

Школа Юргинский технологический институт

Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Специализация «Оборудование и технология сварочного производства»

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ КРАНОВОГО УЗЛА МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

УДК 621.757:621.791:622.691.4.07

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А70	Шмидт А.А.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		

Юрга – 2022 г.

*Планируемые результаты обучения по ООП*

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Студент гр. 3-10А70  
Руководитель ВКР

Шмидт А.А.  
Ильященко Д.П.

Школа Юргинский технологический институт  
 Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»  
 ОПОП «Оборудование и технология сварочного производства»

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП «Машиностроение»  
 \_\_\_\_\_ Д. П. Ильяшенко  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
 на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: \_\_\_\_\_  
 ВКР бакалавра  
 (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

<b>Студенту:</b>	
<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-10A70	Шмидт Анатолию Александровичу

<b>Тема работы:</b>	
Разработка технологии сборки и сварки кранового узла магистрального газопровода высокого давления	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	24 .01.2022, 24-21/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2022 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<b>Материалы преддипломной практики</b>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор и анализ литературы.</li> <li>2. Объект и методы исследования.</li> <li>3. Разработка технологического процесса.</li> <li>4. Разработка сборочно-сварочных приспособлений.</li> <li>5. Проектирование участка сборки-сварки.</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>7. Социальная ответственность.</li> </ol>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ФЮРА.КУ3256.182.00.000 СБ Крановый узел лист (А1) ФЮРА.000001.182 ЛП План участка лист (А1) Презентация
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Ильященко Д.П.
Социальная ответственность	Солодский С.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ильященко Д.П.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.02.2022 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А70	Шмидт А.А.		

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Юргинский технологический институт  
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»  
Специализация «Оборудование и технология сварочного производства»  
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 – 2022 учебного года)

Форма представления работы:

ВКР бакалавра <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>
--

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН**  
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.01.2022	Обзор литературы	20
25.02.2022	Объекты и методы исследования	20
25.03.2022	Расчеты и аналитика	20
25.04.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
25.05.2022	Социальная ответственность	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10A70	Шмидт А.А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
3-10А70	Шмидт Анатолию Александровичу

<b>Школа</b>	Юргинский технологический институт	<b>Направление</b>	15.03.01 Машиностроение
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Специализация</b>	Оборудование и технология сварочного производства

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР): материально-технических энергетических человеческих	456775,03 руб 368,86 руб 4604,68 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов: Металл Проволока Газ	5868,8 кг 29,581 кг 573,7 л
3. Используемая система налогообложения ставка налогов ставка отчислений	общая 13% 30%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Определение капитальных вложений
2. Расчет составляющих себестоимости
3. Расчет количества приведенных затрат

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. Основные технико-экономические показатели участка

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	25.01.2022
---	------------

**Задание выдал:**

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		25.01.2022 г.

**Консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		25.01.2022 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А70	Шмидт А.А.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-10A70	Шмидт Анатолию Александровичу

<b>Школа</b>	Юргинский технологический институт	Направление	15.03.01 Машиностроение
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	Специализация	Оборудование и технология сварочного производства

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка сборки-сварки кранового узла на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);</li> <li>- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).</li> </ul>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i></li> <li>– <i>действие фактора на организм человека;</i></li> <li>– <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></li> <li>– <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i></li> </ul>	<p>Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>

<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	Вредные выбросы в атмосферу.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	Перечень наиболее возможных ЧС на объекте.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Презентация

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.02.2022 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Солодский С. А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А70	Шмидт А.А.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа: 137 с., 10 рис., 26 табл., 53 источников, 5 прил., 12 л. графического материала.

Ключевые слова: СВАРКА ПЛАВЛЕНИЕМ, ГАЗ, РЕЖИМЫ СВАРКИ, СТЫК, СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ЦЕНТРАТОР, ПОДОГРЕВ, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, СЕБЕСТОИМОСТЬ.

Объектом разработки является изготовление кранового узла.

Цель работы: разработка технологии сборки и сварки кранового узла магистрального газопровода высокого давления.

В процессе выполнения работы проводилось изучение составных деталей изделия, описание марки стали, выбор метода сварки, определение режимов сварки и сварочных материалов, нормирование операций, составление технологических карт, расчет необходимого количество оборудования и численности рабочих.

В результате выполнения работ определены режимы сварки, подобрано сварочное оборудование, пронормированы сборочно-сварочные операции. Посчитан коэффициент приведенных затрат.

Экономические показатели:

- капитальные вложения 1272579 руб;
- себестоимость продукции 230874283,7 руб;
- количество приведенных затрат 231065170.58 руб/изд. год.

## ***Abstract***

*Final qualifying work 137 p., 10 drawings, 26 tables, 53 sources, 5 applications, 12 p. graphic material.*

*Key words: Fusion WELDING, GAS, WELDING MODES, JOINT, WELDING EQUIPMENT, CENTRATOR, HEATING, INDUSTRIAL SAFETY, COST.*

*The object of development is the manufacture of a crane assembly.*

*Purpose of the work: development of a technology for assembling and welding a valve assembly of a high-pressure main gas pipeline.*

*In the process of performing the work, the components of the product were studied, the steel grade was described, the welding method was selected, the welding modes and welding consumables were determined, operations were standardized, technological maps were drawn up, and the required amount of equipment and the number of workers were calculated.*

*As a result of the work, welding modes were determined, welding equipment was selected, assembly and welding operations were standardized. The cost factor has been calculated.*

*Economic indicators:*

- capital investments 1272579 rubles;*
- cost of production 230874283,7 rubles;*
- the number of reduced costs 231065170.58 rubles / ed. year.*

## Содержание

Обозначения, сокращения, нормативные ссылки	16
Введение	19
1 Обзор и анализ литературы	20
1.1 Как используют крановый узел на магистральном газопроводе	20
1.2 Запорная арматура	20
1.3 Влияние формы и размеров сварных соединений на долговечность трубопроводов компрессорных станций	21
1.4 Заключение	24
2 Объект и методы исследования	25
2.1 Описание сварной конструкции	25
2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции	25
2.2.1 Подготовительные работы, сборка, сварка. Общие требования	26
2.2.2 Предварительный, сопутствующий (межслойный) подогрев	28
2.2.3 Механизированная сварка шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе	30
2.2.3.1 Общие требования	30
2.2.3.2 Требования к механизированной сварке проволокой сплошного сечения в углекислом газе	32
2.2.3.3 Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой	32
2.2.4 Требования к контролю	32
2.3 Методы и средства проектирования	33
2.4 Постановка задачи	34
3 Разработка технологического процесса	35
3.1 Анализ исходных данных	35
3.1.1 Основные материалы	35
3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки	36
3.1.3 Выбор сварочных материалов	38
	12

