

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»  
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ М.А. Иванов

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Сборка и сварка кольцевых стыков магистрального газопровода диаметром 1420 мм  
**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
**К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**  
**ЮУрГУ-15.03.01.2018. . ПЗ ВКР**

Руководитель работы

Подпись

И.О., Фамилия

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы П-440  
Кужаков Оскар Римович

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролёр  
преподаватель

\_\_\_\_\_ Ю.В. Безганс

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	7
1.1 Описание изделия.....	7
1.2 Описание трубной стали .....	8
1.3 Технология проведения.....	11
1.4 Требования к аттестации технологии сварки .....	28
1.5 Описание предлагаемой технологии .....	29
1.6 Описание принятых сварочных материалов .....	31
1.7 Расчет параметров режимов сварки предлагаемой технологии .....	34
1.7.1 Расчет параметров режима сварки для корневого прохода .....	35
1.7.2 Расчет параметров режима сварки первого заполняющего прохода.....	38
1.7.3 Расчет параметров режима сварки последующих заполняющих проходов.....	40
1.7.4 Расчет параметров режима сварки облицовочного прохода....	41
1.8 Описание оборудования для сварки .....	43
1.9 Контроль качества .....	48
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ .....	55
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ.....	59
3.1 Расчет фондов рабочего времени .....	61
3.2 Расчет норм штучного времени.....	62
3.3 Организация производства .....	65
3.4 Расчет расхода материалов .....	69
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНEDEЯТЕЛЬНОСТИ.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	80

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

5

## ВВЕДЕНИЕ

В большинстве стран мира газовая и нефтяная промышленность является основным источником дохода государства. В Российской Федерации основной бюджет пополняется за счет доходов данной сферы.

Нефтяной и газовый сектор основывается на добыче и транспортировке добываемого продукта. Транспортировка выполняется по трубопроводу. Поставку сырья осуществляют в основном ПАО «Роснефть», ПАО «Газпром» и другие.

В современном мире необходимость качества сварных соединений играет важную роль, а также важно, чтобы производство осуществлялось условиях меньших затрат.

В наше время все промышленные страны стремятся усовершенствовать технологию сварки путем автоматизации процессов, смены устаревшего оборудования и инструментов, повышение квалификации рабочих.

В выпускной квалификационной работе предлагается усовершенствовать технологию сборки и сварки кольцевого стыка труб магистральных газопроводов путем замены автоматической сварки в среде защитных газов на автоматическую сварку под слоем флюса с применением поворотного стыка при укрупнении в трехтрубную секцию с последующим применением специальной оснастки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

6

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Описание изделия

Изделие, изготавливается из труб класса прочности К60 типоразмера 1420×27 мм. Общий вид трубы, которая используется при строительстве магистрального газопровода, изображен на рисунке 1.1.

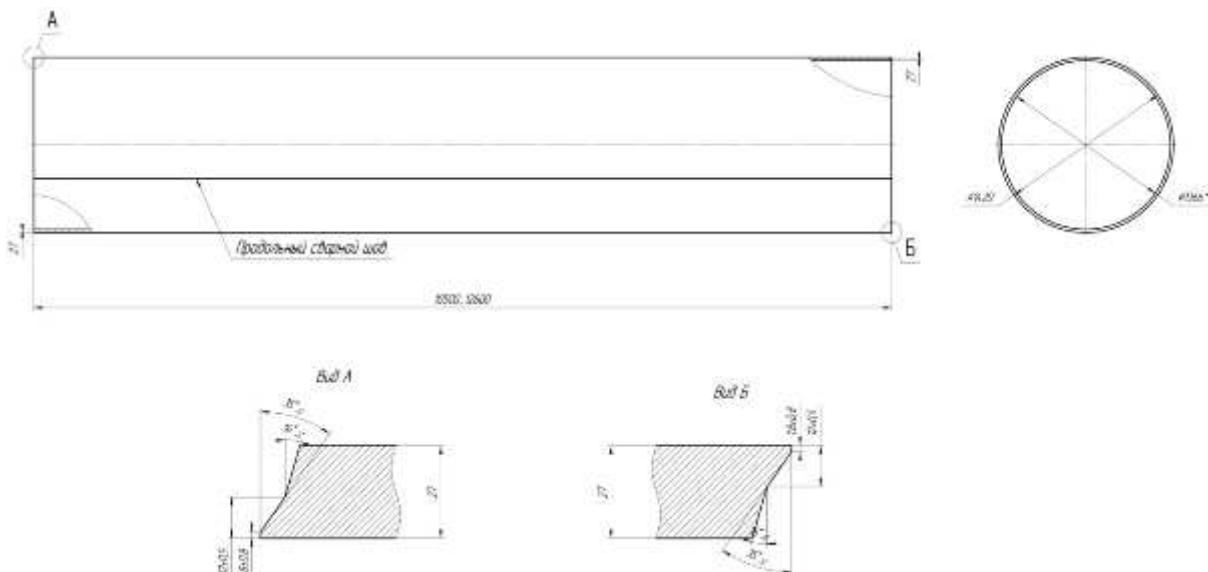


Рисунок 1.1 – Общий вид трубы

Трубы, поставляемые на объект для строительства газопровода, должны производиться в нескольких вариантах исполнения:

- одношовные;
- двухшовные;
- спиралешовные;
- одношовные, сваренные токами высокой частоты.

На участок поставляются трубы одношовные. Сварка производится под слоем флюса, шов при этом двусторонний.

Длина труб, поставляемые на трассу, находится в диапазоне 10500 – 12600 мм. Допускается поставка труб длиной менее 10500 мм, но не менее 10000 мм в количестве не более 10% от партии.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

По рисунку 1.1 на двух концах трубы есть двухугловая фаска с углами 35° и 16°. Нормативные документации подтверждают применения данного типа фаски, и применяется для сварки труб с толщиной стенки более 16 мм. Условие равнопрочности обеспечено при данном типа фаски. При этом учитывается оптимальное количество наплавленного металла.

На объект строительства магистрального газопровода поставляются трубы, соответствующие следующим геометрическим характеристикам:

- отклонение профиля наружной поверхности трубы от окружности в зоне сварного соединения на двух концевых участках длиной не менее 200 мм от торца, а также по дуге длиной не менее 200 мм, должно составлять не более 2,13 мм;
- косина реза не должна превышать значение 1,6 мм;
- максимальное отклонение от номинального наружного диаметра на торцах труб на длине не менее 200 мм от торца не должно превышать  $\pm 1,6$  мм;
- значение овальности не должно быть более 14,2 мм.

## 1.2 Описание трубной стали

При строительстве данного газопровода используется низкоуглеродистая низколегированная сталь 10Г2ФБЮ, поставляемая согласно ГОСТ 19281-2014. Содержание химических элементов в стали 10Г2ФБЮ показано в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Содержание составляющих элементов в стали 10Г2ФБЮ

В процентах

C	Si	Mn	V	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	Nb	Ti
				Не более							
0,08– 0,13	0,15– 0,35	1,60– 1,80	0,05 – 0,12	0,035	0,030		0,30		0,02 – 0,05	0,02 – 0,05	0,01 – 0,035

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

Механические свойства стали 10Г2ФБЮ, определяющие прочность и работоспособность, представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 10Г2ФБЮ, определяющие прочность и работоспособность

Класс прочности	Предел текучести $\sigma_t$ , МПа, не менее	Предел прочности $\sigma_b$ , МПа, не менее	Относительное удлинение $\delta_5$ , %, не менее
K60	460	590	20

Данные механические свойства стали достигаются за счет применения дополнительной термообработки или использования контролируемой прокатки.

Свариваемость стали 10Г2ФБЮ определяется по формуле (1):

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+\sum(V+Ti+Nb)}{5} + \frac{Cu+Ni}{15}, \quad (1)$$

где С, Mn, Cr, Mo, V, Ni, Cu – массовые доли в стали углерода (С), марганца (Mn), хрома (Cr), молибдена (Mo), ванадия (V), титана (Ti), ниобия (Nb), никеля (Ni) и меди (Cu) по результатам ковшовой пробы, %.

Подставляя значения химических элементов стали 10Г2ФБЮ, указанные в таблице 1.1, в формулу (1) получим, что значение  $C_{\text{Э}}$  составляет

$$C_{\text{Э}} = 0,13 + \frac{1,8}{6} + \frac{0,3 + \sum(0,12 + 0,035 + 0,05)}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,571, \%$$

Максимально допустимое значение  $C_{\text{Э}}$ , при котором не применяется предварительный подогрев составляет 0,46 %. Полученное значение эквивалента углерода, равное 0,571 % превышает 0,46 %, следовательно, требуется использование предварительного подогрева.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

Температура предварительного подогрева рассчитывается по формуле (2)

$$T_0 = 350 \cdot (|C|_{\mathcal{E}} - 0,25)^{0,5}, \quad (2)$$

где  $|C|_{\mathcal{E}}$  – полный эквивалент углерода, %.

Полный эквивалент углерода  $|C|_{\mathcal{E}}$  определяется по следующей формуле (3)

$$|C|_{\mathcal{E}} = |C|_X + |C|_P, \quad (3)$$

где  $|C|_X$  – химический эквивалент углерода, %;

$|C|_P$  – размерный эквивалент углерода, %.

Определим химический эквивалент углерода  $|C|_X$  (4)

$$|C|_X = C + \frac{Mn+Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90}, \quad (4)$$

где С, Mn, Cr, Mo, Ni – массовые доли в стали углерода (С), марганца (Mn), хрома (Cr), молибдена (Mo), никеля (Ni) по результатам ковшовой пробы, %.

Подставляя принятые значения содержания химических элементов в формулу (4) получим, что химический эквивалент углерода  $|C|_X$

$$|C|_X = 0,13 + \frac{1,8+0,3}{9} + \frac{0,3}{18} = 0,38, \%$$

Определим размерный эквивалент углерода  $|C|_P$  по формуле (5)

$$|C|_P = 0,005S|C|_X, \quad (5)$$

где S= 27 – толщина свариваемых деталей, мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

10

Тогда, по формуле (5) получим, что

$$|C|_P = 0,005 \cdot 27 \cdot 0,38 = 0,051, \%$$

Подставляя полученные значения  $|C|_X$  и  $|C|_P$  в формулу (3) получим, что полный эквивалент углерода  $|C|_{\Theta}$

$$|C|_{\Theta} = 0,38 + 0,051 = 0,431, \%$$

Таким образом, температура предварительного подогрева  $T_0$  равна

$$T_0 = 350 \cdot (0,431 - 0,25)^{0,5} = 148,9, {}^{\circ}\text{C}.$$

Примем, что минимальная температура предварительного подогрева составляет 150 °C.

### 1.3 Технология проведения работ

По прибытию на станцию, трубы проходят входной контроль. Результаты проведенного контроля вносятся в журнал входного контроля.

В операцию входного контроля входят:

- контроль наличия сертификатов качества;
- контроль наличия паспортов на трубы;
- контроль соответствия маркировки на поверхности трубы, указанной в сертификате и в паспорте;
- контроль геометрических параметров труб в количестве 10% от партии;
- визуальный осмотр торцов труб и основного металла внутренней и наружной поверхностей.

Трубы, у которых отсутствуют клейма, маркировка, сертификат либо паспорт, а также маркировка не соответствует сертификатным и паспортным данным не

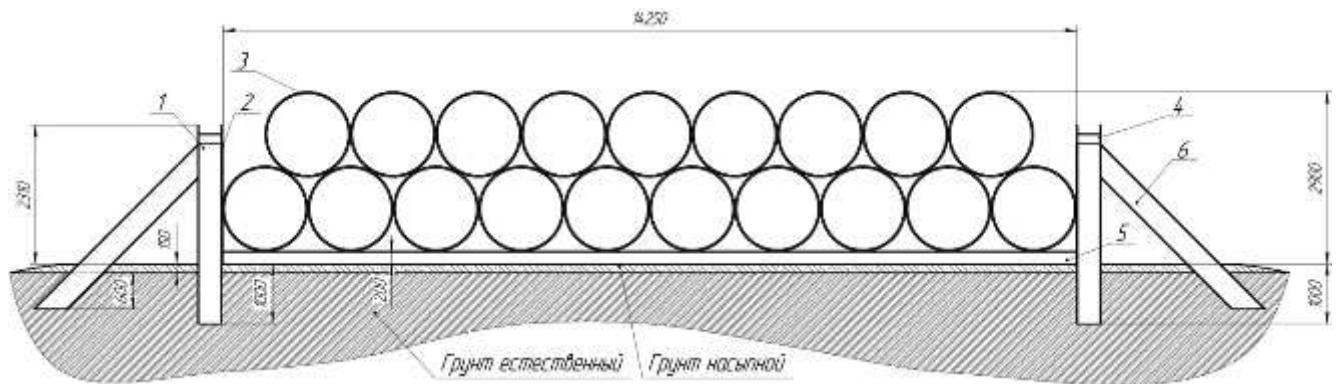
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	11
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

допускаются в дальнейшее производство. В производство не допускаются трубы с отклонениями, превышающими допустимые параметры хотя бы по одному признаку.

Входной контроль проводится на 100% труб от партии. Используются специальные площадки для складирования труб. Склады находятся на линейных станциях. Входной контроль проводится на крытых складах.

После входного контроля трубы поставляются на участок строительства на плетевозах.

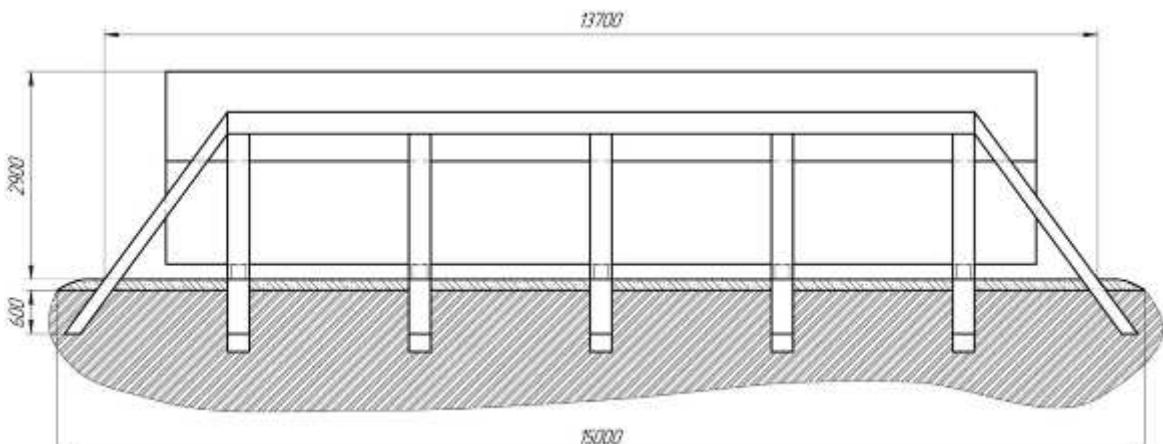
Как только трубы доставлены к месту, они складируются на специальной площадке в штабель. Для труб диаметром 1420 мм допускается складирование производить не более, чем в 2 яруса. Схема складирования труб (вид спереди) в штабеле показана на рисунке 1.2.



