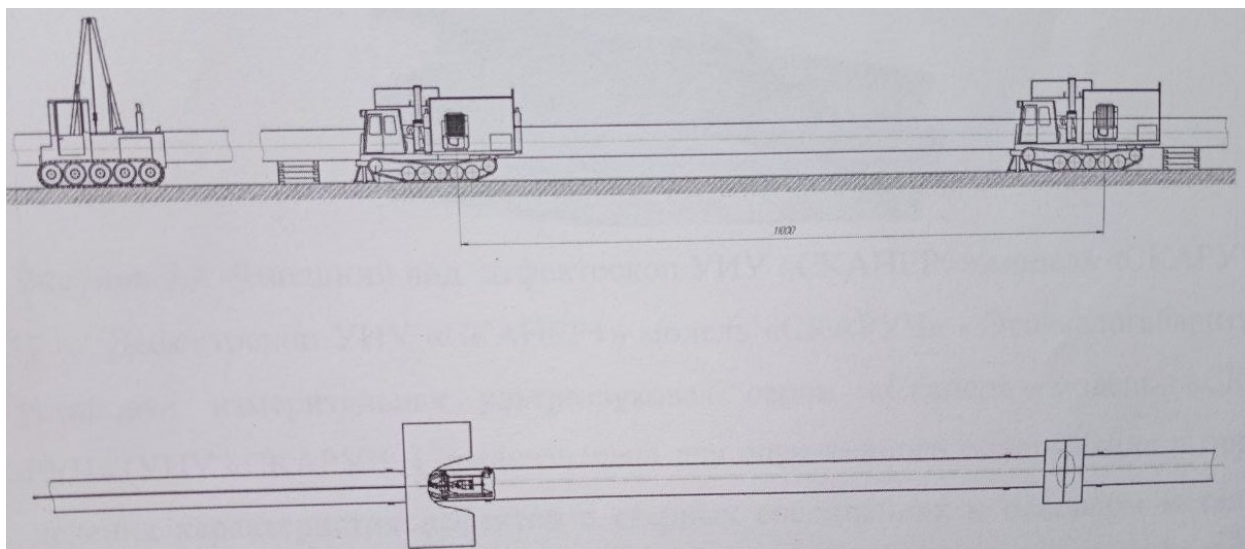


Рисунок 1.11- Поточно-расчлененный метод сборки и сварки

Этот метод заключается в следующем: на участке сварки коренного слоя шва методом SST происходит центровка труб с последующей сваркой и зачисткой корневого слоя шва, после чего производится переезд на следующий стык, на участке сварки заполняющих слоев комплексом «Протеус» и зачистка после каждого прохода ; на последнем участке производится сварка облицовочного слоя шва и окончательная зачистка шва.

## 2.3 Контроль качества

Контроль качества сварного шва - необходимая процедура для определения качества нефтепровода. Если шов недостаточно плотный, с нарушенной герметичностью и другими деформациями – все это неминуемо скажется на сроке эксплуатации металлической конструкции. Особенно быстро произойдет в случае, если Конструкция будет находиться под постоянным давлением.

Для контроля качества и проверки соответствия швов нефтепровода был выбран современный ультразвуковой дефектоскоп УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ». Внешний вид представлен на рисунке 1.12.



Рисунок 1.12- Дефектоскоп УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ»

Дефектоскоп УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ» - это малогабаритная измерительная ультразвуковая установка серии «Сканер» - модель «СКАРУЧ» (УИУ «СКАРУЧ») предназначенная для оперативного обнаружения и определения характеристик дефектов в сварных соединениях и основном металле трубопроводов, сосудов и металлоконструкций с толщиной стенки от 4 до 60мм и проведения толщинометрии изделий толщиной до 100мм. Установка используется для ручного и механизированного ультразвукового контроля качества сварных соединений и основного металла со скоростью продольного шва или участка основного металла.

Также для контроля качества используем внешний осмотр сварных соединений .

## Заключение

В данной курсовой работе разработана технология и сделан подбор оборудования для дуговой сварки в среде защитных газов трубопровода.

В курсовой работе проведено обоснование выбора орбитальной сварочной установки PRD-100, подобрано оборудование для сборки, прихватки и зачистки сварных швов. Все эти мероприятия приводят к снижению времени на сварку. Таким образом, введение в технологический процесс специального оборудования позволяет использовать более высокопроизводительные режимы сварки.

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	ОТСЛХ.22.02.06.КП.99П.41ГЧ				

## Список литературы

1. Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие : в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.] ; под общ.ред. Н.Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989 – 544 с., ил.
2. Справочник сварщика/ Под ред. В.В. Степанова. - Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1975 - 520с.
3. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением/ А.И. Акулов, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977 - 431 с.
4. Катаев, Р.Ф. Расчет основных параметров режима механизированной дуговой сварки/ Р.Ф. Катаев. – Екатеринбург: Сфера, 1992 -36 с.
5. Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов / К.В. Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. – Киев: Вища школа, 1976 – 424 с.
6. Бакиев, А. В. Технология аппаратостроения: учебное пособие / А.В. Бакиев. - Уфа: УГНТУ, 1995 - 297 с
7. Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / М. Колосков. - М.: Машиностроение, 2003 - 784 с.
8. Кнорозов, Б. В. Технология металлов / Л.Ф. Усова, А.В Третьяков, Б.В. Кнорозов. - М.: Металлургия, 1978 - 324 с.
9. Макарова. Э.Л. Сварка и свариваемые материалы/ Э. Л. Макарова. - М.: Металлургия, 1991 - 528 с.
10. Куликов, В.П. Технология сварки плавлением / В.П. Куликов. - Минск.: Дизайн ПРО, 2000 - 256 с.
11. Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением / СИ. Думов. - М.: Машиностроение, 1987 - 458 с.
12. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский. - М.: Машиностроение, 1974 - 233 с.
13. Николаева, Г.А. Сварка в машиностроении: справочник / под ред. Г.А. Николаева. - М.: Машиностроение, 1978  
Т.1 – 385 с.  
Т.2 - 391 с.
14. Елагин, А.В. Сварка в среде защитных газов / А.В. Елагин. - М: машиностроение 1971 - 263 с.
15. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли» / сост. Л.Т. Плаксина, В.И. Панов, С.А. Задорина. - Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос гос. проф.-пед. ун-т, 2008 - 38 с.
16. Промышленное оборудование. Каталог №5 / Совплим // Промышленное оборудование. - М.: Дюкон, 2015 - 98 с.
17. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением /Под ред. акад. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974 - 768 с.
18. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова. - М.: Машиностроение, 1989 - 640 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ОТСЛХ.22.02.06.КП.99П.41ГЧ

Лист

30