3.2	Выбор технологических режимов	41
3.3	Выбор основного оборудования	50
3.4	Выбор оснастки	63
3.5	Составление схем узловой и общей сборки	64
3.6	Выбор методов контроля. Регламент проведения. Оборудование	66
3.6.1	Визуальный и измерительный контроль	66
3.6.2	Радиографический контроль	70
3.6.3	Ультразвуковой контроль	74
3.7	Разработка технологической документации	75
3.8	Техническое нормирование операций	76
3.9	Материальное нормирование	79
3.9.1	Расход металла	79
3.9.2	Расход сварочной проволоки и электродов	79
3.9.3	Расход защитного газа	80
3.9.4	Расход электроэнергии	80
4	Разработка сборочно-сварочных приспособлений	82
4.1	Выбор сборочно-сварочной оснастки	82
5	Проектирование участка сборки сварки	83
5.1	Пространственное расположение производственного процесса	83
5.2	Расчёт основных элементов производства	85
5.2.2	Определение состава и численности рабочих	86
6	Финансовый менеджмент	87
6.1	Финансирование проекта и маркетинг	87
6.2	Экономический анализ техпроцесса	87
6.2.1	Расчет капитальных вложений в производственные фонды	88
6.2.1.1	Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления	88
6.2.2	Расчет себестоимости единицы продукции	90
6.2.2.1	Определение затрат на основные материалы	91
6.2.2.2	Определение затрат на вспомогательные материалы	92

6.2.2.3	Определение затрат на заработную плату	92
6.2.2.4	Определение затрат на силовую электроэнергию	93
6.2.2.5	Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования	93
6.2.2.6	Затраты на амортизацию приспособлений	94
6.3	Расчет технико-экономической эффективности	96
6.4	Основные технико-экономические показатели участка	96
7	Социальная ответственность	98
7.1	Описание рабочего места	98
7.2.	Законодательные и нормативные документы	98
7.3	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	100
7.3.1	Обеспечение требуемого освещения на участке	103
7.4	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	104
7.5	Охрана окружающей среды	110
7.6	Защита в чрезвычайных ситуациях	110
7.7	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	112
	Заключение	114
	Библиография	115
	Приложение А (Крановый узел. Спецификация)	123
	Приложение Б (Операционная технологическая карта сборки и сварки по комбинированной технологии сварка в защитном газе и порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб диаметром 325 мм)	126
	Приложение В (Операционная технологическая карта сборки и сварки по комбинированной технологии сварка в защитном газе и порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб диаметром 630 мм)	132
	Приложение Г (План участка)	138

Диск CD-R	в конверте на обложке
Крановый узел ФЮРА.КУ3256.182.00.000 СБ	демонстрационный лист
Сборка стыка труб	демонстрационный лист
Предварительный подогрев	демонстрационный лист
Сварка	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
Положение сварочной горелки при механизированной сварке корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом УКП в различных пространственных положениях	демонстрационный лист
План участка ФЮРА.000001.182	демонстрационный лист
Негативные факторы сварочного производства	демонстрационный лист
Основные технико-экономические показатели участка	демонстрационный лист
Выводы	демонстрационный лист

## Обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ГРС – газораспределительная станция;

НГДО – нефтегазодобывающее оборудование;

СДТ – соединительная деталь трубопровода;

ЗРА – запорная и регулирующая арматура;

СПК – станки подготовки кромок;

МП – механизированная сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе;

МПС – механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой

ПВХ – поливинилхлорид;

ВИК – визуальный и измерительный контроль;

НД – нормативная документация;

ПТД – производственно-техническая документация;

УШС – универсальный шаблон сварщика;

КПД – коэффициент полезного действия;

СМР – строительные, строительско-монтажные и специальные строительные работы;

ЭХЗ – электрохимическая защита;

ИТР – инженерно-технические работники;

МОП – младший обслуживающий персонал;

УКП – управляемый каплеперенос;

ГОСТ 31447-2012 – Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов;

ГОСТ 17376-2001 – Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Тройники;

ГОСТ 17375-2001 – Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Отводы крутоизогнутые типа 3 D ( $R \approx 1,5DN$ );

ГОСТ 2246-70 – Проволока стальная сварочная;

ГОСТ Р ИСО 14175-2010 – Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов;

ГОСТ 26271 – Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей;

ГОСТ РЕН 13018-80 – Контроль визуальный;

ГОСТ 8.05-81 – Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм;

ГОСТ 25706-83 – Межгосударственный стандарт. Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования;

ГОСТ 3749-77 – Угольники поверочные 90°. Технические условия;

ГОСТ 164-90 – Штангенрейсмасы. Технические условия;

ГОСТ 28702-90 – Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования;

ГОСТ 9378-93 – Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия;

ГОСТ 23479-79 – Контроль неразрушающий. Методы оптического вида. Общие требования;

ГОСТ 7512-82 – Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод;

ГОСТ 20426-82 – Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные;

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

ГОСТ Р 2.601-2019 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы»;

ГОСТ Р 2.610 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов»;

ГОСТ Р ИСО 5817-2021 – Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества;

ТУ 1227-004-42791317-2014 – Проволока стальная сварочная сплошного сечения *Ultra 70S-G*;

ТУ 1381-012-05757848-2005. – Трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 508-1420 мм для магистральных трубопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа;

ПБ 03-372-00 – Правила аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля;

ПБ 03-440-02 – Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля;

ПБ 03-273-03-99 – Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства;

СП 101-34-96 – Свод правил по выбору труб для сооружения магистральных газопроводов;

СП 105-34-96 – Сооружения магистральных газопроводов. Производство сварочных работ и контроль качества сварных соединений;

СТО Газпром 2–2.2–136–2007 – Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. Часть I;

## **Введение**

Общая протяженность магистральных газопроводов в Российской Федерации превышает 155 тысяч километров и включает региональные системы газоснабжения в Республиках Саха-Якутия и Коми, Сахалинской и Камчатской областях и Красноярском крае.

ОАО "Газпром" эксплуатирует объекты Единой системы газоснабжения суммарной протяженностью 151,1 тысячи километров магистральных газопроводов. Магистральный трубопроводный транспорт природного газа осуществляется 254 компрессорными станциями, оснащенными 4016 газоперекачивающими агрегатами общей установленной мощностью 42600 МВт. Подача газа потребителям проводится через 3645 газораспределительных станций (далее – ГРС). Стабильность работы Единой системы газоснабжения ОАО "Газпром" обеспечивается 22 станциями подземного хранения газа [1].

Безусловным лидером среди различных способов доставки является трубопроводный транспорт – магистральные трубопроводы. В этих условиях целесообразно рассмотрение проблемы качества сооружения магистральных трубопроводов как фактора, во многом определяющего последующую надежность их функционирования, от которой в значительной степени зависит благосостояние страны в целом.

Применение сварки при изготовлении кранового узла является наиболее актуальным.

Целью работы является разработка технологии сборки и сварки кранового узла магистрального газопровода высокого давления.

Задачами выполнения работы являются: расчет режимов сварки, подбор сварочного оборудования, нормировка сварочного производства по разделам.

Объектом разработки является изготовление кранового узла.

Предметом разработки является проектирование участка сборки-сварки кранового узла.

## **1 Обзор и анализ литературы**

### **1.1 Как используют крановый узел на магистральном газопроводе**

Крановый узел магистрального газопровода используют при прокладке любого трубопровода, предназначенного для передачи сжиженных или газообразных веществ. Он необходим для управления потоками. Устройство может монтироваться на линейном отрезке, обслуживать компрессорные, перекачивающие, распределительные и насосные станции.

В магистральный газопровод входит непосредственно трубопровод, а также все ответвления, сечение которых не превышает 1420 мм. Максимальное избыточное давление составляет 10 мПа.

Крановые узлы в системе необходимы для отключения конкретных участков трассы. Их устанавливают каждые 20 км вместе с байпасной обвязкой. Также запорные механизмы на отводах, перед различными преградами, на подходах к станциям.

Краны могут иметь пневмогидравлический, пневматический или ручной привод. Рядом с ними монтируются продувочные свечи. Они необходимы для опустошения отключённого участка во время проведения ремонтных работ [2].