1 – Свая; 2 – Прокладка резиновая; 3 – Труба; 4 – Связь верхняя; 5 – Подложка деревянная; 6 – Распорка

Рисунок 1.2 – Схема складирования труб  
в штабеле (вид спереди)

Схема складирования труб (вид сбоку) в штабеле показана на рисунке 1.3.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

12

Рисунок 1.3 – Схема складирования труб в штабеле (вид сбоку)

Схема складирования труб (вид сверху) в штабеле показана на рисунке 1.4.

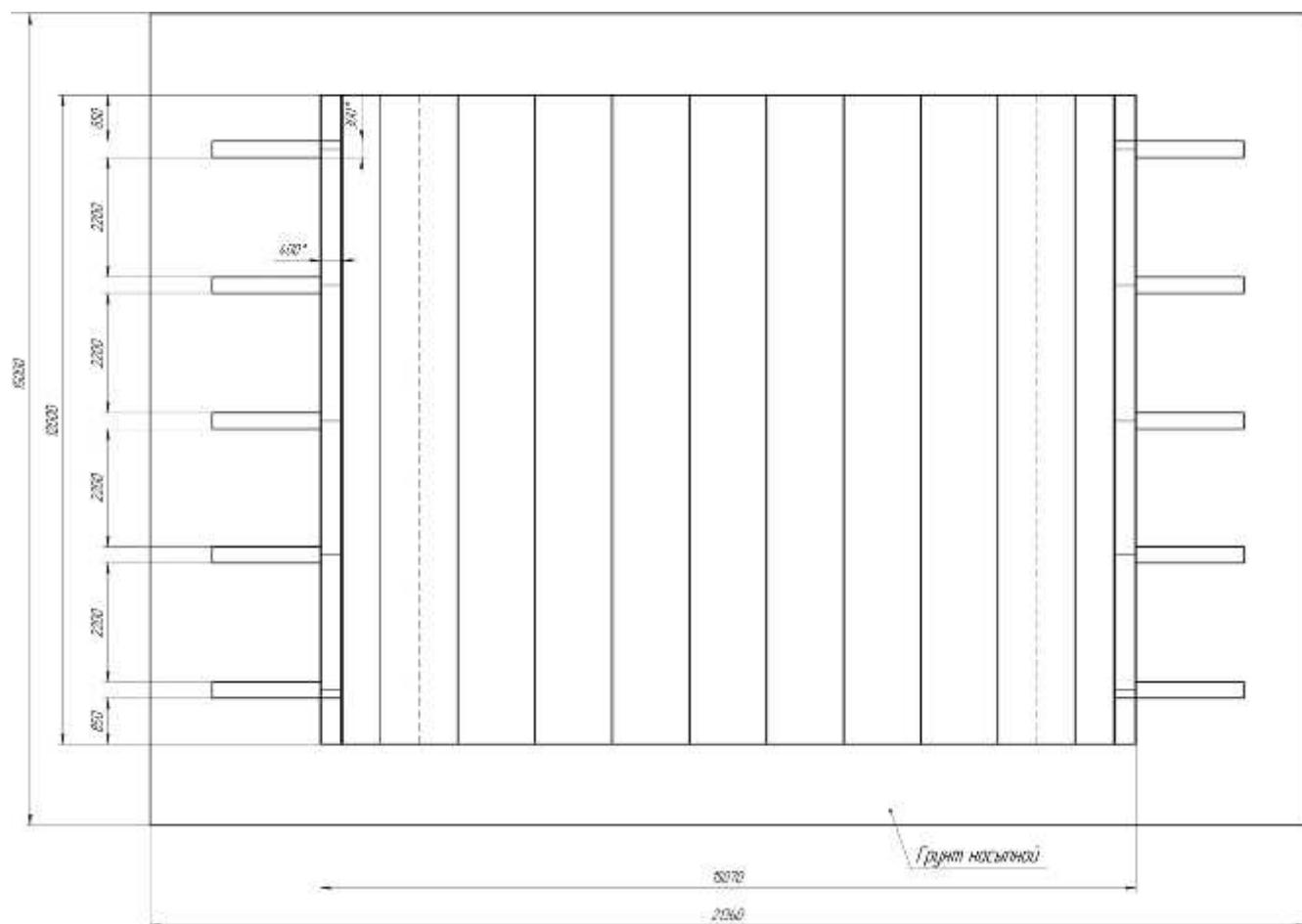
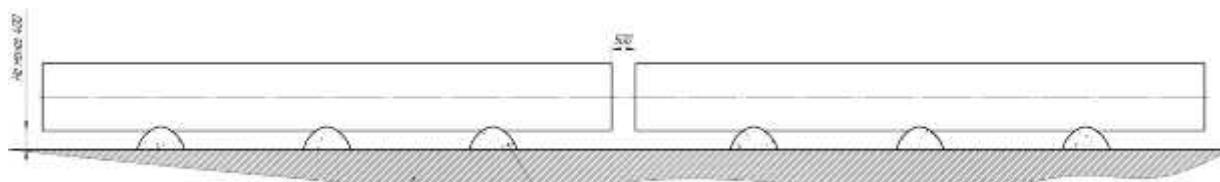


Рисунок 1.4 – Схема складирования труб в штабеле (вид сверху)

Из штабеля трубы с помощью трубоукладчиков выкладываются в нитку на песчаные насыпи. Расстояние между песчаными насыпями выбирается исходя из общей длины трубы, но при этом их должно быть не меньше трех, равномерно распределенных по длине укладываемой трубы. При этом должны выполняться следующие требования:

- расстояния между крайними трубами не должно быть менее 500 мм;
- минимальное расстояние между образующей трубой и грунтом должно быть не меньше 400 мм.

Схема укладки труб на песчаные насыпи показана на рисунке 1.5.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

13

### Рисунок 1.5 – Схема укладки труб на песчаные насыпи

Перед сборкой и сваркой проводится предварительный осмотр. В ходе выполнения данной операции контролируются следующие параметры:

- отсутствие на внутренней и наружной поверхностях труб различных загрязнений, влияющих на качество проведения работ по сборке и по сварке. К таким загрязнениям относятся снег, остатки грунта, ржавчина, мусор и прочее;
- качество зачистки кромок основного металла до металлического блеска на расстояние не менее 30 мм;
- при осмотре основного металла свариваемых труб контролируется отсутствие рисок, царапин. При обнаружении каких-либо поверхностных дефектов, производится замер их глубины, а затем, если глубина последующей зачистки дефектов обеспечит минимальную требуемую толщину стенки, то дефект устраняется с последующим замером остаточной толщины стенки. При невозможности обеспечить минимальную толщину стенки, труба убирается с насыпи и производится устранение дефекта отрезкой;
- при осмотре свариваемых кромок контролируется отсутствие забоин. При обнаружении забоины глубиной, не превышающей глубину в 5 мм, производится ее заварка по технологии ремонта. Если забоина превышает глубину 5 мм, то труба убирается с насыпи и производится отрезка дефекта;
- при осмотре свариваемых кромок также контролируется отсутствие вмятин на торцах. При обнаружении вмятины с плавными очертаниями и величиной не более 3,5% от номинального диаметра трубы, то ее исправляют путем местного нагрева и раздавливанием калибратором. При этом правку не допускается выполнять ударными воздействиями;
- высота усиления внутренних заводских сварных швов должны быть в интервале 0...0,5 мм на участке длиной 150...200 мм. Высота усиления наружных заводских сварных швов должны быть снято до величины 0,5...1 мм на участке, расположенном на расстоянии 10...15 мм от торца трубы.

После проведения осмотра на торец трубы, обращенный по ходу прокладки трубопровода, устанавливается направляющий пояс для установки на него

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	14
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

сварочной орбитальной головки. Затем трубоукладчик захватывает трубу и укладывает ее в траншею для сборки. Труба находится в подвешенном состоянии над песчаными насыпями высотой 500 мм.

При помощи внутреннего центратора осуществляетсястыковка труб. Центратор находится в трубопроводе. При сборке должны проверяться следующие параметры:

- величина зазора между свариваемыми кромками должна находиться в интервале 2...3 мм;
- величина смещения кромок не более 3 мм;
- смещение продольных заводских швов труб относительно друг друга должно быть не менее 150 мм.

Общий вид стыка, подготовленного под сварку, показан на рисунке 1.6.

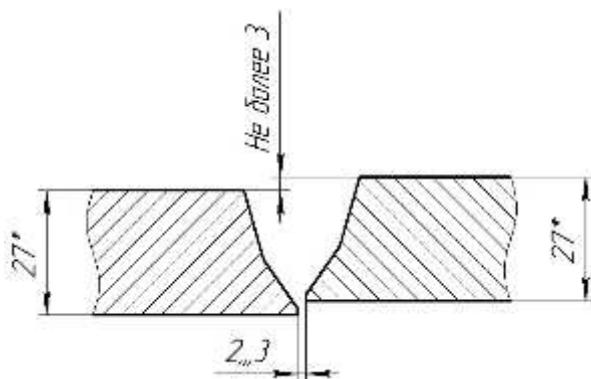


Рисунок 1.6 – Общий вид стыка, подготовленного под сварку

Контроль смещения кромок осуществляется универсальным шаблоном сварщика №3 (УШС-3). Для получения сборки требуемого качества запрещено использовать ударный инструмент. Если при сборке смещение кромок превышает величину 3 мм, и нет возможности его исправить путем поворота трубы относительно горизонтальной оси, то трубу необходимо заменить.

После того, как труба на центраторе зафиксирована, выставлен необходимый зазор, требуемое смещение кромок, производится установка на место стыка тента укрывного. Тент ставится при помощи автокрана.

После установки тента на стык производится операция предварительного подогрева. Подогрев осуществляется индукционным методом путем укрытия места стыка термическими поясами. Нагрев проводится до температуры

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
				15.03.01.2018.141.00 ПЗ	15

значением не менее 150 °С. Параметры нагрева регистрируются в автоматическом режиме. При этом запись параметров температуры фиксируется на диаграмме регистрирующего потенциометра. Контролирующими устройствами являются термопары. Они располагаются на расстоянии не менее 25 мм от края предполагаемого сварного шва и не входят в зону сварочной дуги. Термопары ставятся в 5 точках по длине окружностистыка, при этом должно выполняться условие, что одна из термопар является регулирующей и установлена в зените газопровода. Схема установки термопар показана на рисунке 1.7.

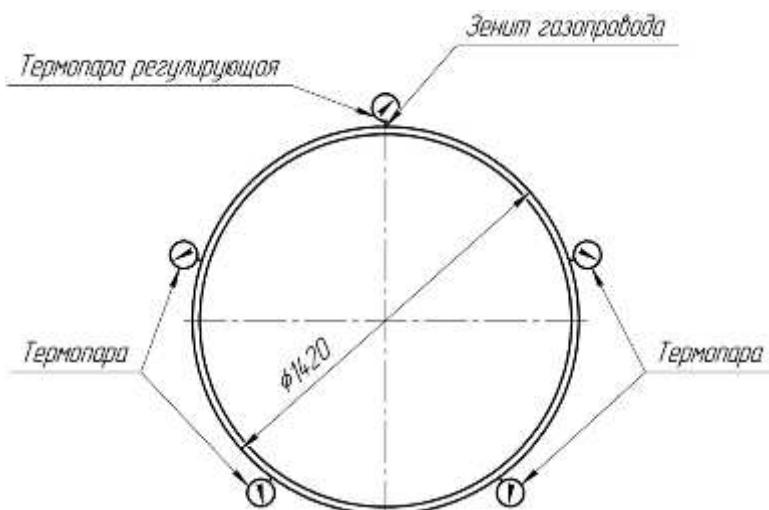


Рисунок 1.7 – Схема установки термопар

Схема установки термических поясов показана на рисунке 1.8.

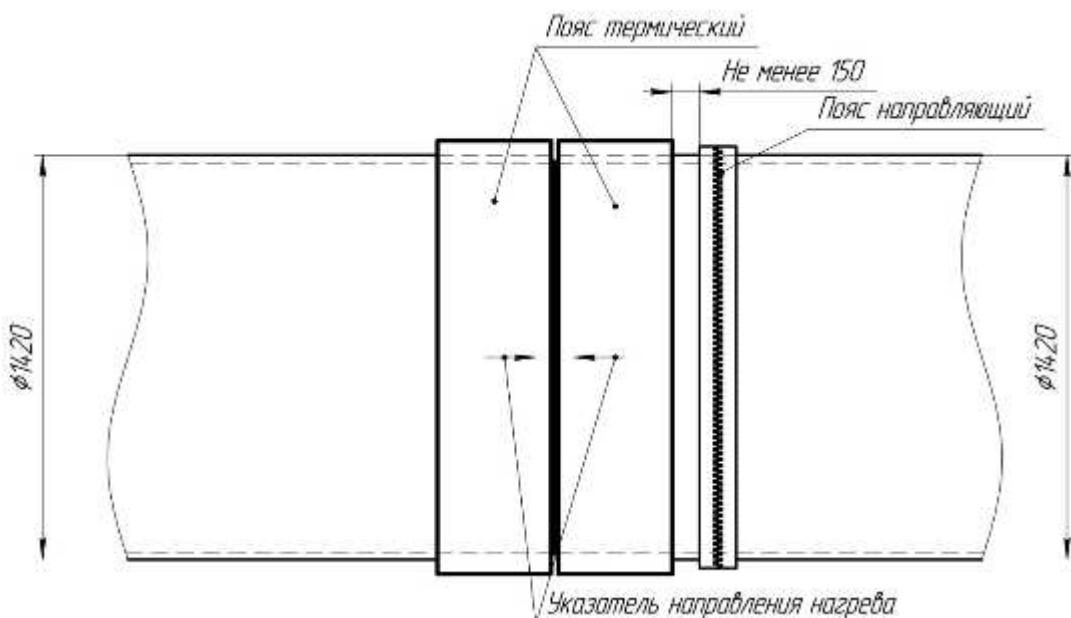


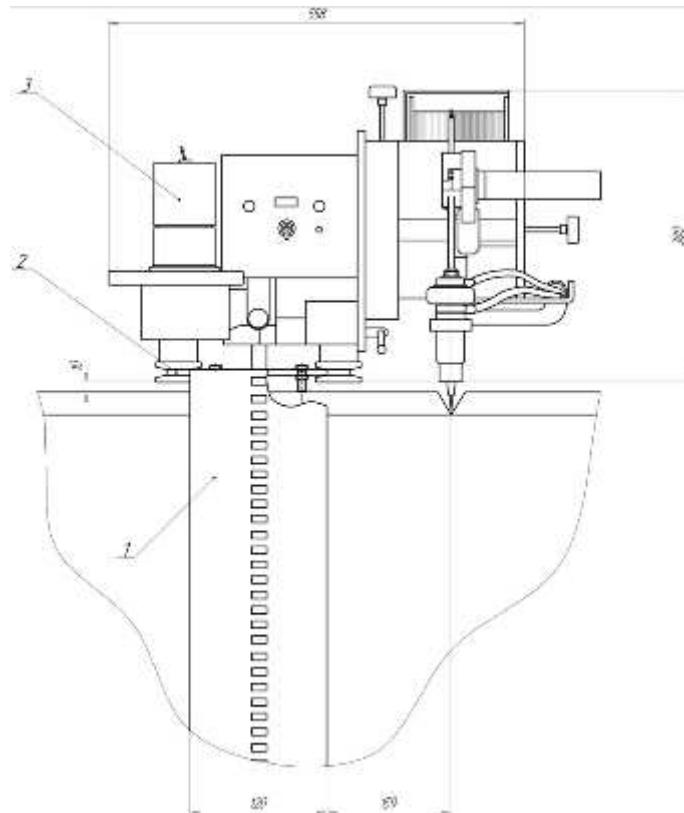
Рисунок 1.8 – Схема установки термических поясов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

После нагрева зоныстыка до требуемого значения температуры, термические пояса демонтируются, к местустыка устанавливается направляющий пояс для сварочных головок и на него монтируются две сварочные головки таким образом, чтобы сварку вести в двух диаметрально противоположных направлениях. Схема установки одной сварочной головки показана на рисунке 1.9.