Узлы установки запорной арматуры должны проектироваться из унифицированных заготовок [3].

### **1.2 Запорная арматура**

Запорная арматура предназначена для периодических отключений отдельных участков трубопроводов, к ней относятся краны, задвижки, вентиля.

Запорную арматуру к трубам присоединяют с помощью фланцев, муфт или сварки.

Краны – запорная арматура, в которой запорный элемент (затвор) вращается вокруг оси, перпендикулярной потоку газа. По виду затвора краны делятся на цилиндрические, конические и шаровые. По типу привода: механические, пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические. По типу управления: местные, дистанционные и автоматические.

В зависимости от размера проходного сечения и подсоединения газопровода на равнопроходные и неравнопроходные. В зависимости от установки на магистральном газопроводе: в подземном или надземном исполнении.

Запорные краны с шаровым затвором в начале открытия и закрытия требуют максимального крутящего момента. Во время начала закрытия крутящий момент больше по величине, чем при открытии. Кинематика кулисного механизма позволяет создать за счет переменной длины рычага теоретический крутящий момент, который в начале и в конце хода в два раза больше, чем в середине. Кулисный механизм, размещенный в герметичном корпусе, состоит из втулки, к которой приварены рычаги с прорезями, колодки с пальцами, к которой крепятся штоки, и направляющих [3].

### **1.3 Влияние формы и размеров сварных соединений на долговечность трубопроводов компрессорных станций**

Обеспечение необходимой пропускной способности магистральных газопроводов во многом определяется надежной работой компрессорных станций, входящих в их состав, поэтому обеспечению их безаварийной работы уделяется исключительное внимание. Особенностью сварочных работ при монтаже или ремонте компрессорных станций является их выполнение в неудобном пространственном положении, что затрудняет достижение стабильно высокого качества сварных соединений. Так как при этом большинство сварных соединений трубопроводов выполняется в неповоротном положении, на

различных участках свариваемого стыка трубопровода возникают разные условия формирования сварочной ванны, вследствие чего изменяются ее размеры и форма проплавления. При этом вес сварочной ванны (гравитационные силы) дополнительно увеличивает глубину проплавления при сварке в нижнем положении и уменьшает ее при сварке в потолочном положении, поэтому для сварных соединений труб, сваренных встык, форма сечения шва может изменяться по его длине. По этой причине сварка неповоротных стыков труб является одним из самых сложных в реализации процессов сварочного производства [4]. Причем, даже для качественных швов, выполненных автоматической орбитальной сваркой, из-за провисания сварочной ванны [5] в нижнем положении характерен проплав корня шва на внутренней поверхности трубы (рисунок 1.1, а), а при сварке в потолочном положении – некоторая его вогнутость (рисунок 1.1, б).

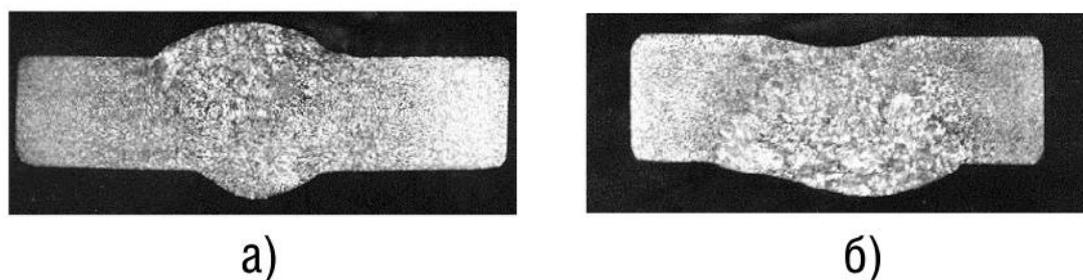


Рисунок 1.1 – Характерные формы сечений сварных соединений трубопроводов обвязки при сварке в нижнем (а) и потолочном (б) положении

В соответствии с ГОСТ 30242-97, все дефекты соединений при сварке металлов классифицированы на шесть групп: трещины; полости, поры; твердые включения; несплавления и непровары; нарушения формы шва; прочие дефекты, не включенные в данные группы. Установлено, что при проведении сварочных работ на трубопроводах обвязки компрессорных станций наиболее характерны трещины, несплавления и непровары, а также различные нарушения формы шва: подрезы, усадочные канавки, превышение выпуклости шва или проплава корня шва, вогнутость корня шва, неравномерная ширина шва, прожоги, не полностью

заполненная разделка кромок, наплывы, неровная поверхность, асимметрия швов, дефекты при возобновлении швов.

Долговечность сварных соединений при переменных нагрузках существенно зависит от концентрации напряжений, связанной с нарушениями формы шва, особенно если на эти отклонения накладываются другие дефекты типа трещин, несплавлений и непроваров. Известно [6], что в процессе эксплуатации в трубопроводах, как правило, возникают характерные продольные и кольцевые напряжения. Причиной их возникновения, кроме внутреннего давления, являются различные постоянные и переменные нагрузки, которые могут быть как продольными, так и поперечными. При этом наибольшую опасность для сварного соединения представляет концентрация напряжений, направленных поперек шва, так как именно они могут вызвать разрушение трубопровода по сварному шву при наличии в нем дефектов. Для кольцевых швов это напряжения, направленные вдоль оси трубы (продольные). Большие продольные напряжения обычно связаны с изгибом всей трубы (как стержня) или ее стенки.

Основными факторами возникновения переменных напряжений в трубопроводах обвязки компрессорных станций являются колебания внутреннего давления и вибрации от работы центробежных нагнетателей газоперекачивающих агрегатов, приводом которых служат авиационные или судовые газовые турбины, а также мощные синхронные трехфазные электродвигатели.

В зависимости от назначения трубопроводов значимость факторов возникновения напряжений изменяется. В трубопроводах обвязки компрессорных станций основного назначения – это колебания давления газа. Особенно неблагоприятная ситуация может возникнуть, когда вибрации, вызванные работой газоперекачивающих агрегатов, могут совпасть с собственной частотой колебаний товарного продукта (газа) в одном из участков трубопроводной системы. Тогда возникает резонанс и амплитуда колебаний давления во всех частях трубопровода, смежных с этим участком, резко

возрастает. Возникающие при этом поперечные вибрации в трубопроводе можно выявить вибродиагностикой и уменьшить за счет его фиксации в дополнительных опорах. Однако, если причина вибраций (резонанс газа в трубопроводе) не устранена, то закрепления, уменьшая наблюдаемую вибрацию трубопроводов, могут дополнительно усилить изгибающие напряжения в их стенках. Кроме изгиба труб как стержней (при этом вся стенка на одной стороне сечения трубы растянута, на другой сжата) колебания давления вызывают изгиб самой стенки трубы, когда ее внутренняя поверхность растянута, а наружная сжата, или на оборот. Для вспомогательных трубопроводов обвязки, особенно малых диаметров, применяемых в основном в системах управления различных уровней и системах безопасности, в том числе пожаротушения, а также системах маслоснабжения и охлаждения ГПА, сбора газового конденсата, очистки товарного продукта перед подачей в магистральный газопровод, преобладающим неблагоприятным фактором являются вибрации от работы нагнетателей газоперекачивающих агрегатов. Причем, в трубопроводах гидроприводов вспомогательных устройств и охлаждения агрегатов внутреннее давление перекачиваемой рабочей жидкости может быть даже существенно выше, чем давление газа в основных трубопроводах. При этом давление каждого цикла работы гидропривода может изменяться от нуля до максимального значения [7].

#### **1.4 Заключение**

Согласно проведенному обзору литературы крановые узлы являются неотъемлемой важной частью газопровода. В статье рассмотренной в пункте 1.3 установлено что при выполнении потолочного шва увеличивается глубина проплавления металла, а вибрации, возникающие в следствии работы газоперекачивающих агрегатов влияет на снижение долговечности газопровода.

## **2 Объект и методы исследования**

### **2.1 Описание сварной конструкции**

Изготавливаемое изделие – крановый узел. Он применяется для установки в магистральный газопровод высокого давления диаметром 630 мм. Крановый узел состоит из труб (ГОСТ31447-2012), кранов, тройников (ГОСТ 17376-2001), отвода (ГОСТ 17375-2001) и катушек. Толщина стенки составляет 16 мм. В качестве материала деталей изделия применяется сталь марки 10Г2ФБЮ (класс прочности К60), поставляемая в соответствии с ТУ 1381-012-05757848-2005. Конструкция изделия представлена на чертеже ФЮРА.КУ3256.182.00.000 СБ. Спецификация кранового узла приведена в приложении А.

Габаритные размеры изделия: 4246x3912x2111 мм.

Масса изделия 5868,8 кг.

### **2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции**

Так как крановый узел в соответствии со списком групп технических устройств опасных производственных объектов, сварка (наплавка) которых осуществляется аттестованными сварщиками с применением аттестованных сварочных материалов, сварочного оборудования и технологий сварки относится к группе технических устройств регламентированных Ростехнадзором, подведомственным НАКС Нефтегазодобывающее оборудование (НГДО) (Утвержден решением НТС НАКС протокол №17 от 20.03.2007 г) выполнение работ должно выполняться согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007 «Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов. Часть I».

### 2.2.1 Подготовительные работы, сборка, сварка. Общие требования

Подготовка, сборка, сварка соединений труб, труб с СДТ, ЗРА должны выполняться в соответствии с требованиями операционно-технологических карт сборки и сварки, разработанных по аттестованным технологиям сварки, согласованных главным сварщиком или лицом, ответственным за сварочное производство – специалистом сварочного производства IV-го уровня профессиональной подготовки в соответствии с ГОСТ Р 59604.2-2021 [8] и утвержденных организацией, выполняющей сварочные работы. Типовые формы операционно-технологических карт сборки и сварки приведены в СТО Газпром 2-2.2-136-2007 (Приложение Ж [9]).

Дефекты наружной поверхности механического происхождения (риски, продиры, царапины) концов труб, СДТ, размеры которых превышают предельно допустимые по специальным ТУ, ГОСТ, должны быть устранены механическим способом шлифмашинками, при этом шероховатость поверхности после шлифовки должна быть не более  $Rz40$ , толщина стенки концов труб, после механической обработки не должна выйти за пределы минусовых допусков.

Свариваемые кромки труб с забоинами глубиной до 5,0 мм включительно допускается ремонтировать сваркой с последующей механической зачисткой мест исправления дефектов до восстановления необходимого угла скоса и притупления кромки. Ремонт следует выполнять с обязательным предварительным подогревом дефектного участка до температуры  $+100^{+30}$  °С для труб с толщиной стенки 16,0 мм электродами с основным видом покрытия диаметром от 2,5 до 3,2 мм, при этом тип электродов должен соответствовать классу прочности основного металла труб.

Концы труб с плавными вмятинами глубиной до 3,5 % включительно от номинального диаметра труб, а также овальностью в пределах значений, регламентированных специальными ТУ, ГОСТ, следует устранить с помощью безударных разжимных устройств (калибраторов) гидравлического типа с обязательным местным подогревом независимо от температуры окружающего

воздуха до температуры от +150 °С до +200 °С для труб из стали с классом прочности выше К54. Не допускается правка концов труб ударным инструментом.

В случае несоответствия заводской разделки кромок труб требованиям технологии механизированной сварки, обработку (переточку) кромок под сварку необходимо производить механическим способом с применением станков подготовки кромок типа СПК.

Внутренняя полость труб, СДТ и ЗРА перед сборкой должна быть очищена от попавшего грунта, снега и других загрязнений. При очистке внутренней полости труб с внутренним гладкостным покрытием его целостность не должна быть нарушена [9].

Сборку прямых вставок (катушек), труб с СДТ, ЗРА, а также в случаях, когда применение внутренних центраторов нецелесообразно или технически невозможно, сборку соединений следует выполнять с применением специальных наружных центраторов (многозвенные с ручным или гидромеханическим приводом, специальные центраторы-корректоры).

Наружные центраторы не должны оставлять недопустимых дефектов, загрязнений (масляных пятен и др.) на внутренней или наружной поверхности свариваемых элементов (рисок, царапин и др.).

Допускаются смещения кромок при сборке стыковых соединений не более 3 мм.

Заводские швы смещаются относительно друг друга на расстояние не менее 75 мм для трубы 325 мм и не менее 100 мм для трубы 630 мм. Заводские швы рекомендуется располагать в верхней половине периметра.

Количество, размеры прихваток в зависимости от номинального диаметра свариваемых элементов, для трубы 325 мм не менее 2 прихваток длиной 20-30 мм и для трубы 630 мм не менее 3 прихваток длиной 60-100 мм.

Прихватки следует выполнять сварочными материалами, рекомендованными для сварки корневого слоя шва.

Прихватки должны располагаться на расстоянии не ближе 100 мм от заводских швов свариваемых элементов. Начальный и конечный участок каждой прихватки следует обработать механическим способом шлифмашинкой для обеспечения плавного перехода при сварке первого (корневого) слоя шва.

До начала сварки (в т. ч. прихваток) должен производиться предварительный подогрев свариваемых кромок и прилегающих к ним участков труб, СДТ, ЗРА.

При сварке корневого слоя шва соединений, сборка которых выполнена на наружном звенном центраторе, не допускается освобождать стягивающие механизмы центратора до выполнения не менее 60 % корневого слоя шва, при этом участки корневого слоя шва следует равномерно располагать по периметру сварного соединения, начало и конец каждого участка должны быть обработаны механическим способом шлифмашинкой и иметь плавный переход для сварки оставшейся части корневого слоя шва [9].

### **2.2.2 Предварительный, сопутствующий (межслойный) подогрев**

Порядок проведения работ по предварительному, сопутствующему (межслойному) подогреву, требования к персоналу определяются нормативными документами ОАО «Газпром» и настоящим разделом.

Для предварительного, сопутствующего (межслойного) подогрева кромок свариваемых соединений следует применять [9]:

- при толщине стенки 16,0 мм – газопламенные нагревательные устройства (кольцевые и плоские газовые подогреватели, однопламенные горелки и др.), а также установки индукционного нагрева, радиационного нагрева способом электросопротивления или нагрева с применением электронагревателей комбинированного действия.

Оборудование должно обеспечивать равномерный предварительный подогрев свариваемых соединений по толщине стенки и периметру в зоне

шириной не менее 150 мм (т.е. не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок), и, если необходимо, подогрев в процессе выполнения прихваток и межслойный подогрев в процессе сварки.

При проведении подогрева установками индукционного нагрева в случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установок нагрева, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями, однопламенными горелками и др.) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва.

Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газопламенных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизоляционные материалы (термоизолирующие пояса) и/или боковые ограничители пламени. Максимальная температура нагрева трубы в месте начала заводского изоляционного покрытия труб не должна превышать +100 °С.

Температура предварительного подогрева свариваемых кромок труб, СДТ, ЗРА перед выполнением прихваток, первого (корневого) слоя шва должна быть + 100<sup>+30</sup> °С при температуре окружающего воздуха ниже -35 °С и до + 50<sup>+30</sup> °С при температуре окружающего воздуха ниже +5 °С и/или наличии влаги на концах труб [9].

Количество мест контроля температуры подогрева рекомендуется назначать по количеству прихваток.

В случае снижения температуры кромок свариваемых элементов в процессе сборки и сварки ниже значений, регламентированных 10.3.6 [9], необходимо выполнить подогрев до регламентированной температуры предварительного подогрева.

Допускается при снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок не более, чем на 10 °С ниже регламентированного значения +50 °С, не более 20 °С ниже регламентированного значения +100 °С и не более, чем на 30 °С ниже регламентированных значений +150 °С и +200 °С выполнять

подогрев газопламенными устройствами (ручными, кольцевыми, одно- и многосопловыми горелками).

### **2.2.3 Механизированная сварка шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе**

#### **2.2.3.1 Общие требования**

Механизированную сварку неповоротных кольцевых стыковых соединений труб одинаковой толщины стенки выполняют по комбинированной технологии сварки, при которой сварка корневого слоя шва выполняется проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа, сварка заполняющих и облицовочного слоев шва самозащитной порошковой проволокой.

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе (МП) рекомендуется для сварки корневого слоя шва неповоротного кольцевого стыка соединений труб одной толщины стенки линейной части магистральных трубопровода диаметром 325 и 630 мм с толщинами стенок 16 мм.

Для механизированной сварки корневого слоя шва в углекислом газе должны применяться сварочные установки, укомплектованные источниками сварочного тока, механизмами подачи сварочной проволоки, сварочными горелками, газовыми рампами с баллонами углекислого газа и вспомогательным оборудованием, отвечающие специальным требованиям и условиям эксплуатации, приведенным в разделе 8 СТО Газпром 2-2.2-136-2007 [9].

Проволоки сплошного сечения, рекомендованные к применению для механизированной сварки в углекислом газе приведены в СТО Газпром 2-2.2-136-2007 (таблица Д.11 (приложение Д) [9]).

Кромки труб для механизированной сварки корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе должны иметь нормативную

заводскую разделку, либо должны быть подготовлены механическим способом станками подготовки кромок типа СПК с нормативным притуплением.

Для труб с толщиной стенки 16 мм следует применять зауженные сопла диаметром 9,6 мм.

Для улучшения обзора зоны сварки следует выдвигать наконечник горелки из сопла на расстояние до 6,0 мм.

Для предотвращения замерзания, газовые редукторы баллонов с углекислым газом следует оснастить подогревателями.

Количество операторов механизированной сварки, одновременно выполняющих сварку корневого слоя шва должно быть не менее 2-х для сварных соединений Ду 325 и 630 мм.

Механизированная сварка корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе должна выполняться на постоянном токе обратной полярности. Направление сварки – на спуск.

Возбуждение дуги должно проводиться только на кромках свариваемых элементов. Для предотвращения образования пор, обрыв дуги следует проводить на одной из свариваемых кромок.

Сварку рекомендуется начинать в положении 0<sup>00</sup> ч и заканчивать в положении 6<sup>00</sup> ч на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов труб.

Начальный и конечный участок корневого слоя шва, выполненного первым оператором, следует обработать механическим способом (абразивным кругом) для обеспечения плавного перехода при сварке корневого слоя шва вторым оператором.

После выполнения корневого слоя шва его необходимо зачистить механическим способом шлифмашинками [9].

### **2.2.3.2 Требования к механизированной сварке проволокой сплошного сечения в углекислом газе**

Механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде активных газов (способ сварки МП) следует применять для сварки корневого слоя шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб диаметром 325 и 630 мм с толщиной стенки 16,0 мм.

Для механизированной сварки корневого слоя шва в среде активных газов должны применяться комплекты сварочного оборудования, включающие в себя: специализированный источник сварочного тока, механизм подачи сварочной проволоки, сварочную горелку, баллон с углекислым газом, подогреватель газа и вспомогательное оборудование.

Сварка корневого слоя шва должна выполняться в углекислом газе *ISO 14175 – C1* ГОСТ Р ИСО 14175-2010 [10].

### **2.2.3.3 Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой**

Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой (МПС) рекомендуется для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб, соединения труб с СДТ, ЗРА диаметром 325 и 630 мм с толщиной стенки от 16,0 мм [9].

### **2.2.4 Требования к контролю**

Контроль качества сварных соединений трубопроводов должен производиться лабораториями неразрушающего контроля, аттестованными в

соответствии с ПБ 03-372-00 [11], специалистами неразрушающего контроля, аттестованными в соответствии с ПБ 03-440-02 [12].

Контроль качества сварных соединений трубопроводов должен осуществляться визуальным, измерительным и физическими методами контроля (основным, дублирующим, дополнительным) [9].

Ультразвуковой контроль кольцевых сварных соединений проводят [13]:

- для участков газопроводов в объеме 100 %;
- для участков газопроводов, прошедших внутритрубную диагностику,

все аномальные кольцевые сварные соединения в объеме 100 %, остальные в объеме не менее 20 %. В случае, если при проведении выборочного контроля будет обнаружено хотя бы одно сварное соединение с недопустимыми дефектами, необходимо увеличить объем контроля в два раза (40 % от числа сварных соединений, не забракованных по результатам внутритрубной дефектоскопии) и т.д. до момента получения положительных результатов контроля качества во всех проконтролированных сварных соединениях.

Радиографический контроль проводится выборочно для уточнения результатов ультразвукового контроля в объеме не менее [13] газопроводы I категории – 20%.

## **2.3 Методы и средства проектирования**

Проектирование – это практическая деятельность, целью которой является поиск новых решений, оформленных в виде комплекта документации. Процесс поиска представляет собой последовательность выполнения взаимообусловленных действий, процедур, которые, в свою очередь, подразумевают использование определенных методов.

Методы проектирования, применяемые в дипломном проекте:

1. Расчетный метод. Рассчитываются техническое и материальное нормирование операций, экономическая часть. Расчеты производились в программе *Math Cad 14*.

2. Проектировочный метод. Был спроектирован участок сборки-сварки кранового узла. Чертеж участка выполнялся в программе *Компас-3D V16*.

## **2.4 Постановка задачи**

При выполнении выпускной квалификационной работы нужно обеспечить качество, технологичность и экономичность процесса изготовления изделия при оптимальном уровне механизации и автоматизации производства.

Для этого требуется решить следующий ряд задач:

- 1) произвести выбор наиболее эффективного метода сварки и сварочных материалов;
- 2) найти режимы сварки и выбрать необходимое сварочное оборудование;
- 3) произвести техническое нормирование операций, материальное нормирование;
- 4) определить потребный состав всех основных элементов производства;
- 5) произвести расчёт и конструирование оснастки;
- 6) разработать участок сборки и сварки кранового узла.