1 – Пояс направляющий; 2 – Ролики крепежные; 3 – Головка сварочная

Рисунок 1.9 – Схема установки сварочной головки

При сварке используются сварочные головки марки М300-С. Общий вид сварочной головки показан на рисунке 1.10.

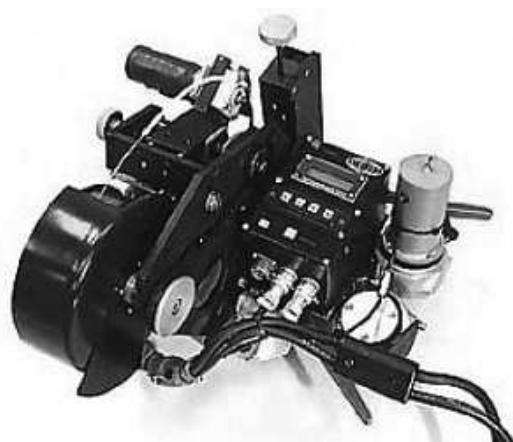


Рисунок 1.10 – Общий вид сварочной головки М300-С

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

17

Указанная сварочная головка применяется для орбитальной автоматической сварки неповоротных стыков магистральных газопроводов с диаметром сечения трубы, находящемся в интервале 426...1420 мм. Технические характеристики сварочной головки М300-С приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технические характеристики сварочной головки М300-С

Характеристика	Значение
Габаритные размеры каретки, мм	584×381×559
Масса каретки, кг	23,2
Ширина направляющего пояса, мм	120
Диапазон диаметров свариваемых труб, мм	406,4...2520
Диапазон толщин стенки трубы, мм	9,5...50
Скорость перемещения каретки, см/мин	7,6...154
Скорость колебаний горелки, мм/с	10,2...111,8
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,76...1,98
Амплитуда поперечных колебаний горелки, мм	19
Регулировка постоянных углов наклона горелки:	
– продольного, град	± 15
– поперечного, град	нет
Время задержки на кромках, с	0...1
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+70
Допустимая сила тока, А, при ПВ=100%	350
Напряжение питания цепей управления постоянным током, В	36...46

В качестве источника питания при сварке корневого прохода методом STT используется инверторный выпрямитель марки Invertec STTII производства фирмы LincolnElectric. Общий вид выпрямителя Invertec STTII показан на рисунке 1.11.



Рисунок 1.11 – Общий вид выпрямителя Invertec STTII

Технические характеристики источника питания Invertec STTII приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Технические характеристики источника питания Invertec STTII

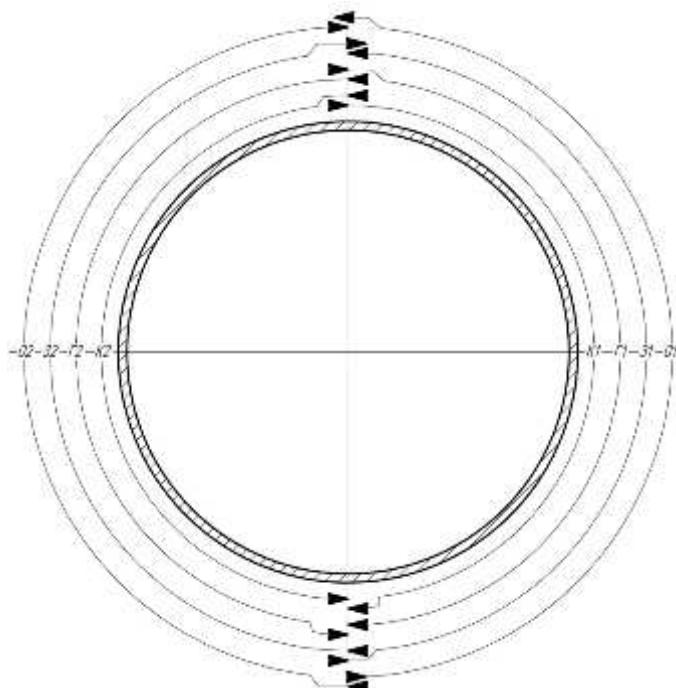
Характеристика	Значение
Сила сварочного тока, В, при:	
– MMA	5...225
– Mig/Mag	5...225
Количество фаз питания, шт	3
Напряжение холостого хода, В	85
Максимальный сварочный ток при непрерывной работе, А	200

После выставления сварочных головок и настройки требуемых параметров режима сварки начинается сам процесс сварки. Сварка автоматическая в среде защитных газов. В качестве защитного газа используется газовая смесь марки К25 (75%Ar+25%CO<sub>2</sub>). Все слои шва варятся указанными сварочными головками. Регулировка параметров режима производится в дистанционном режиме с пульта управления. Каждая сварочная головка варит один полупериметр трубы.

Порядок наложения слоев сварного шва:

- корневой проход;
- «горячий» проход»;
- заполняющие проходы;
- облицовочные проходы.

Схема сварки кольцевого сварного шва показана на рисунке 1.12.



K1, K2 – участки корневого прохода на левом и правом полупериметре трубы;

G1, Г2 – участки «горячего» прохода на левом и правом полупериметре трубы;

31, 32 – участки заполняющего прохода на левом и правом полупериметре трубы;

O1, O2 – участки облицовочного прохода на левом и правом полупериметре трубы

Рисунок 1.12 – Схема сварки кольцевого сварного шва

Сварка «горячего» прохода начинается во временном интервале не более 10 минут после окончания сварки корневого прохода. При невыполнении данного требования проводится сопутствующий подогрев до температуры 250 °C.

Сварка корневого прохода выполняется в направлении «на спуск». После того, как первая сварочная головка проварила 100% длины полупериметра трубы, начинается работа второй головки. Сварка должна начинаться на расстоянии

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

20

длиной не меньше 100 мм в сторону предыдущего шва. При этом начало и конец предыдущего шва должно быть зачищено шлифмашинкой от кратера и кратерных трещин.

После сварки корневого прохода, проводится его визуальный осмотр. При выявлении участков внутри трубы с недостаточной высотой обратного валика, пор, непроваров, то производится их механическая зачистка и подварка изнутри электродами с основным видом покрытия. При превышении высоты обратного валика, допускается его обработать механическим способом до требуемых размеров.

В качестве присадочного материала при сварке корневого прохода используется сварочная проволока сплошного сечения марки SuperArcL-56 диаметром 1,14 мм производства фирмы LincolnElectric. Химический состав наплавленного металла проволокой SuperArcL-56 показан в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Химический состав наплавленного металла проволокой SuperArcL-56

В процентах

C	Si	Mn	S	P	Cu
0,08	0,90	1,50	0,001	0,001	1,15

Механические свойства наплавленного металла проволокой SuperArcL-56 показаны в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Механические свойства наплавленного металла проволокой SuperArcL-56

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа, не менее	Предел временного сопротивления $\sigma_B$ , МПа, не менее	Относительное удлинение $\delta_5$ , %, не менее
400	485	31

При проведении процесса сварки корневого прохода применяется постоянный ток обратной полярности. Также используется специальное программное обеспечение под названием STT (SurfaceTensionTransfer), основанное на механизме переноса капли расплавленного металла с помощью сил поверхностного натяжения.

Режимы сварки корневого прохода проволокой SuperArcL-56 показаны в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Режимы сварки корневого прохода проволокой SuperArcL-56

Параметр	Значение
Сила тока, А	200
Напряжение на дуге, В	29±1
Скорость сварки, см/с (м/ч)	0,3 (10,8)
Скорость подачи сварочной проволоки, см/с (м/ч)	8,8 (316,8)

После сварки корневого прохода, производится зачистка шва от различных сварочных загрязнений до блестящей поверхности.

«Горячий проход» варится методом «на спуск». Ток постоянный обратной полярности. Сварка прохода второй головкой начинается только после того, как первая головка проварит участок длиной не менее 1 м. Места окончания и начала сварки смещаются на расстояние не менее 100 мм в стороны предыдущего слоя шва и зачищаются механическим способом шлифмашинками от различных металлургических дефектов. Затем труба укладывается на песчаные насыпи. Трубоукладчик, в свою очередь, зацепляет другую трубу и сварка корневого прохода продолжается на последующих стыках. На рассматриваемом стыке начинается сварка остальных проходов.

Заполняющие и облицовочные проходы также варятся постоянным током обратной полярности, но методом «на подъем».

В качестве основного металла при сварке «горячего» прохода, заполняющих и облицовочных проходов применяется порошковая сварочная проволока марки OKTubrod 15.19 диаметром 1,2 мм производства фирмы Esab.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

22

Химический состав наплавленного металла проволокой OKTubrod 15.19 показан в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Химический состав наплавленного металла проволокой OKTubrod 15.19

В процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P
				Не более	
0,05	0,35	1,30	0,95		0,025

Механические свойства наплавленного металла проволокой SuperArcL-56 показаны в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Механические свойства наплавленного металла проволокой OKTubrod 15.19

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа, не менее	Предел временного сопротивления $\sigma_B$ , МПа, не менее	Относительное удлинение $\delta_5$ , %, не менее
584	643	26

Режимы сварки «горячего» прохода, заполняющих и облицовочных проходов проволокой OKTubrod 15.19 показаны в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Режимы сварки «горячего» прохода, заполняющих и облицовочных проходов проволокой OKTubrod 15.19

Наименование прохода	$I_{CB}$ , А	$U_d$ , В	$V_{CB}$ , см/с	$V_{под}$ , см/с	Вылет проволоки, мм
«Горячий»	190...220	20,5...22,5	0,67...0,83	11,5...12,3	8...12
Заполняющие	220...250	21...23	0,21...0,47	12,7...14,3	
Облицовочные	190...215	20...22	0,2...0,38	11...11,8	8...15

Для всех слоев сварного шва угол наклона проволоки составляет  $0\ldots7^\circ$  (угол направлен вперед).

После окончания сварки проводится визуальный и измерительный осмотр сварного шва на наличие недопустимых дефектов типа, пор, трещин, несплавлений, подрезов и др. При выявлении указанных дефектов производится вышлифовка их и подварка автоматической сваркой. При превышении высоты валика шва производится его механическая зачистка. Общий вид сварного шва, сваренного автоматической сваркой в среде защитных газов, показан на рисунке 1.13.

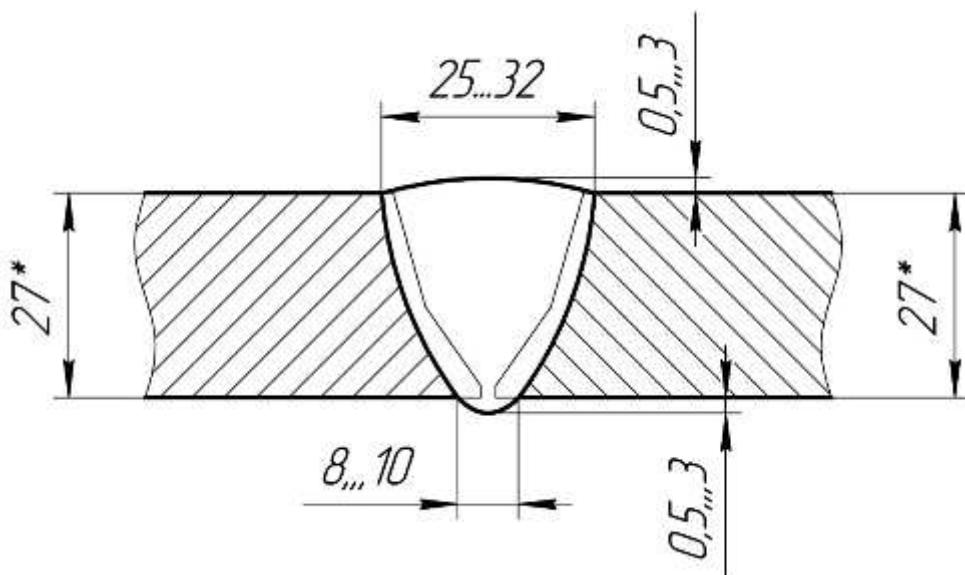


Рисунок 1.13 – Общий вид сварного шва, сваренного автоматической сваркой в среде защитных газов

По окончании сварки стыка операторы сварочной установки ставят свое клеймо.