### 3 Разработка технологического процесса

#### 3.1 Анализ исходных данных

##### 3.1.1 Основные материалы

В соответствии с СТО 2-2.2-136-2007-Ч.1, трубы, СТД и ЗРА изготавливаются из стали 10Г2ФБЮ по ТУ 1381-012-05757848-2005, химический состав и механические свойства материала труб, СТД и ЗРА должен соответствовать требованиям СП 101-34-96 «Свод правил по выбору труб для сооружения магистральных газопроводов». Трубы поставляются с наружным трехслойным антикоррозионным и внутренним гладкостным покрытиями и предназначены для сооружения магистральных трубопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа включительно. Химический состав и механические свойства стали 10Г2ФБЮ приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Химический состав стали 10Г2ФБЮ [14]

<i>C</i> , %	<i>Si</i> , %	<i>Mn</i> , %	<i>Nb</i> , %	<i>Ti</i> , %	<i>Al</i> , %	<i>Ni</i> , %	<i>S</i> , %	<i>P</i> , %	<i>Cr</i> , %	<i>V</i> , %	<i>N</i> , %	<i>Cu</i> , %	<i>As</i> , %
Не более													
0,08-0,13	0,15-0,35	1,6-1,8	0,02-0,06	0,01-0,035	0,02-0,05	0,3	0,035	0,030	0,3	0,05-0,12	0,012	0,3	0,08

Таблица 3.2 – Механические свойства стали 10Г2ФБЮ [14]

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %
590	460	20

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы [15]:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;
- третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, – это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле [9]:

$$C_{\text{экв}} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V + Ti + Nb)/5 + (Cu + Ni)/15 + 15 \times B, \quad (3.1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах.

Если углеродный эквивалент  $C_{\text{экв}}$  больше 0,46 процентов, то для обеспечения стойкости околошовной зоны против образования околошовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 10Г2ФБЮ:

$$C_{\text{экв}} = 0,12 + 1,75/6 + (0 + 0 + 0,12 + 0 + 0,01)/5 + (0 + 0)/15 + 15 \times 0 = 0,34 \%$$

10Г2ФБЮ – конструкционная низколегированная сталь для сварных конструкций [16]. Эта сталь относится к первой группе свариваемости.

### **3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки**

Выбор способа сварки выполняется согласно СТО Газпром 2–2.2–136–2007 «Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. Часть I». Для изготовления

кранового узла вид сварки нужно выбирать из главы 10.8 «Сварка обвязочных газопроводов, узлов и оборудования» [9].

Сварку обвязочных газопроводов рекомендуется выполнять одним или несколькими способами по технологиям:

- технологии ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия (РД) всех слоев шва соединений  $DN$  (Ду) от 25 до 1400 с толщиной стенки 3,0 мм и более;

- технологии ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (РАД) всех слоев шва соединений  $DN$  (Ду) от 20 до 80 и толщиной стенки от 2,0 до 4,0 мм или корневого слоя шва соединений  $DN$  (Ду) от 50 до 80 и толщиной стенки от 4,0 до 10,0 мм;

- технологии механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе (МП) корневого слоя шва соединений  $DN$  (Ду) 300 и более;

- технологии механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой (МПС) заполняющих и облицовочного слоев шва соединений  $DN$  (Ду) 300 и более;

- технологии автоматической сварки порошковой проволокой в защитных газах (АПИ) сварочными головками М300–С, М300 фирмы «CRC Evans AW» заполняющих и облицовочного слоев шва соединений  $DN$  (Ду) 400 и более с толщиной стенки 12,0 мм и более.

- комбинированной технологии сварки (РД+МПС, РД+АПИ, РД+АФ, МП+РД, МП+МПС, МП+МПС+АФ. РАД+РД и др.)

Ручная дуговая сварка нам не подходит так как обладает низкой производительностью, требует более высокой квалификации сварщика и она менее экономична. Ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом не годится, так как ей нельзя сварить трубы нашего диаметра и толщины. Выполнять сварку автоматическими головками проблематично, так как будут возникать сложности при установки направляющих поясов на краны, и головками не варятся трубы менее 400 мм.

Окончательно принимаем согласно СТО Газпром 2–2.2–136–2007 следующие виды сварки (комбинированная технология) [9]:

- сварка корневого слоя шва выполняется проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа;
- сварка заполняющих и облицовочного слоев шва – самозащитной порошковой проволокой.

### 3.1.3 Выбор сварочных материалов

Выбор сварочных материалов выполняется согласно «Перечень сварочных материалов, рекомендованных к применению в составе технологий сварки при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов ПАО «Газпром»». Для сварки корневого шва в среде защитных газов выберем сварочную проволоку *Ultra 70S-G* (1,2 мм) классификация *ER70S-G* по *AWS A5* [17] диаметром 1,2 миллиметра. Типовой химический состав и механические свойства металла шва приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Типовой химический состав наплавленного металла [18]

Содержание элементов, %								
<i>S</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Mo</i>	<i>V</i>
Требования ТУ 1227-004-42791317-2014								
0,04-0,10	0,45-1,20	1,00-2,00	≤0,10	≤0,10	≤0,15	≤0,03	≤0,01	0,01

Таблица 3.4 – Типовые механические свойства наплавленного металла [18]

Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>			
			<i>KCV</i> <sup>-20</sup>		<i>KCV</i> <sup>-40</sup>	
Требования ТУ 1227-004-42791317-2014						
			≥80		≥50	
			ед. значение	ср. значение	ед. значение	ср. значение
560-620	440-500	≥22	87	97	74	77

Сварочная проволока *Ultra 70S-G* сплошного сечения, покрытая специальным составом «*Ultra*» повышающим стабильность сварочно-технологических свойств.

Данная проволока рекомендуется к применению для технологии механизированной сварки проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях (МП, МАДП) корневого слоя шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб класса прочности К60 включительно при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте промышленных и магистральных трубопроводов [18].

Заполняющие, корректирующий и облицовочный слои выполняются механизированной сваркой самозащитной порошковой *NR-208XP* (2,0 мм) классификация *E81T8-G* по AWS A5.29 ПС 49-А6У по ГОСТ 26271 [19].

Преимущества и основные особенности.

Сварка "на спуск" горячего, заполняющих и облицовочного проходов стыков труб из стали К60.

Высокие показатели работы удара металла шва при температуре -29°С.

Высокопроизводительная механизированная и автоматическая сварка порошковой проволокой в полевых условиях, не требующая защитного газа.

Герметичная упаковка, специально разработанная для применения проволоки в монтажных и полевых условиях.

Пространственные положения:

Все, кроме вертикального "на подъем".

Область применения.

Сварка "на спуск" горячего, заполняющих и облицовочного проходов стыков труб из стали К60.

Сварка трубопроводов, эксплуатирующихся при низких температурах [19].

Химический состав и механические свойства металла шва приведены в таблицах 3.5 и 3.6.

Таблица 3.5 – Химический состав наплавленного металла шва [19]

<i>C</i> , %	<i>Mn</i> %	<i>Si</i> , %	<i>P</i> , %	<i>S</i> , %
0,01-0,04	2,21-2,53	0,12-0,14	0,013	0,003

Таблица 3.6 – Механические свойства наплавленного металла шва [19]

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	<i>KCV</i> , Дж
			-29°C
500-550	590-615	21-28	70-90

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны принимаем С1 (углекислый газ) ( $CO_2$ ).

Двуокись углерода – бесцветный, неядовитый, тяжелее воздуха. Он хорошо растворяется в воде. Жидкая углекислота – бесцветная жидкость, плотность которой сильно изменяется с изменением температуры. Вследствие

этого поставляется по массе, а не по объёму. При испарении 1 кг углекислоты образуется 509 литров двуокиси углерода.