После клеймения стыка проводится термическая обработка для снятия внутренних сварочных напряжений. Тип термообработки – высокий отпуск. Термообработка проводится на том же оборудовании, что и предварительный подогрев. Режимы термообработки следующие:

- температура нагрева  $600\ldots620^\circ\text{C}$ ;
- скорость нагрева  $200^\circ\text{C}/\text{ч}$ ;
- выдержка при заданной температуре не менее 60 мин;
- охлаждение происходит под термическими поясами.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	24
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

После проведения термической обработки проводится контроль качества. При определении уровня качества сварного шва используются следующие методы контроля:

- визуальный и измерительный (ВИК);
- радиографический (РК).

По результатам проведения ВИК в сварном шве контролируется наличие (отсутствие) следующих видов дефектов:

- трещины всех видов и направлений;
- поры, выходящие на поверхность, в т. ч. скопления и цепочки пор;
- шлаковые включения, выходящие на поверхность;
- несплавления;
- нарушение геометрии сварного шва;
- дефекты обратного валика;
- неполное заполнение разделки кромок;
- вогнутость корня шва;
- превышение проплавления корня шва;
- неисправленные кратеры.

По результатам проведения РК в сварном шве контролируется наличие (отсутствие) следующих видов дефектов:

- непровары;
- внутренние поры, в т. ч. скопления и цепочки пор;
- несплавления;
- внутренние шлаковые включения.

Основные требования при сварке кольцевого шва магистрального газопровода:

– межслойная температура должна находиться в интервале 50 °С...250 °С. При значении межслойной температуры менее 50 °С процесс сварки останавливается и производится сопутствующий подогрев до требуемой температуры, затем процесс возобновляется;

– дуга при автоматической сварке зажигается в разделке кромок либо с поверхности предыдущего прохода;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

25

- смежные валики должны перекрывать друг друга на величину не менее 1/3 от ширины одного из них;
- при сварке стыка проводится зачистка шлифмашинкой всех проходов от шлака и брызг металла;
- сварка любого прохода начинается и заканчивается на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов;
- начало сварки следующего прохода смещается относительно начала предыдущего прохода на величину не менее 30 мм;
- место окончания сварки смежных проходов смещается относительно на расстояние приблизительно 70...100 мм;
- сваренный стык не допускается оставлять незаваренным.

При невозможности завершить сварку стыка соблюдаются следующие требования:

- стык должен быть сварен не меньше, чем на 2/3 толщины стенки;
- недоваренный стык накрывается водонепроницаемым теплоизолирующим поясом, который способствует замедленному и равномерному остыванию;
- перед сваркой стык повторно нагревается до требуемой температуры;
- стык должен быть полностью сварен за 24 часа.

Заземление присоединяется на контактные устройства, которые исключают образование искрений на теле в процессе сварки. Конструкция устройств обеспечивает токоподвод в разделку кромок. При этом запрещена их приварка к телу свариваемых элементов.

Существующая технология сварочных работ при строительстве магистрального газопровода позволяет производить 1 км газопровода четырьмя бригадами за одну смену. Продолжительность рабочей смены составляет 12 часов. Сезон проведения работ с 1 октября по 1 апреля. За сезон, с учетом двухсменной работы, варится примерно 120км газопровода. Количество проходов при сварке одного стыка составляет не менее 14 шт. Время изготовления одного стыка (без учета операций сборки и подготовки) составляет порядка 164 мин (2 часа 44 минуты).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
				15.03.01.2018.141.00 ПЗ	26

В результате использования автоматической сварки в среде защитных газов, несмотря на качественные сварочные материалы, отработанные годами технологии, в сварных стыках часто возникают дефекты различной природы появления, что негативно сказывается на дальнейшей работоспособности газопровода. Так, при наличии в сварном шве допустимых дефектов, которые в совокупности являются допускаемыми, прочность сварного шва уменьшается на 15...20%. Также основную роль в появлении этих дефектов играет сам процесс сварки в среде защитных газов. Это обусловлено тем, что при сварке в сварочную ванну попадают некоторые загрязнения, которые, вступая в metallургический контакт с расплавленным металлом образуют тугоплавкие оксиды. Они выпадают в сварной шов в виде шлаковых включений. Поры образуются при недостаточной зачистке кромок под сварку, что подразумевает дополнительное выделение газа за счет сгорания указанных загрязнений.

В то же время, в условиях экономической политики, проводимой Российской Федерацией, при расширении географии подачи природного газа в различные части страны требуется обширное расширение трубопроводной системы. Это также подразумевает под собой повышение производительности при строительстве новых и реконструкции действующих магистральных газопроводов.

Таким образом, основными факторами, влияющими на производительность являются:

- скорость проведения монтажа;
- скорость проведения сварки;
- удаленность места монтажа от площадки складирования труб.

Для повышения производительности предлагается выполнить следующий комплекс мероприятий:

- применить в районе проведения работ передвижную сварочную базу, состоящую из:
  - а) полуприцепа с установленным на нем кольцевым кантователем;
  - б) приставных лестниц для удобства подхода специалистов к месту работ;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	27
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

- в) тента для защиты зоны проведения от окружающего воздуха;
  - г) сварочного агрегата с источником питания;
  - д) сварочной колонны;
- применить при изготовлении газопровода трехтрубные секции, сваренные на передвижной сварочной базе. Это позволит сократить фактическое количество стыков с увеличением сменной протяженности участка;
- применить при сварке трехтрубных секций автоматическую сварку под слоем флюса. Это позволит сократить время на сварку стыка, а также снизить влияние погодных факторов на образование сварного соединения. При этом корневой проход варится по базовой технологии с применением программного обеспечения STT;
- применить при автоматической сварке под слоем флюса комбинацию «сварочная проволока–флюс» проволоку OKAutrod 12.24 диаметром 4 мм и флюс OKFlux 10.71.

#### 1.4 Требования к аттестации технологии сварки

Все технологии сварки, применяемые в трассовых условиях при строительстве магистральных трубопроводов, должны быть аттестованы в соответствии с требованиями РД 03-615-03.

Оборудование для сварки должно быть аттестовано в соответствии с положениями РД 03-614-03.

Материалы, предназначенные для проведения сварки, должны быть аттестованы в соответствии с положениями РД 03-613-03.

Сварку стыков труб имеют право проводить только сварщики, которые прошли аттестацию согласно требованиям ПБ 03-273-99, РД 03-495-02. Перед сваркой проводятся допускные испытания стыков, которые сварены сварщиками, работающими непосредственно с газопроводом.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

28

Руководство сварочными работами в условиях монтажа осуществляют специалисты, прошедшие аттестацию согласно требованиям ПБ 03-273-99, РД 03-495-02.

Перед сваркой стыка сварщик должен оформить допускной лист, в котором указаны все необходимые параметры как процесса сварки, так результаты проведения контроля качества.

Сварку образцов проводят согласно требованиям операционных технологических карт, которые разработаны на основании операционной карты сборки, сварки и проведения ремонта кольцевых стыков.

Операционные технологические карты на проведение сборки и сварки должны быть разработаны и подписаны специалистом сварочного производства, который аттестован на III или IV уровень профессиональной подготовки в соответствии с ПБ 03-273-99, РД 03-495-02. Данные специалисты утверждены главным инженером предприятия и согласованы главным сварщиком заказчика, у которого уровень профессиональной подготовки не ниже III согласно требованиям ПБ 03-273-99.

## 1.5 Описание предлагаемой технологии

Для сборки и сварки стыков труб предлагается заменить автоматическую одностороннюю сварку в среде защитных газов на автоматическую одностороннюю сварку под слоем флюса. Преимуществами сварки под слоем флюса являются:

- повышенная производительность. Это достигается за счет использования при сварке повышенных токов, большего диаметра сварочной проволоки, повышенной глубины проплавления за один проход;
- за счет корки расплавленного флюса обеспечивается более надежная защита сварочной ванны от воздействия окружающего воздуха и увеличивается время остывания сварочной ванны, что приводит также к уменьшению количества дефектов типа пор, шлаковых включений и т.д.;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	29
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

- максимальная автоматизация процесса сварки;
- высокий КПД дуги, что позволяет рационально расходовать электроэнергию;
- низкие потери электродного металла на угар и разбрызгивание (не более 5%);
- улучшение условий работы операторов сварочных установок.

Основным недостатком сварки под слоем флюса является ее низкая применимость в различных пространственных положениях, а именно, сварка возможна только в нижнем положении. Также в предлагаемой технологии сварки потребуется изменить разделку кромок труб.

Предлагаемая технология строительства магистрального газопровода несколько отличается от применяемой, поэтому порядок проведения работ следующий:

- трубы, принятые ранее по входному контролю, со склада доставляются в район строительства при помощи специальных плетевозов;
- трубоукладчики выгружают их с плетевозов и выкладывают вдоль оси газопровода на песчаные насыпи в нитку, с расстоянием между трубами не менее 500 мм. При этом высота насыпи не должна быть менее 450 мм;
- параллельно с этим устанавливается сварочная база;
- далее с насыпи на базу укладывается первая труба;
- пока трубоукладчик следует за следующей трубой, на первую устанавливается направляющий пояс для сварочной головки (автоматическая сварка в среде защитных газов);
- одновременно с этим в первую трубу ставится внутренний центратор;
- затем на кантователь укладывается вторая труба с выставлением требуемых параметров сборки;
- после этого устанавливается тент для сварки;
- после выставления геометрии сборки, происходит установка термических поясов для проведения предварительного подогрева (согласно рисунку 1.8);
- затем производится установка двух сварочных головок и производится сварка корневого прохода (согласно базовой технологии);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

30

- по окончании сварки корневого прохода, производится его осмотр;
- после осмотра корневого прохода, центратор перемещается к месту следующего стыка. Параллельно с этим на свободный конец второй трубы устанавливается направляющий пояс для сварочных головок и повторяются предыдущие операции;
- одновременно с подготовкой второго стыка производится настройка сварочной колонны для сварки под слоем флюса;
- после завершения сварки корневого прохода двух стыков, второй подготавливается к сварке под слоем флюса;
- производится сопутствующий подогрев и далее производится сварка под слоем флюса;
- после каждого прохода производится его визуальный осмотр и зачистка;
- после сварки облицовочного слоя шва производится контроль качества.

По завершении контроля трехтрубная секция снимается с базы и ставится в нитку трубопровода согласно базовой технологии.

## 1.6 Описание принятых сварочных материалов

Для автоматической сварки в среде защитных газов сварочная проволока сплошного сечения марки SuperArcL-56 диаметром 1,14 мм производства фирмы LincolnElectric. Химический состав наплавленного металла проволокой SuperArcL-56 показан в таблице 1.5. Механические свойства наплавленного металла проволокой SuperArcL-56 показаны в таблице 1.6.

При проведении процесса сварки корневого прохода применяется постоянный ток обратной полярности. Также используется специальное программное обеспечение под названием STT (SurfaceTensionTransfer), основанное на механизме переноса капли расплавленного металла с помощью сил поверхностного натяжения.

Определим стойкость металла, наплавленного проволокой SuperArcL-56, против образования горячих трещин определяется по формуле (6, 7)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
				15.03.01.2018.141.00 ПЗ	31

$$HCS = \frac{C \left( S + P + \frac{Si}{25} + 0,01Ni \right) 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}, \quad (6)$$

где C, S, P, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – массовые доли химических элементов в сварочной проволоке, %.

Тогда, по формуле (6), для проволоки SuperArcL-56

$$HCS = \frac{0,08 \cdot \left( 0,001 + 0,001 + \frac{0,9}{25} \right) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,5} = 0,7, \text{ ед.}$$

Так как  $0,7 < 4$ , то наплавленный металл не склонен к образованию горячих трещин.

Заполняющие и облицовочные проходы также варятся постоянным током обратной полярности. В качестве основного металла при сварке «заполняющих и облицовочных» проходов предлагается применить сварочную проволоку марки OKAutrod 12.24 диаметром 4 мм и флюс OKFlux 10.71.

Химический состав наплавленного металла проволокой OKAutrod 12.24 показан в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Химический состав наплавленного металла проволокой OKAutrod 12.24

В процентах

C	Si	Mn	Mo	S	P
				Не более	
0,08 – 0,12	0,05 – 0,20	0,95 – 1,20	0,45 – 0,60		0,02

Химический состав флюса OKFlux 10.71 показан в таблице 1.12.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
				15.03.01.2018.141.00 ПЗ	32

Таблица 1.12 – Химический состав флюса OKFlux 10.71

В процентах

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MnO}$	$\text{CaF}_2$	$\text{CaO} + \text{MgO}$	$\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$
35	15	25	20

При сварке проволокой OKAutrod 12.24 под слоем флюса OKFlux 10.71 химический состав наплавленного металла приведен в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Химический состав наплавленного металла при сварке проволокой OKAutrod 12.24 под слоем флюса OKFlux 10.71

C	Si	Mn	Mo	S	P
				Не более	
0,08	0,4	1,35	0,5	0,02	0,03

Механические свойства наплавленного металла при сварке проволокой OKAutrod 12.24 под слоем флюса OKFlux 10.71 показаны в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Механические свойства наплавленного металла при сварке проволокой OKAutrod 12.24 под слоем флюса OKFlux 10.71

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа, не менее	Предел временного сопротивления $\sigma_B$ , МПа, не менее	Относительное удлинение $\delta_5$ , %, не менее
510	580	24

Определим стойкость металла при сварке проволокой OKAutrod 12.24 под слоем флюса OKFlux 10.71 против образования горячих трещин по формуле (6)

$$\text{HCS} = \frac{0,08 \cdot \left(0,02 + 0,03 + \frac{0,4}{25}\right) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,35 + 0,5} = 1, \text{ ед.}$$

Так как  $1 < 4$ , то наплавленный металл не склонен к образованию горячих трещин.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
				15.03.01.2018.141.00 ПЗ	33

## 1.7 Расчет параметров режимов сварки предлагаемой технологии

Сварка в предлагаемом варианте технологии изготовления выполняется двумя способами: автоматической сваркой в среде защитных газов (корневой проход) и автоматической сваркой под слоем флюса (заполняющие и облицовочный проходы).

Расчет параметров процесса сварки многопроходных сварных соединений выполняется в следующем порядке:

- расчет параметров режима сварки корневого прохода;
- расчет параметров режима сварки заполняющих и облицовочных слоев.

Общий вид сварного шва показан на рисунке 1.14.

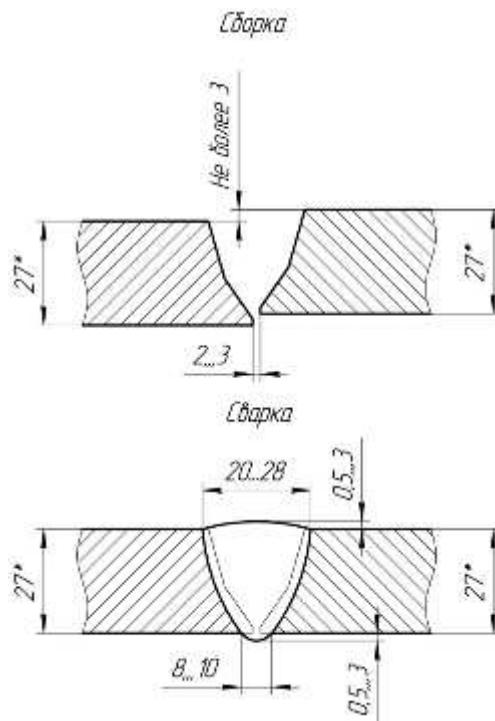


Рисунок 1.14 – Общий вид сварного шва

Общая площадь разделки составляет  $F_p = 4,6 \text{ см}^2$ . Согласно рекомендациям нормативной документации ПАО «Газпром», при автоматической односторонней сварке под слоем флюса для толщин труб 27 мм требуется не менее 6 проходов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

34

Оптимальной площадью наплавленного металла при сварке корневого прохода является интервал 0,3...0,35 см<sup>2</sup>. Для уточнения параметров режима при сварке корневого прохода примем, что площадь поперечного сечения наплавленного металла  $F_H^K=0,35$  см<sup>2</sup>.

При сварке заполняющих и облицовочного слоев шва, площадь поперечного сечения наплавленного металла должна составлять не более 1 см<sup>2</sup> (или 100 мм<sup>2</sup>). Для получения качественного сварного соединения при комбинированной сварке в части автоматической сварки под слоем флюса примем, что площадь поперечного сечения наплавленного металла составляет при:

- первом заполняющем проходе  $F_H^{31}=0,6$  см<sup>2</sup>;
- последующих заполняющих проходах  $F_H^{3\Pi}=0,9$  см<sup>2</sup>;
- облицовочном проходе  $F_H^O=0,95$  см<sup>2</sup>.

Таким образом, сварной шов варится в общем виде за 6 проходов.

#### *1.7.1 Расчет параметров режима сварки для корневого прохода*

Произведем расчет параметров процесса сварки корневого прохода. Сварочный ток постоянный обратной полярности. Примем, что вылет электродной проволоки 12 мм, расход газа 18 л/мин.

Примем, что значение сварочного тока составляет 200 А. Тогда рассчитаем напряжение на дуге по формуле (7)

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_\Theta}} I_{CB} \pm 1, B, \quad (7)$$

где  $d_\Theta = 1,14$  – диаметр сварочной проволоки, мм;

$I_{CB} = 200$  – значение силы сварочного тока, А.

Тогда, по формуле (7) получим, что

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,14}} \cdot 200 \pm 1 \approx 29 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки  $V_{\text{под}}$  (8)

$$V_{\text{под}} = \frac{\alpha_p I_{\text{CB}}}{3600 F_{\text{ЭЛ}} \gamma}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (8)$$

где  $\alpha_p$  – коэффициент расплавления, г/Ач;

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,01$  – площадь сечения электродной проволоки,  $\text{см}^2$ ;

$\gamma = 7,8$  – плотность металла,  $\text{г/см}^3$ .

Тогда, по формуле (8)

$$V_{\text{под}} = \frac{14 \cdot 200}{3600 \cdot 0,01 \cdot 7,8} = 10 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Скорость сварки определяется из условия (2)

$$V_{\text{CB}} = \frac{V_{\text{под}}}{F_H} \cdot F_{\text{ЭЛ}}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (9)$$

где  $V_{\text{под}} = 10$  – скорость подачи проволоки,  $\text{см/с}$ ;

$F_H = 0,35$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла,  $\text{см}^2$ ;

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,01$  – площадь сечения электродной проволоки,  $\text{см}^2$ .

Тогда, по формуле (9) получим, что

$$V_{\text{CB}} = \frac{10}{0,35} \cdot 0,01 = 0,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

Определим погонную энергию по формуле (10)

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24U_D I_{\text{CB}} \eta}{V_{\text{CB}}}, \frac{\text{кал}}{\text{см}}, \quad (10)$$

где  $\eta=0,85$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

Тогда, по формуле (10) получим, что

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 29 \cdot 200 \cdot 0,85}{0,3} = 3944 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Скорость охлаждения для многопроходной сварки кольцевых швов протяженностью более 1м для первого слоя определяется по формуле (11)

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi \lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{ПОГ}}} \frac{\text{°C}}{\text{с}}, \quad (11)$$

где  $k_1$  – коэффициент приведения при сварке многопроходных соединений, ед;

$\bar{\omega}$  – безразмерный критерий процесса, ед;

$\lambda = 0,1$  – коэффициент теплопроводности, кал/см с °C;

$T_M = 500$  – температура наименьшей устойчивости аустенита, °C;

$T_0 = 150$  – начальная температура изделия, °C.

Безразмерный критерий процесса  $\bar{\omega}$  зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле (12)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta^2 k_2) c \gamma (T_M - T_0)}, \quad (12)$$

где  $c \gamma = 1,25$  – объемная теплоемкость, кал/см³°C;

$k_2$  – коэффициент приведения при сварке многопроходных соединений, ед.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

Для стыковой сварки с разделкой кромок значения коэффициентов приведения определяются из условия

$$k_1=k_2=\frac{180^\circ}{180^\circ-\alpha}, \quad (13)$$

где  $\alpha = 70$  – угол разделки в зоне корневого прохода, град.

Тогда, по формуле (13) получим, что

$$k_1=k_2=\frac{180^\circ}{180^\circ-70^\circ}=1,6.$$

Следовательно, по формуле (12) получим, что

$$\frac{1}{\theta}=\frac{2\cdot 1,6\cdot 3944}{3,14\cdot(2,7^2\cdot 1,6)\cdot 1,25\cdot(500-150)}=0,8.$$

При значении безразмерного критерия 0,8 получим, что  $\bar{\omega}=0,88$  (2).

Тогда, по формуле (11) получим, что

$$\omega=0,88\cdot 2\cdot 3,14\cdot 0,1\cdot \frac{(500-150)^2}{1,6\cdot 3944}=10,7 \frac{^\circ C}{c}.$$

Для стали 10Г2ФБЮ интервал мгновенных скоростей охлаждения составляет 0,1... 70  $^\circ C/c$ . Таким образом, при температуре предварительного подогрева 150  $^\circ C$  и при рассчитанных параметрах режима сварки обеспечивается требуемая скорость охлаждения при сварке корневого прохода.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

38

### 1.7.2 Расчет параметров режима сварки первого заполняющего прохода

Произведем расчет параметров процесса сварки первого заполняющего прохода. Сварочный ток постоянный обратной полярности. Примем, что вылет электродной проволоки 40 мм, высота слоя флюса составляет 30 мм. При этом, в дальнейших расчетах учитывается, что диаметр проволоки  $d_{\text{Э}} = 4$  мм, коэффициент расплавления  $\alpha_p = 18$  г/Ач (он выбирается по диаграммам в зависимости от силы тока и от диаметра электродной проволоки), площадь сечения электродной проволоки  $F_{\text{Эл}} = 0,126 \text{ см}^2$ , площадь поперечного сечения наплавленного металла  $F_H^{31} = 0,6 \text{ см}^2$ .

Примем, что значение сварочного тока составляет 550 А. Следовательно, напряжение на дуге согласно формуле (7)

$$U_d = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 550 \pm 1 \approx 34 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки  $V_{\text{под}}$  по формуле (8)

$$V_{\text{под}} = \frac{18 \cdot 550}{3600 \cdot 0,126 \cdot 7,8} = 2,8 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Скорость сварки определяется из условия (9)

$$V_{\text{СВ}} = \frac{2,8}{0,6} \cdot 0,126 = 0,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Определим погонную энергию по формуле (10)

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 34 \cdot 550 \cdot 0,85}{0,6} = 6358 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

39

Скорость охлаждения для многопроходной сварки кольцевых швов протяженностью более 1м для последующих проходов определяется по формуле (14)

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi \lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{q_{ПОГ}}, \frac{^{\circ}C}{c}, \quad (14)$$

где  $\bar{\omega}$  – безразмерный критерий процесса, ед;

$\lambda = 0,1$  – коэффициент теплопроводности, кал/см с  $^{\circ}C$ ;

$T_M = 500$  – температура наименьшей устойчивости аустенита,  $^{\circ}C$ ;

$T_0 = 200$  – температура изделия после сварки первого прохода,  $^{\circ}C$ .

Безразмерный критерий процесса  $\bar{\omega}$  зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле (15)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{ПОГ}}{\pi \delta^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 6358}{3,14 \cdot 2,7^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 200)} = 1,5. \quad (15)$$

При значении безразмерного критерия 1,5 получим, что  $\bar{\omega} = 0,48$ .

Тогда, по формуле (14) получим, что

$$\omega = 0,48 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 200)^2}{6358} = 4,3 \frac{^{\circ}C}{c}.$$

Для стали 10Г2ФБЮ интервал мгновенных скоростей охлаждения составляет 0,1...70  $^{\circ}C/c$ . Таким образом, при температуре изделия 200  $^{\circ}C$  и при рассчитанных параметрах режима сварки обеспечивается требуемая скорость охлаждения при сварке первого заполняющего прохода.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

40

### 1.7.3 Расчет параметров режима сварки последующих заполняющих проходов

Произведем расчет параметров процесса сварки последующих заполняющих проходов. Сварочный ток при этом также постоянный обратной полярности. Примем, что вылет электродной проволоки 40 мм, высота слоя флюса составляет 30 мм. При этом, в дальнейших расчетах учитывается, что диаметр проволоки  $d_{\text{Э}} = 4$  мм, коэффициент расплавления  $\alpha_p = 20 \text{ г/Ач}$  (он выбирается по диаграммам в зависимости от силы тока и от диаметра электродной проволоки), площадь сечения электродной проволоки  $F_{\text{Эл}} = 0,126 \text{ см}^2$ , площадь поперечного сечения наплавленного металла  $F_{\text{Н}}^{3\Pi} = 0,9 \text{ см}^2$ .

Примем, что значение сварочного тока составляет 750 А. Следовательно, напряжение на дуге согласно формуле (7)

$$U_d = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 750 \pm 1 \approx 39 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки  $V_{\text{под}}$  по формуле (8)

$$V_{\text{под}} = \frac{20 \cdot 750}{3600 \cdot 0,126 \cdot 7,8} = 4,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Скорость сварки определяется из условия (9)

$$V_{\text{СВ}} = \frac{4,3}{0,9} \cdot 0,126 = 0,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Определим погонную энергию по формуле (10)

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 33 \cdot 750 \cdot 0,85}{0,6} = 8415 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

#### 1.7.4 Расчет параметров режима сварки облицовочного прохода

Произведем расчет параметров процесса сварки облицовочного прохода. Сварочный ток при этом также постоянный обратной полярности. Примем, что вылет электродной проволоки 40 мм, высота слоя флюса составляет 30 мм. При этом, в дальнейших расчетах учитывается, что диаметр проволоки  $d_{\text{Э}} = 4 \text{ мм}$ , коэффициент расплавления  $\alpha_p = 20 \text{ г/Ач}$ , площадь сечения электродной проволоки  $F_{\text{ЭЛ}} = 0,126 \text{ см}^2$ , площадь поперечного сечения наплавленного металла  $F_H^O = 0,95 \text{ см}^2$ .

Примем, что значение сварочного тока составляет 750 А. Следовательно, напряжение на дуге согласно формуле (7)

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 750 \pm 1 \approx 39 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки  $V_{\text{ПОД}}$  по формуле (8)

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{20 \cdot 750}{3600 \cdot 0,126 \cdot 7,8} = 4,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Скорость сварки определяется из условия (9)

$$V_{\text{СВ}} = \frac{4,3}{0,95} \cdot 0,126 = 0,57 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Определим погонную энергию по формуле (10)

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 37 \cdot 750 \cdot 0,85}{0,57} = 9932 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

Скорость охлаждения для многопроходной сварки кольцевых швов протяженностью более 1 м для облицовочного прохода определяется по формуле (14). При этом первый безразмерный критерий процесса  $\bar{\omega}$  зависит от другого безразмерного критерия, определяемого по формуле (15)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi \delta^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 9932}{3,14 \cdot 2,7^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 200)} = 2,3.$$

При значении безразмерного критерия 2,3 получим, что  $\bar{\omega}=0,275$ .

Тогда, по формуле (14) получим, что

$$\omega = 0,275 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500-200)^2}{9932} = 1,6 \frac{\text{°C}}{\text{с}}.$$

Для стали 10Г2ФБЮ интервал мгновенных скоростей охлаждения составляет 0,1...70 °C/с. Таким образом, при температуре изделия 200 °C и при рассчитанных параметрах режима сварки обеспечивается требуемая скорость охлаждения при сварке облицовочного прохода.

## 1.8 Описание оборудования для сварки

Для автоматической сварки в среде защитных газов (корневой проход) и для автоматической сварки под слоем флюса в качестве источника электрической энергии используется агрегат сварочный на гусеничном ходу марки УРАЛ-4 на базе трактора Т-147 (в северном исполнении). Данный агрегат также комплектуется специальным грузоподъемным механизмом для того, чтобы на место проведения сварочных работ устанавливать укрывной тент. Общий вид агрегата сварочного на гусеничном ходу марки УРАЛ-4 на базе трактора Т-147 показан на рисунке 1.15.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист



Рисунок 1.15 – Общий вид агрегата сварочного на гусеничном ходу марки УРАЛ-4 на базе трактора Т-147

Он предназначен для сварки трубопроводов различных назначений в полевых условиях. Общие характеристики агрегата сварочного марки УРАЛ-4 на базе трактора Т-147 приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Общие характеристики агрегата сварочного марки УРАЛ-4 на базе трактора Т-147

Характеристика	Значение
Габаритные размеры, мм	5500×2370×2960
Масса, кг, не более	11000
Номинальная мощность электростанции, кВт	100
Номинальная сила тока генератора, А	180
Мощность генератора на выходе, кВА	125
Напряжение на выходе, В	220/380
Частота тока, Гц	50
Род сварочного тока	Постоянный
Грузоподъемность стрелы крана (при полном вылете стрелы), кг	1300
Максимальный вылет стрелы, м	5,5
Максимальный угол поворота, град	360

Общий вид сварочного агрегата в монтажном положении показан на рисунке 1.16.