Углекислый газ классификация: *ISO 14175 - C1* поставляется по ГОСТ Р ИСО 14175-2010 [20].

Свойства *C1* представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Свойства *ISO 14175 - C1* ГОСТ Р ИСО 14175-2010 [20]

Химическая формула	Плотность (плотность воздуха = 1,293), кг/м <sup>3</sup>	Плотность относительно плотности воздуха	Точка кипения при 0,101 МПа, °С	Реакционная способность при сварке
$CO_2$	1,977	1,529	-78,5	Окислитель

### 3.2 Выбор технологических режимов

Режимы сварки должны соответствовать руководящей документацией организации, выполняющей изготовление изделия, в нашем случае ОАО «Газпром». Поэтому режимы сварки выбирается согласно СТО Газпром 2–2.2–136–2007.

Сварку труб с толщиной стенки 16,0 мм рекомендуется выполнять с предварительной обработкой кромок труб под специальную разделку (рисунок 3.1).

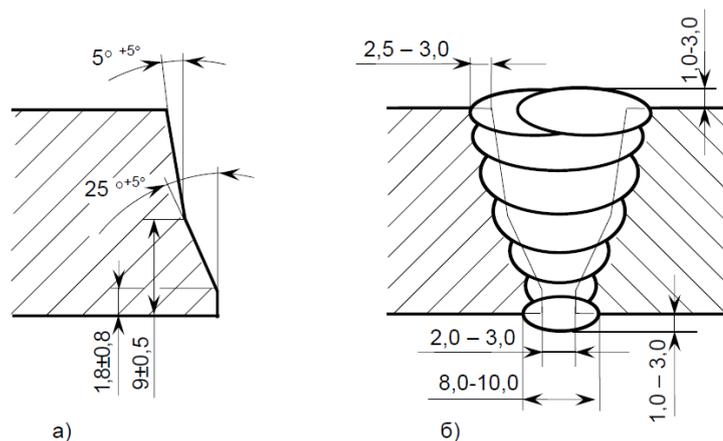


Рисунок 3.1 – Геометрические параметры специальной разделки кромок труб [9]: (а) и сварного шва (б) неповоротных кольцевых стыковых соединений труб, выполненных механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой

В случае сварки корневого слоя шва механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в углекислом газе зачистка проводится дисковой проволочной щеткой. При необходимости, в потолочной части сварного соединения чрезмерное усиление корневого слоя шва снимается шлифкругом.

До начала сварки корневого слоя шва независимо от температуры окружающего воздуха должен быть выполнен предварительный подогрев свариваемых кромок труб до температуры  $+100^{+30}$  °С. После окончания сварки полного периметра корневого слоя шва незамедлительно должен быть выполнен «горячий проход» механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой, а межслойная температура не должна опускаться ниже  $+100$  °С.

Оптимальный вылет сварочной проволоки от 5,0 до 16 мм [9].

Техника ведения сварки корневого слоя шва механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в углекислом газе [9]:

- горелка при зажигании дуги устанавливается под углом от  $20^{\circ}$  до  $30^{\circ}$  относительно перпендикуляра к стыку, углом назад;
- после расплавления одной из кромок и стабилизации процесса горения, дуга переводится на противоположную кромку. Когда жидкий металл с обеих кромок сформируется в одну округлую сварочную ванну, дугу

необходимо расположить по центру зазора, после чего необходимо начать движение горелки вдоль свариваемых кромок;

- управление процессом формирования корневого шва производится регулированием линейной скорости сварки, углом наклона горелки, а также, при необходимости, введением соответствующих колебаний;

- линейная скорость сварки, т.е. скорость перемещения горелки по стыку, определяется установленным режимом сварки и величиной зазора между свариваемыми кромками;

- линейная скорость сварки поддерживается и визуально контролируется сварщиком исходя из условия формирования полноценного валика корня шва и гарантированного сплавления наплавляемого валика с основным металлом;

- углом наклона горелки контролируется положение пятна дуги в оптимальной точке передней части сварочной ванны;

- для обеспечения надёжного проплавления свариваемых кромок пятно дуги должно удерживаться на переднем фронте сварочной ванны, не выходя из ванны, или, при достаточном зазоре между свариваемыми кромками, в передней (головной) части сварочной ванны (передней трети сварочной ванны);

- поперечные дугообразные колебательные движения рекомендуется выполнять в верхней части стыкового соединения (нижнее пространственное положение) для предотвращения прожогов и стекания сварочной ванны;

- на вертикальном и потолочном участках стыкового соединения при увеличенном зазоре поперечные дугообразные колебания выполняются для предотвращения образования утяжины.

Рекомендуются следующие углы наклона горелки (относительно перпендикуляра к поверхности трубы) [8]:

- в положении от  $0^{00}$  до  $1^{00}$  ч – от  $20^{\circ}$  до  $30^{\circ}$  (сварка углом назад);

- в положении от  $1^{00}$  до  $4^{00}$  ч – угол может увеличиваться до  $45^{\circ}$  (сварка углом назад);

- в положении от  $4^{00}$  до  $5^{00}$  ч – угол наклона горелки постепенно уменьшается и доводится до положения, близкого к перпендикулярному;
- в положении от  $5^{00}$  до  $6^{00}$  ч – угол наклона горелки может варьироваться от  $0^\circ$  (перпендикулярно к поверхности трубы) до величины от  $10^\circ$  до  $15^\circ$  (сварка углом назад либо углом вперед).

Схема положения сварочной горелки при механизированной сварке корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе в различных пространственных положениях приведена на рисунке 3.2.

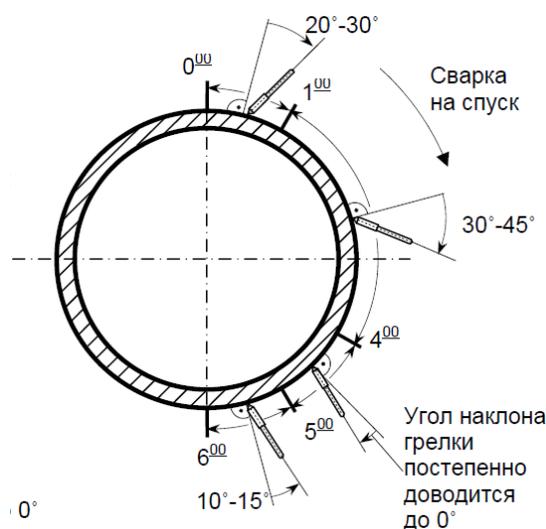


Рисунок 3.2 – Положение сварочной горелки при механизированной сварке корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе в различных пространственных положениях [9]

Количество операторов механизированной сварки, одновременно выполняющих сварку корневого слоя шва должно быть не менее 2-х для сварных соединений более Ду 530 мм.