Рисунок 1.16 – Общий вид сварочного агрегата в монтажном положении  
В состав агрегата входит следующее оборудование:

- электростанция мощностью 100 кВт – 1 шт;
- источник питания для сварки – 4 шт;
- печь для прокалки флюса – 1 шт;
- комплект кабелей сварочных – 1 шт;
- шкаф для хранения инструмента – 1 шт;
- стеллаж-стойка – 1 шт;
- прожектор – 2 шт;
- вводно-распределительное устройство – 1 шт;
- освещение, розетки, огнетушитель, аптечка;
- газовые баллоны для сварки в среде защитных газов;
- печь для прокалки электродов – 1 шт.

Источником питания при автоматической сварке в среде защитных газов является InvertecSTTII, технические характеристики которого были приведены ранее в таблице 1.4. Таких источников требуется 2 шт. Сварка производится сварочной головкой марки М300-С. Технические характеристики сварочной головкой марки М300-С были приведены ранее в таблице 1.3.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

45

Источником питания при автоматической сварке под слоем флюса будет использоваться выпрямитель ВДУ-1250УЗ производства фирмы ЗАО «НПФ «ИТС». Общий вид выпрямителя ВДУ-1250УЗ показан на рисунке 1.17.



Рисунок 1.17 – Общий вид выпрямителя ВДУ-1250УЗ

Технические характеристики выпрямителя ВДУ-1250УЗ приведены в таблице 1.16.

Таблица 1.16 – Технические характеристики выпрямителя ВДУ-1250УЗ [9]

Характеристика	Значение
Питание сети, В/Гц/Фаза	380/50/3
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ 100%)	1250
Пределы регулирования сварочного тока, А	250...1250
Пределы регулирования напряжения, В	24...44
Номинальное рабочее напряжение, В	44
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Потребляемая мощность при номинальном токе, кВА, не более	75
Масса, кг, не более	520
Габаритные размеры, мм, не более	790×610×1410

Непосредственно сварку под слоем флюса будем производить сварочным трактором марки АДФ-1000. Общий вид сварочного трактора АДФ-1000 показан на рисунке 1.18.



Рисунок 1.18 – Общий вид сварочного трактора АДФ-1000

Технические характеристики сварочного трактора АДФ-1000 показаны в таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Технические характеристики сварочного трактора АДФ-1000

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети при частоте 50 Гц, В	3×380
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ 100%)	1000
Пределы регулирования сварочного тока, А	200...1000
Диаметр электродной проволоки, мм	2...5
Пределы регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	26...360
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Пределы регулирования скорости сварки, м/ч	0...285
Межосевое расстояние колес, мм	260

## Продолжение таблицы

Колесная колея, мм	320
Емкость бункера для флюса, дм <sup>3</sup>	10
Напряжение питания сварочного автомата при частоте 50 Гц, В	42
Масса, кг, без проволоки и флюса	80
Габаритные размеры, мм, не более	720×500×650

### 1.9 Контроль качества

Основными методами контроля качества сварных швов магистрального газопровода являются:

- визуальный и измерительный (ВИК);
- радиографический (РК).

В качестве дублирующего метода контроля допускается применять ультразвуковой метод контроля (УЗК). Он проводится на стыках с наихудшими по внешнему виду параметрами сварного шва и для уточнения результатов проведения радиографического контроля.

ВИК применяется на всех операциях по строительству газопровода как первичный метод, при котором выявляются очевидные несоответствия и отклонения от требований технической документации. Он проводится по согласованным с главным инженером предприятия картам контроля.

На операции входного контроля проверяется соответствие качества основных, сварочных материалов и полуфабрикатов, а также комплектующих, поставляемых на объект строительства. Проверка материалов осуществляется путем сравнения маркировки и приложенного сертификата качества.

При проверке сварочных материалов контролируется наличие либо отсутствие:

- ржавчины;
- механических повреждений.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

48

Также выборочно проводятся испытания сварочных материалов путем наплавки на образец либо сварки контрольного сварного соединения и проверки технологических, механических и металлографических свойств.

Поставляемые защитные газы проверяются на чистоту и соответствие паспортным данным. Контроль проводится ротаметрами.

Качество поступившего сварочного флюса проверяется по сертификатным данным и в лабораторных условиях.

Трубы, поставляемые на строительство, проходят операцию входного контроля (согласно п.1.3).

При текущем контроле проверяется качество сборки, узлов, разделки, смещение кромок, наличие зазора.

В процессе и после сварки визуально и инструментально проверяют внешний вид шва, его геометрические размеры, производится обмер изделия. Параллельно при сварке контролируются параметры режима.

Завершает систему контроля изделия проведение радиографического и ультразвукового контроля качества.

Визуально-измерительный метод контроля качества используется не только непосредственно в процессе сварки, но и при контролировании операций заготовки, комплектования, сборки.

Для проведения визуального и измерительного контроля применяется комплект для проведения визуального и измерительного контроля типа ВИК «Эксперт».

Комплектация ВИК «Эксперт» представлена в таблице 1.18.

Таблица 1.18 – Комплектация ВИК «Эксперт»

Название	Характеристика
Универсальный шаблон сварщика УШС-3	УШС-3 применяется для измерения контролируемых параметров труб, контроля качества сборки стыков труб, а также для измерения параметров сварного шва при его контроле
ШтангенциркульЩЦ-1-125-0.1	Используется для измерений наружных и внутренних размеров, а также глубин контролируемых объектов.

Продолжение таблицы

Фонарик	Светодиодный фонарик для работы в условиях слабой освещенности. Мощность 0,5 Вт.
Лупа измерительная 10×	Лупа для визуального контроля и измерений на плоскости. Длина измерительной шкалы 15 мм, цена деления 0.1 мм
Набор щупов №4	Набор для контроля зазоров между поверхностями. Класс точности II, диапазон толщин 0,1...4 мм
Лупа складная ЛПП 7×	Предназначена для осмотра мелких деталей контролируемой поверхности.
Рулетка измерительная	Рулетка измерительная длина 2м
Линейка измерительная	Линейка измерительная стальная, длина 20 см

По результатам проведения ВИК в сварном шве контролируется наличие (отсутствие) следующих видов дефектов:

- трещины всех видов и направлений;
- поры, выходящие на поверхность, в т. ч. скопления и цепочки пор;
- шлаковые включения, выходящие на поверхность;
- несплавления;
- нарушение геометрии сварного шва;
- дефекты обратного валика;
- неполное заполнение разделки кромок;
- вогнутость корня шва;
- превышение проплавления корня шва;

По результатам проведения РК в сварном шве контролируется наличие (отсутствие) следующих видов дефектов:

- непровары;
- внутренние поры, в т. ч. скопления и цепочки пор;
- несплавления;
- внутренние шлаковые включения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ

При визуальном осмотре в сварном шве могут присутствовать следующие допустимые дефекты:

- подрезы глубиной менее 0,5 мм;

Радиографический контроль производится при помощи специального трубопроводного устройства, называемого кроулер. Для строительства рассматриваемого газопровода используется кроулер марки JME 10-60. Общий вид кроулера JME 10-60 приведен на рисунке 1.19.



Рисунок 1.19 – Общий вид кроулера JME 10-60 [10]

Он состоит из грузовой тележки и генератора радиоактивного излучения. Технические характеристики кроулера JME 10-60 приведены в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Технические характеристики кроулера JME 10-60 [10]

Характеристика	Значение
Выходная мощность рентгеновской трубы, кВ	160, 180, 200, 225 либо 300
Оптимальный ток в рентгеновской трубке, мА	2...3
Размер фокуса (конический), мм	0,5×5
Источник питания	Свинцово-кислотные аккумуляторы (120 В)
Емкость аккумуляторов, А/ч	15
Мощность двигателя, Вт	185
Скорость перемещения в трубе, м/с, не менее	0,3
Погрешность позиционирования, мм	±5
Максимальный угол поднятия в трубе, град	27

## Продолжение таблицы

Допускаемый диаметр трубопровода, мм	240...1500
Количество модулей, шт	5
Длина кроулера, мм	1670

По результатам проведения РК в сварном шве контролируется наличие (отсутствие) следующих видов дефектов:

- непровары;
- внутренние поры, в т. ч. скопления и цепочки пор;
- несплавления;
- внутренние шлаковые включения

По результатам радиографического контроля в сварном шве могут быть следующие допустимые дефекты:

- поры диаметром менее 1,6 мм;
- цепочки пор длиной менее 50 мм с расстоянием между крайними порами менее трех диаметров наибольшей из них.

Кроулер подготавливается к контролю после того, как заварен участок газопровода длиной не менее 3 км. К этому времени контролируемый сварной шов остывает, нормализуются внутренние сварочные напряжения, выявляются дефекты остаточного типа (холодные трещины). Схема просвечивания – панорамная, т.е. источник излучения находится внутри трубы, а рентгеновская пленка устанавливается снаружи с нахлестом не менее 100 мм. Просвечивание происходит за один раз.

При обнаружении каких-либо дефектов на пленке, которые не соответствуют требованиям НТД, проводится дополнительно дублирующий контроль качества – ультразвуковой. Ультразвуковой контроль проводится с целью проверки обнаруженных при радиографическом контроле дефектов. УЗК проводится при помощи ультразвукового дефектоскопа марки ЕРОСН 1000i. Общий вид дефектоскопа ЕРОСН 1000i показан на рисунке 1.20.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	52
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	



Рисунок 1.20 – Общий вид дефектоскопа EPOCH 1000i

Технические характеристики дефектоскопа EPOCH 1000i приведены в таблице 1.20.

Таблица 1.20 – Технические характеристики дефектоскопа EPOCH 1000i[10]

Характеристика	Значение	
Габаритные размеры, мм	252×177×107	
Вес, кг	3,67 вместе с литий-ионной батареей	
Время работы батареи без подзарядки, ч	8	7
Тип дисплея	Цветной трансфлексивный ЖК-дисплей VGA (640×480 пикселей) с частотой обновления изображения 60Гц	
Температура хранения, °C	От -20 до 60	
	Режим УЗК	Режим УЗК+ФР
Демпфирование, Ом	50, 100, 200, 400	Неприменимо
Входное полное сопротивление приемника, Ом	400±5%	50±10%
Угол ввода луча, град	0-85 с шагом 0,1	От -80 до 80

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
				15.03.01.2018.141.00 ПЗ	53

## Продолжение таблицы

Скорость звука, м/с	635...15240	
Смещение нуля, мкс	0-750	неприменимо
Задержка отображения, мм	-59...25400	0...макс. диапазон
Диапазон, мм	3,6...26808	2,58...37,5
Частота измерений	Равна ЧЗИ во всех режимах	
ЧЗИ, Гц	5...6000 с шагом 5	Макс. 1520
Длительность импульса, нс	25...10000	40...1000
Коэффициент усиления, дБ	0...110	0...80

По результатам ультразвукового контроля в сварном шве могут присутствовать следующие допустимые дефекты:

- поры диаметром менее 1,6 мм;
- цепочки пор длиной менее 50 мм с расстоянием между крайними порами менее трех диаметров наибольшей из них.

Вывод по разделу 1:

В разделе 1 была рассмотрена технология сварки труб в условиях монтажной площадки. Рассмотрена существующая технология проведения работ и были выявлены недостатки, влияющие как на качество, так и на производительность. Для устранения выявленных недостатков была предложена новая технология, благодаря которой изменились геометрические размеры сварного шва, уменьшилось количество проходов при сварке. Также для новой технологии был произведен подбор оборудования, сварочных материалов и оснастки. Описаны методы контроля качества и применяемое для них оборудование.

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Для сборки стыков труб будем использовать внутренний центратор. Общий вид центратора показан на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Общий вид центратора

Данный центратор предназначен для центровки торцов собираемых труб при сборке поворотных и неповоротных стыков трубопроводов. Центратор имеет пневматический привод, который питается от сети 380 В и позволяет уменьшить овальность собираемых заготовок, а также придает правильную форму окружности.

Технические характеристики центратора приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики центратора

Характеристика	Значение
Диаметр соединяемых элементов, мм	1420
Толщина стенки, мм	10...32
Число жимков в одном ряду, шт	16
Суммарное усилие, развиваемое одним центрирующим рядом, кН, не более	1300
Габаритные размеры, мм:	
– длина	3500
– диаметр	1400
Число центрирующих рядов, шт	2
Масса, кг	1100

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

55

Сборку трехтрубных секций предлагается осуществлять на передвижной трубосварочной базе. Основой для базы служит система, состоящая из двух модульных тяжеловозов марки 9942М9. Они доставляются к месту проведения работ на двух разных тягачах. Для работы они сближаются на расстояние между крайними частями не более 1000 мм. Общий вид модульного тяжеловоза марки 9942М9 показан на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Общий вид модульного тяжеловоза марки 9942М9

Технические характеристики модульного тяжеловоза марки 9942М9 показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики модульного тяжеловоза марки 9942М9

Характеристика	Значение
Вес перевозимого груза, кг	200000
Вес снаряженного полуприцепа, кг	42000
Нагрузка на седельное устройство, кг	30000
Нагрузка на дорогу через шины, кг	225000
Длина рабочей платформы, мм	20000
Ширина рабочей платформы, мм	4300
Погрузочная высота платформы, мм	1600
Межосевое расстояние, мм	1600

Вид модульного тяжеловоза марки 9942М9 при движении показан на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Вид модульного тяжеловоза марки 9942М9 при движении  
На платформе при помощи болтового соединения установлен блок гидроцилиндров, на которые смонтирована плита. Это необходимо для компенсации возможной разности уровней грунта при установке платформ.

На эту плиту при помощи болтов крепится кольцевой кантователь, у которого имеется приводной (ведущий) сегмент и ведомый сегмент. На каждую свариваемую трубу требуется по два таких сегмента. Расстояние между сегментами на одну трубу составляет 6000 мм. Расстояние между сегментами свариваемых труб составляет 6000 мм. Общий вид кантователя кольцевого показан на рисунке 2.4.

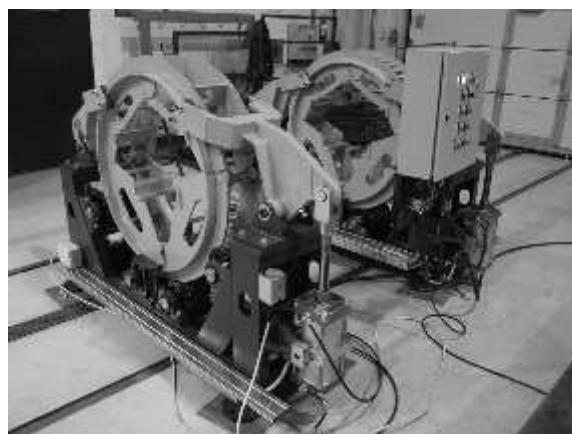


Рисунок 2.4 – Общий вид кантователя кольцевого

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

Также на платформе имеются отверстия для установки на болты тента укрывного для защиты зоны сварки.

Технические характеристики кантователякольцевого показаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технические характеристики кантователякольцевого

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети при частоте 50 Гц, В	220/380
Мощность электродвигателей привода вращения, кВт	0,37
Грузоподъемность, кг	15000
Нагрузка (приводная+неприводная опора), кг	10000
Диаметр свариваемых изделий, мм	1400
Скорость вращения, м/мин	0,1...1,5
Масса (приводной/неприводной секции), кг	1207 (674/533)

При автоматической сварке под слоем флюса для удержания сварочного трактора на поверхности трубы предусмотрена кран-балка грузоподъемностью до 1 тонны. Для направления сварочного трактора по оси стыка используются направляющие рельсы.

Вывод по разделу 2:

В разделе 2 подробно рассмотрено оборудование, применяемое для автоматической сварки трехтрубных секций.

### 3 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

#### 3.1 Расчет фондов рабочего времени

Для определения производительности при сварке трехтрубных секций требуется определить номинальный фонд рабочего времени. Номинальный фонд рабочего времени определяется по календарной продолжительности сезона проведения работ и, в рассматриваемом случае, не зависит от количества выходных, праздничных и предпраздничных дней, так как строительство газопровода ведется в непрерывном режиме круглосуточно вахтовым методом. Тогда номинальный фонд рабочего времени определяется из условия (3)

$$F_H = \frac{D_{\Gamma} t_H}{D_H}, \quad (16)$$

где  $D_{\Gamma} = 182$  – количество рабочих дней в сезоне, шт;

$D_H = 7$  – количество рабочих дней недели, шт;

$t_H = 168$  – продолжительность рабочей недели, ч.

Тогда, по формуле (16) получим, что

$$F_H = \frac{182 \cdot 168}{7} = 4368 \text{ ч.}$$

Фонд времени работы оборудования действительный зависит от номинального фонда времени, учитывающего сменность работы оборудования и потери времени, связанные с его ремонтом и определяется по следующей формуле (17)

$$F_D = F_H \left(1 - \frac{P}{100}\right), \quad (17)$$

где  $F_H = 4368$  – номинальный годовой фонд рабочего времени, ч;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	59
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

$P=3,8$  – процент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования, %.

Тогда, по формуле (17) получим, что годовой фонд времени работы оборудования фактический

$$F_D = 4368 \left(1 - \frac{3,8}{100}\right) = 4202 \text{ ч.}$$

Определим номинальный фонд рабочего времени одной бригады при работе в одну смену по следующей формуле (18)

$$F_{H.BP.} = \frac{F_H}{n}, \quad (18)$$

где  $F_H=4368$  – номинальный годовой фонд рабочего времени, ч;

$n = 8$  – количество бригад, занятых на объекте, шт.

Тогда, по формуле (18) получим, что

$$F_{H.BP.} = \frac{4368}{8} = 546 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени для одной бригады при работе в одну смену определяется вычитанием из номинального фонда планируемых дневных и внутрисменных фондов времени. К таким потерям времени относятся:

- основной и дополнительный отпуск всех видов;
- болезни;
- выполнение государственных обязанностей;
- сокращение рабочего дня в соответствии с действующим законодательством.

Расчет эффективного фонда времени работы одного рабочего производится по формуле (19):

$$F_{DP} = F_{H.BP.} [1 - 0,01 (P_H + P_O + P_{OTP} + P_P)], \quad (19)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

60

где  $F_{н.бр.} = 546$  – номинальный фонд рабочего времени одной бригады, ч;

$P_H = 4$  – планируемый процент невыхода на работу, %;

$P_O = 6$  – процент перерывов на отдых, %;

$P_{отп}$  – процент невыхода на работу в связи с отпуском, %;

$P_P = 3$  – процент потерь времени, связанных с ремонтом оборудования в рабочее время, %.

Тогда, по формуле (19), эффективный фонд времени работы одного рабочего

$$F_{др}=546 \cdot [1-0,01 \cdot (4+6+3)]=475 \text{ ч.}$$

### 3.2 Расчет норм штучного времени

Время на операцию обработки фасок, осмотр, зачистку прикромочной зоны и исправление обнаруженных визуально дефектов составляет 30 мин.

При расчете норм времени для автоматической сварки примем серийный тип производства. Сварка производится сварочной головкой и сварочным трактором. Установка и поворот изделий относительно оси при подготовке под сварку производится с участием электросварщика. Настройку автоматического оборудования производит электросварщик.

Для дальнейших расчетов по нормированию требуется рассчитать подготовительно-заключительное время. Оно представляет собой сумму следующих элементов при подготовительно-заключительной работе:

1. Получение производственного задания – 5 мин;

2. Ознакомление с работой – 3 мин;

3. Подход трубосварочной базы от места сварки предыдущего стыка – 2 мин;

4. Закрепление трубосварочной базы для предотвращения перекоса – 2 мин;

5. Подъем трубы трубоукладчиком – 1 мин;

6. Подвоз трубы к трубосварочной базе – 2 мин;

7. Установка и закрепление трубы в кантователе – 3 мин;

8. Установка на трубу направляющего пояса для сварочных головок – 3 мин;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

61

9. Установка внутрь трубы центратора – 5 мин. В это время параллельно устанавливается вторая труба в течение времени операций 5-7. Однако время на выполнение операций составляет 10 мин, так как при этом производится выставление требуемых зазора и геометрии стыка. Следовательно, время на выполнение данной операции составляет 11 мин;

10. Установка сварочных головок – 3 мин;

11. Установка укрывного тента – 2 мин;

12. Установка термических поясов для предварительного нагрева – 2 мин;

13. Настройка сварочных головок – 1,9 мин, из которых:

- выставление положения сварочной проволоки относительно стыка – 1 мин;
- установка величины сварочного тока – 0,2 мин;
- установка скорости сварки – 0,2 мин;
- установка скорости подачи проволоки – 0,2 мин;
- установка оптимального расхода газа – 0,3 мин;

14. Демонтаж термических поясов – 1 мин;

15. Демонтаж сварочных головок – 0,5 мин;

16. Демонтаж направляющего пояса для сварочных головок – 0,5 мин;

17. Перемещение центратора к месту второго стыка – 3 мин. В это время параллельно устанавливается третья труба в течение времени операций 5-8, 10-13. Однако время на выполнение операций составляет:

- 10 мин на операции 5-7 с учетом выставления требуемых зазора и геометрии стыка;
- 3 мин на операции 8;
- 8,9 мин на операциях 10-13;
- 2 мин на операциях 14-16.

Таким образом, примем, что время на выполнение указанной операции суммарно составляет 20,9 мин;

18. Установка первого сварочного трактора – 1,5 мин;

19. Выставление первого сварочного трактора пор оси стыка – 0,5 мин;

20. Извлечение центратора из секции – 3 мин;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

62

21. Установка второго сварочного трактора – 1,5 мин;
22. Выставление второго сварочного трактора пор оси стыка – 0,5 мин;
23. Настройка сварочных тракторов – 1,8 мин, из которых:
  - установка величины сварочного тока – 0,4 мин;
  - установка скорости сварки – 0,4 мин;
  - установка скорости подачи проволоки – 0,4 мин;
  - установка оптимального расхода флюса – 0,6 мин;
24. Демонтаж сварочных тракторов – 1 мин;
25. Демонтаж укрывных тентов – 2 мин;
26. Раскрепление секции из центратора – 0,5 мин;
27. Подъем секции – 2 мин;
28. Отъезд трубосварочной базы от места работ – 3 мин;
29. Установка секции в нитку – время не нормируется в рамках рассматриваемой работы.

Операции 18 и 19 выполняются параллельно с операцией 17. Операция 20 выполняется параллельно с операциями 21-23.

Таким образом, подготовительно-заключительное время на сварку составляет

$$T_{ПЗ} = \sum t_{оп.пз}, \quad (20)$$

где  $t_{оп.пз}$  – сумма времени на операциях при подготовке и завершении работ, мин.

Тогда, по формуле (20)

$$T_{ПЗ} = 5 + 3 + 2 + 2 + 1 + 2 + 3 + 3 + 11 + 3 + 2 + 2 + 1,9 + 1 + 0,5 + 0,5 + 20,9 + 2,8 + 1 + 2 + 0,5 + 2 + 3 = 75,1 \text{ мин.}$$

Процесс проведения подготовительно-заключительных работ является важным этапом при повышении производительности для строительства газопроводов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

63

Произведем расчет основного времени, необходимого для сварки одного стыка по следующей формуле (21)

$$T_{OCH} = 60 \cdot \frac{L}{V_{CB}}, \quad (21)$$

где  $L=4,46$  – длина шва, м;

$V_{CB}$  – скорость сварки, м/ч.

Определим основное время сварки для корневого прохода при скорости 0,3 см/с=10,8 м/ч согласно формуле (21)

$$T_{OCH}^K = 60 \cdot \frac{4,46}{10,8} = 24,8 \text{ мин.}$$

Полученное значение основного времени на сварку рассчитано при условии сварки одной сварочной головкой. Так как сварка производится двумя сварочными головками, то время сварки для корневого прохода составляет 12,4 мин.

Основное время при сварке первого заполняющего прохода при скорости 0,6 см/с=21,6 м/ч по формуле (21)

$$T_{OCH}^{31} = 60 \cdot \frac{4,46}{21,6} = 12,4 \text{ мин.}$$

Основное время при сварке последующих заполняющих проходов при скорости 0,6 см/с=21,6 м/ч и их количестве, равно 3 шт по формуле (21)

$$T_{OCH}^3 = 3 \cdot 60 \cdot \frac{4,46}{21,6} = 37,2 \text{ мин.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

Основное время при сварке облицовочного прохода при скорости 0,57 см/с=20,52 м/ч по формуле (21)

$$T_{OCH}^0 = 60 \cdot \frac{4,46}{20,52} = 13 \text{ мин.}$$

Таким образом, общее основное время сварки одного стыка составляет 75 мин. Два стыка варятся 137,6 мин, так как сварка под слоем флюса производится на двух стыках одновременно.

Рассчитаем вспомогательное время, зависящее от длины шва. Для этого примем, что время на:

- зачистку и осмотр свариваемых кромок составляет 1 мин;
- возврат сварочной головки в исходное положение составляет 1,5 мин;
- очистка шва от шлака, осмотр и промер шва при послойном проведении операции составляет суммарно 10 мин.

Тогда, вспомогательное время составит

$$T_{VSH} = 1 + 1,5 + 10 = 12,5 \text{ мин.}$$

В выпускной квалификационной работе был принят серийный тип производства. Тогда коэффициент, который учитывает затраты времени на обслуживание рабочего места, на отдых и естественные надобности составляет  $k=1,19$ .

Норма штучного времени на изготовление одной секции рассчитывается по формуле(22):

$$T_{WT} = \left( \sum T_{OCH} + T_{VSH} \right) k, \quad (22)$$

где  $T_{OCH} = 137,6$  – суммарное основное время на проведение сварочных работ для двух стыков, мин;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	65
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

$T_{всп}=25$  – вспомогательное время на обслуживание двух стыков, мин;  
 $k=1,19$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, на отдых и естественные надобности, ед.

Тогда, по формуле (22) получим, что

$$T_{шт} = (137,6 + 25) \cdot 1,19 = 193,5 \text{ мин.}$$

Произведем расчет штучного времени на операции контроля качества по следующей формуле (23):

$$T_{шт}^{кон} = (T_O + t_{всп})k, \quad (23)$$

где  $T_O$  – время проведения контроля, мин;

$t_{всп}$  – время на подготовку оборудования и детали, мин;

$k=1,19$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, на отдых и естественные надобности, ед.

Время контроля определим по следующей формуле (24)

$$T_O = \frac{L}{V_K}, \quad (24)$$

где  $L_{шт}=4,46$  – длина сварного шва, м;

$V_K$  – скорость проведения контроля, м/мин. Примем, что при визуальном контроле скорость составляет 0,8 м/мин.

Тогда, по формуле (24) получим, что

$$T_O = \frac{4,46}{0,8} = 5,6 \text{ мин.}$$

Тогда, по формуле (23) получим, что

$$T_{шт}^{кон} = (5,6 + 2) \cdot 1,19 = 9 \text{ мин.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

### 3.3 Организация производства

Количество сварочных источников питания при производстве работ определяется расчетом и зависит от трудоемкости изготавляемой продукции и действительного фонда времени работы оборудования.

Загрузка оборудования рассчитывается по формуле (25)

$$C_p = \frac{T_{шт}N}{60F_{д}K_{вн}n}, \quad (25)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время проведения операции для одного изделия, мин;

$N=19000$  – годовая программа изготовления стыков, шт;

$F_{д}=4202$  – действительный фонд времени оборудования при двухсменном графике в сутки, ч;

$K_{вн} = 1,1$  – коэффициент выполнения норм выработки;

$n = 2$  – количество смен.

Полученное значение  $C_p$  округляется до ближайшего целого числа  $C_{пр}$ , которое является принятым количеством оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле (26)

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (26)$$

где  $C_p$  – расчетное количество оборудования, шт;

$C_{пр}$  – принятое количество оборудования, шт.

Расчет количества применяемого оборудования приведен в таблице 3.1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

Таблица 3.1 – Количество применяемого оборудования

Наименование операции	Tшт, мин	C <sub>P</sub>	C <sub>ПР</sub>	K <sub>3</sub>
Автоматическая сварка в среде защитных газов	17,3	0,6	1	0,6
Автоматическая сварка под слоем флюса	176,2	6	6	1
Контроль качества	9	0,3	1	0,3

Как видно из таблицы, коэффициент загрузки оборудования на изготовление узла достаточно высоки для того, чтобы перекрыть требуемую загрузку при производстве.

Численность основных производственных рабочих меняется в зависимости от трудоемкости работ, норм выработки или нормам обслуживания оборудования.

Количество рабочих рассчитывается по формуле (27):

$$R_P = \frac{T_{шт}N}{60F_{ДР}K_B S}, \quad (27)$$

где T<sub>шт</sub> – штучное время проведения операции для одного изделия, мин;

N=19000 – годовая программа изготовления стыков, шт;

F<sub>ДР</sub>=475 – действительный годовой фонд времени работы при двухсменном графике в сутки, час/год;

S=2 – количество смен работы оборудования, шт;

K<sub>B</sub>=1,1 – коэффициент выполнения норм выработки, ед.

Полученное значение R<sub>P</sub> округляем до ближайшего целого числа R<sub>ПР</sub>, которое является принятым количеством оборудования.

Коэффициент занятости рабочего:

$$K_3 = \frac{R_P}{R_{ПР}}, \quad (28)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

где  $R_p$  – расчетное количество рабочих, чел;

$R_{pp}$  – принятое количество рабочих, чел.

Расчеты численности основных производственных рабочих и их занятости сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Численность рабочих

Наименование операции	Профессия / специальность	Тшт, мин	$R_p$	$R_{pp}$	$K_3$
Автоматическая сварка в среде защитных газов	Сварщик	17,3	5,2	6	0,87
Автоматическая сварка под слоем флюса	Сварщик	176,2	53,4	54	0,98
Контроль качества	Контролер	9	2,7	3	0,9

### 3.4 Расчет расхода материалов

Расчет норм расхода материалов и энергоносителей зависит от количества наплавленного металла. Вес наплавленного металла определяется по формуле (29):

$$Q_{\Theta} = Q_H k, \quad (29)$$

где  $k$  – безразмерный коэффициент, учитывающий потери на угар и разбрзгивание, ед;

$Q_H$  – вес металла, наплавленного на одно изделие, кг;

Вес наплавленного металла определим по формуле(30)

$$Q_H = F_H L \gamma, \quad (30)$$

где  $F$  – площадь сечения наплавленного металла шва в поперечном разрезе, см<sup>2</sup>;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	69
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

$L=446$  – длина шва, см;

$\gamma =7,85$  – удельный вес наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>.

Тогда, по формуле (30)

– для сварки корневого прохода

$$Q_H=0,35 \cdot 446 \cdot 7,85 = 1225 \text{ г.}$$

При сварке двух швов  $Q_{H \text{ общ}} = 2450$  г.

– для сварки заполняющих и облицовочного слоев

$$Q_H=4,25 \cdot 446 \cdot 7,85 = 14880 \text{ г.}$$

При сварке двух швов  $Q_{H \text{ общ}} = 29760$  г.

Следовательно, по формуле (29), вес наплавленного металла на одно изделие:

– при сварке корневого прохода на двух швах

$$Q_{\exists}=2450 \cdot 1,2 = 2940 \text{ г.}$$

– при сварке заполняющих и облицовочного слоев для двух швов

$$Q_{\exists}=29760 \cdot 1,05 = 31248 \text{ г.}$$

Расход электродной проволоки на годовую программу определяется по формуле(31)

$$Q_{\exists \text{ общ}}=Q_{\exists}N, \quad (31)$$

где  $Q_{\exists}$  – вес наплавленного металла, г;

$N= 4750$  – количество стыков, шт.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

70

Тогда, по формуле (31) получим, что:

- при сварке корневого прохода для двух стыков

$$Q_{\text{Э общ}} = 2940 \cdot 4750 = 13965 \text{ кг.}$$

- при сварке заполняющих и облицовочного слоев для двух швов

$$Q_{\text{Э общ}} = 31248 \cdot 4750 = 148428 \text{ кг.}$$

Расход газа на одно изделие определяется по формуле (32):

$$Q_{\text{ГАЗ}} = Q_{\text{Э}} k, \quad (32)$$

где  $k=1,2$  – коэффициент расхода газа, ед.

Тогда, по формуле (32) получим, что

$$Q_{\text{ГАЗ}} = 2940 \cdot 1,2 = 3528 \text{ г.}$$

Расход защитного газа, потраченного на сварку на годовую программу

$$Q_{\text{ГАЗ общ}} = 3528 \cdot 4750 = 16758 \text{ кг.}$$

Расход сварочного флюса составляет 40 кг на 1 стык. На два стыка расход составит 80 кг. На годовую программу расход флюса составит 380000 кг.

Расход энергоносителей для обеспечения работы сварочных машин и аппаратов в общем виде может быть определен по техническим характеристикам оборудования и потерям энергии. Воспользуемся методикой для дуговых способов сварки, основанной на учете массы наплавленного металла и удельных расходах энергии.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

71

Расход энергоносителей при сварке на годовую программу находится из выражения

$$Q_{ЭЛ} = Q_{Э\text{ общ}} g_{Э}, \quad (33)$$

где  $g_{Э}=2,5$  – удельный расход электроэнергии, кВт/кг.

Тогда, по формуле (33) получим, что

$$Q_{ЭЛ} = 162393 \cdot 2,5 = 405982,5 \text{ кВт.}$$

Выводы по разделу 3:

В разделе 3 произведено нормирование по времени работ, в том числе подготовительных и сварочных. Произведен расчет затрат сварочных материалов, а также рассчитано необходимое количество сварочного оборудования и оборудования для контроля. Также рассчитана необходимая численность персонала.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов

При выполнении сварочных работ возникает фактор влияния более мощного теплового и ионизирующего воздействия сварочной дуги на сварщика, а также другие факторы:

- перемещающиеся части оборудования могут привести к механическому травмированию;
- тепловое излучение;
- опасность поражения работающего электрическим током, переменными магнитными или высокочастотными электромагнитными полями;
- различные вредные вещества, вредные газы, пары и пыль;
- вредные шумы и вибрации;
- запыленность воздуха рабочей зоны

В данном проекте при автоматизированной сварке появилась возможность дистанционного процесса сварки, что исключает непосредственный контакт сварщика со сварочной дугой, что также ведет к снижению теплового воздействия электрической дуги.

В процессе сварки (наплавки), в результате протекания химических реакций в сварочной ванне, флюсе, выделяется значительное количество вредных для здоровья человек аэрозолей, токсичных газов, таких как оксиды азота, углерода, кремния и других соединений элементов, входящих в основной металл, сварочную проволоку. В связи с тем, что процесс сварки проходит на открытом воздухе, данные воздействия на организм незначительны.

Процесс сварки сопровождается выделением большого количества теплоты и возможным разбрызгиванием капель расплавленного металла, шлака.

Для защиты от теплового действия работающих предусмотрены следующие меры: специальная одежда, включающая в себя брезентовые брюки, куртки, рукавицы и сварочная маска с защитным светофильтром С-6 или С-7 по ОСТ 21-6-87, а также кожаную обувь на толстой подошве.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

73

## 4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ.

### 4.2.1 Обеспечение электрической безопасности

Провода и кабели для питания электрооборудования машин и установок должны иметь надежную изоляцию и защиту от механических повреждений.

Сварочные цепи источников сварочного тока не должны иметь гальванических соединений с цепями, присоединяемыми к сети.

Для дуговой сварки необходимо применять изолированные гибкие кабели, рассчитанные на надежную работу при максимальных электрических нагрузках с учетом продолжительности цикла сварки.

Соединение сварочных кабелей следует производить опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединения.

Подключение кабелей к сварочному оборудованию должно осуществляться при помощи опрессованных или припаянных кабельных наконечников.

При прокладке или перемещении сварочных проводов необходимо принимать меры против повреждения их изоляции и соприкосновения с водой, маслом, стальными канатами и горячими трубопроводами. Расстояние от сварочных проводов до горячих трубопроводов и баллонов с кислородом должно быть не менее 0,5 м, а с горючими газами - не менее 1 м.

В электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением, должны быть закрыты ограждающими устройствами.

Электросварочная установка (преобразователь, сварочный трансформатор и т.п.) должна присоединяться к источнику питания через рубильник и предохранители или автоматический выключатель, а при напряжении холостого хода более 70 В должно применяться автоматическое отключение сварочного трансформатора.

Металлические части электросварочного оборудования, не находящиеся под напряжением, а также свариваемые изделия и конструкции на все время сварки должны быть заземлены.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

74

Корпус любой электросварочной установки необходимо заземлять. Машины, в которых осуществление защитного заземления представляет трудности, должны быть оснащены устройствами защитного отключения, обеспечивающего отключение всех фаз сети при появлении в сварочной цепи напряжения сети. Для присоединения заземляющего провода на электросварочном оборудовании должен быть предусмотрен болт, расположенный в доступном месте, с надписью "Земля" (при условном обозначении "Земля"). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких аппаратов запрещается.

#### *4.2.2 Обеспечение пожарной безопасности*

Одним из основных распорядительных документов является приказ о противопожарном режиме на строительной площадке, где предусматриваются (оговариваются) профилактические мероприятия по обеспечению условий пожарной безопасности, а именно: разработка инструкций о пожарной безопасности, назначении ответственных лиц за пожарную безопасность, определение мест для курения, оборудования помещений для хранения, сушки обуви и одежды, содержания бытовых помещений для строителей, разведении костров на территории строительной площадки, порядок проведения огневых работ и допуска лиц для проведения огневых работ, содержание проходов и проездов, обеспеченность средствами первичного тушения пожара, действий персонала находящегося на строительной площадке в случае возникновения пожара.

Безусловно, что для обеспечения пожарной безопасности помимо организационных мероприятий необходимо выполнение практических мер. Так, например, на территории строительства площадью 5 га и более должно быть не менее двух въездов с противоположных сторон площадки, дороги должны иметь покрытие, пригодное для проезда пожарных автомобилей в любое время года. Ворота для въезда должны быть шириной не менее 4 м.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

75

У въездов на стройплощадку должны вывешиваться планы пожарной защиты с нанесенными строящимися и вспомогательными зданиями и сооружениями, въездами, подъездами, местонахождением водоисточников, средств пожаротушения и связи. Территория, занятая под открытые склады горючих материалов, а также под производственные, складские и вспомогательные строения из горючих и трудногорючих материалов, должна быть очищена от сухой травы, бурьяна, коры и щепы.

Необходимо постоянно обеспечивать свободный проезд по территории строительной площадки и следить за состоянием дорожного полотна для проезда пожарных машин, согласно генплану.

#### *4.3.3 Средства индивидуальной защиты*

Работники, занятые производством газопламенных и электросварочных работ, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в соответствии с Правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

Применяемые средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011.

Выбор конкретных типов средств индивидуальной защиты должен проводиться в зависимости от вида работ и применяемых веществ и материалов.

Защитные средства, выдаваемые в индивидуальном порядке, должны находиться во время работы у работника или на его рабочем месте.

Выбор СИЗ лица и органов зрения должен производиться в зависимости от методов, режимов и видов работ, интенсивности излучения, индивидуальной особенности зрения.

Спецодежда должна быть безвредной, удобной, не стеснять движения работающего, не вызывать неприятных ощущений, защищать от искр и брызг расплавленного металла, свариваемого изделия, влаги, производственных загрязнений, механических повреждений, отвечать санитарно - гигиеническим требованиям и условиям труда.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

76

#### *4.3.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами*

При эксплуатации грузоподъемных механизмов, грузозахватных органов и приспособлений работник должен проходить повторную проверку знаний не реже одного раза в год. Повторная проверка знаний проводится в объеме производственных инструкций по охране труда. Результаты проверки знаний оформляются протоколом и заносятся в специальный журнал.

При эксплуатации грузоподъемных механизмов, грузозахватных органов и приспособлений работник обеспечивается спецодеждой и спецобувью в соответствии с действующими нормами.

При эксплуатации грузоподъемных механизмов, грузозахватных органов и приспособлений необходимо знать и строго соблюдать требования по охране труда, пожарной безопасности, производственной санитарии.

При эксплуатации грузоподъемных механизмов, грузозахватных органов и приспособлений работник извещает своего непосредственного руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, произошедшем на рабочем месте, об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого заболевания.

Проведение работ с грузоподъемными механизмами, грузозахватными органами и приспособлениями должно проводиться в соответствии с нормативно-технической документацией организации.

При эксплуатации грузоподъемных механизмов, грузозахватных органов и приспособлений работник должен проходить обучение по охране труда в виде: вводного инструктажа, первичного инструктажа на рабочем месте, повторного инструктажа, внепланового инструктажа, целевого инструктажа и специального обучения в объеме программы подготовки по профессии, включающей вопросы охраны труда и требования должностных обязанностей по профессии.

Вводный инструктаж проводит работник службы охраны труда или работник, его замещающий, со всеми принимаемыми на работу по программе, утвержденной работодателем и согласованной с профсоюзным комитетом или иным представительным органом работников.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	77
					15.03.01.2018.141.00 ПЗ	

Первичный инструктаж на рабочем месте проводит должностное лицо, определенное приказом индивидуально до начала производственной деятельности работника по программе охраны труда по профессии.

При эксплуатации грузоподъемных механизмов, грузозахватных органов и приспособлений работник должен:

- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка и установленный режим труда и отдыха;
- выполнять работу, входящую в его обязанности или порученную администрацией, при условии, что он обучен правилам безопасного выполнения этой работы;
- применять безопасные приемы выполнения работ;
- уметь оказывать первую помощь пострадавшим.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

78

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рассматриваемой работе предложено усовершенствовать существующую технологию сборки и сварки труб при строительстве магистральных газопроводов. Согласно существующей технологии сварка нитки производится по каждой трубе в отдельности автоматической сваркой в среде защитных газов двумя сварочными головками. Проанализировав технологию можно сделать вывод о том, что в условиях строительства она низкоэффективна, так как даже при использовании двух сварочных головок наблюдается невысокая производительность, а использование процесса сварки в защитных газах на открытом воздухе (даже с применением укрывного тента) ведет к повышенной вероятности образования дефектов.

Для усовершенствования технологии предложен способ комбинированной сварки – сварка корневого прохода в среде защитных газов и сварка под слоем флюса заполняющих и облицовочного слоя. Для осуществления указанной технологии при сварке под слоем флюса стык труб должен быть поворотным. Для этого была спроектирована мобильная трубосварочная база, в состав которой входит плетевоз, кантователь кольцевой, колонна, сварочный трактор. В качестве источника энергии для сварочных автоматов применяется сварочный агрегат на гусеничном ходу.

При техническом нормировании и сравнении двух технологий было выявлено, что согласно предлагаемой технологии время на изготовление одного стыка уменьшается примерно на 60 мин, что позволяет увеличить количество стыков, сваренных за одну смену.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

79

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акулов, А. И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М.: «Машиностроение», 1977. – 432с. с ил.
2. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
3. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.
4. Николаев, Г.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учеб.для вузов/ Г. А. Николаев, В. А. Винокуров/Под ред. Г. А. Николаева – М.: Высш.шк., 1990. – 446 с.
5. Куркин, С. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учебник для студентов вузов/ С. А. Куркин, Г. А. Николаев – М.: Высш. шк., 1991. – 398 с., ил.
6. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Под.ред. Б. Е. Патона. – М.: «Машиностроение», 1974. – 768 с., ил.
7. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Компьютерная версия. – 2-е изд. перераб./ Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
8. <http://uraltermosvar.ru>
9. <http://www.npfets.ru>
10. <http://t-ndt.ru>
11. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия, 2015. – 47 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2018.141.00 ПЗ

Лист

80