Рекомендуемые параметры режимов механизированной сварки методом УКП приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Рекомендуемые параметры режимов механизированной сварки методом УКП [10]

Параметр	Величина параметра
Направление сварки	на спуск
Тип и полярность тока	постоянный, обратная
Базовый ток, А	45 – 60*
Пиковый ток, А	250 – 270
Горячий старт, усл. ед.	35 – 40
Скорость подачи проволоки, м/мин	2,4 – 2,7*
– в положении от 0 <sup>00</sup> до 1 <sup>00</sup> ч	3,0 – 3,0*
– в положении от 1 <sup>00</sup> до 6 <sup>00</sup> ч	
Спад, усл. ед.	3
Вылет электрода, мм	5 – 10**
Расход защитного газа, л/мин	10 – 16
<p>* При повышенных зазорах рекомендуется установить значение базового тока от 35 до 40 А, а скорость подачи проволоки в положении от 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> понизить от 2,7 до 2,4 м/мин и в положении от 1<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч до величины 3 м/мин.</p> <p>** Допускается вылет сварочной проволоки до 15 мм.</p> <p>Параметры режимов сварки могут быть откорректированы при подготовке к квалификационным (аттестационным) испытаниям технологии сварки. При проведении квалификационных (аттестационных) испытаний технологии сварки все параметры режимов сварки должны быть зафиксированы в протоколах квалификации процедуры сварки и при положительных результатах производственной аттестации внесены в операционную технологическую карту сборки и сварки.</p>	

Механизированная сварка корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе должна выполняться на постоянном токе обратной полярности. Направление сварки – на спуск.

Возбуждение дуги должно проводиться только на кромках свариваемых элементов. Для предотвращения образования пор, обрыв дуги следует проводить на одной из свариваемых кромок.

Сварку рекомендуется начинать в положении 0<sup>00</sup> ч и заканчивать в положении 6<sup>00</sup> ч на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов труб.

Начальный и конечный участок корневого слоя шва, выполненного первым оператором, следует обработать механическим способом (абразивным кругом) для обеспечения плавного перехода при сварке корневого слоя шва вторым оператором.

После выполнения корневого слоя шва его необходимо зачистить механическим способом шлифмашинками.

При наличии видимых дефектов корневого слоя шва типа непроваров, подрезов и др., необходимо выполнить подварку дефектных участков ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия согласно требованиям 10.2.40–10.2.42 [9].

Операции по подварке изнутри корневого слоя шва следует рассматривать как составную часть технологического процесса и предусматривать при составлении операционно-технологических карт сборки и сварки [9].

Заполняющие, корректирующий и облицовочный швы варятся механизированной сваркой, самозащитной проволокой.

Сварка самозащитной порошковой проволокой выполняется на спуск постоянным током прямой полярности.

Перед началом работ необходимо на механизме подачи сварочной проволоки установить два параметра сварочного процесса – напряжение и скорость подачи проволоки.

Следует строго соблюдать соотношение между устанавливаемыми параметрами сварочного процесса, т.к. отклонение значения напряжения для конкретной скорости подачи проволоки более чем на 1,0 В может приводить к возникновению дефектов.

Рекомендуемые режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой диаметром 2,0 мм приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Рекомендуемые режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой диаметром 2,0 мм [9]

Слои	Скорость подачи проволоки, см/мин (дюйм/мин)	Напряжение, В
Заполняющие	200 (90)	18,5-19,5
	250 (100)	19,5-20,5
	280(110)	20,5-21,5
Корректирующий	200 (80)	17,5-18,5
	230 (90)	18,5-19,5
Облицовочный	200 (80)	17,5-18,5
	230 (90)	18,5-19,5

При работе в потолочном положении рекомендуется понизить скорость подачи проволоки. Это делается без остановки процесса сварки переключением в положение 2 переключателя, расположенного на рукоятке горелки.

При этом скорость подачи проволок понижается на величину от 15 % до 20 %.

Одновременно необходимо увеличить вылет до величины от 25 до 30 мм.

Сварка выполняется способом на спуск.

При сварке стыковых сварных соединений труб с толщинами стенок более 14 мм заполняющие слои, начиная с третьего, рекомендуется выполнять по методу «слой за два прохода».

Облицовочный слой шва стыковых сварных соединений труб с толщинами стенок более 14 мм следует выполнять по методу «слой за три прохода».

Начинать сварку следует при вылете проволоки от 12 до 15 мм. После зажигания дуги вылет электрода (проволоки) должен быть увеличен до 20 мм. В потолочном положении рекомендуется увеличить вылет электрода до 25-30 мм.

Угол наклона проволоки должен постоянно меняться в процессе сварки (рисунок 3.3) [9]:

- в точке начала сварки (0<sup>00</sup> ч) угол должен составлять от 20 ° до 30 ° (углом назад);
- в положении 0<sup>00</sup> ÷ 3<sup>00</sup> ч угол постепенно увеличивается до величины в интервале от 45 ° до 60 ° (углом назад);
- в положении 3<sup>00</sup> ÷ 5<sup>00</sup> ч угол постепенно доводится до 0 ° (перпендикулярно телу трубы в точке касания);
- в положении 5<sup>00</sup> ÷ 6<sup>00</sup> ч угол доводится до величины в интервале от 10 до 15 ° (углом вперед).

При изменении угла наклона сварочной горелки изменяется степень проплавления. При уменьшении угла степень проплавления увеличивается, при увеличении угла – уменьшается.

При сварке заполняющих и облицовочного слоев шва необходимо следить за тем, чтобы температура перед наложением каждого последующего слоя была не ниже +50 °С и не более +200 °С. Если температура участка шва, подлежащего сварке, упала ниже +50 °С, необходимо подогреть свариваемые кромки до температуры предварительного подогрева.

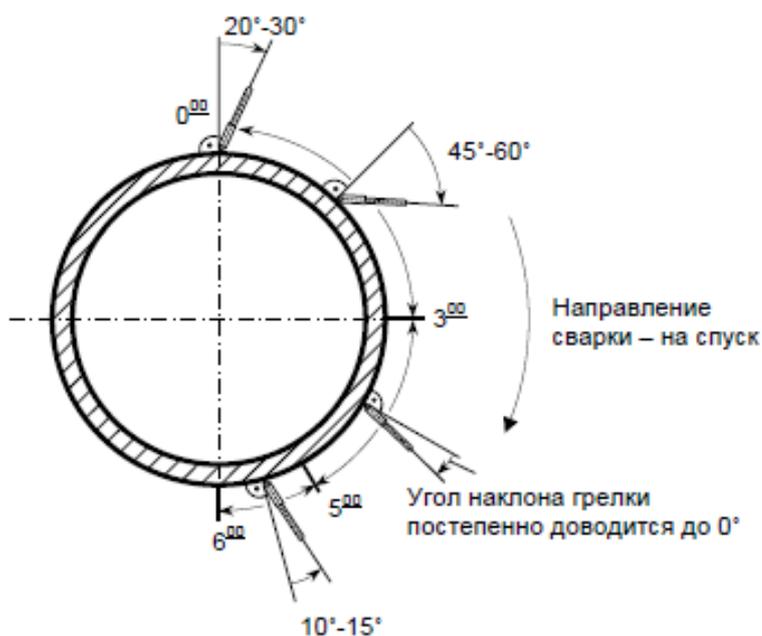


Рисунок 3.3 – Изменение угла наклона сварочной горелки при механизированной сварке самозащитной порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

Межслойная зачистка после первого заполняющего слоя («горячего прохода») выполняется дисковой проволочной щеткой или шлифкругом; после последующих слоев – дисковой проволочной щеткой.

В связи с неравномерностью заполнения разделки по периметру стыкового соединения и ослаблением сечения шва в вертикальном положении перед выполнением облицовочного слоя в положении  $1^{30} \div 4^{30}$  и  $9^{30} \div 7^{30}$  ч (ориентировочно) выполняется дополнительный (корректирующий) слой.

Для обеспечения лучшей формы облицовочного слоя шва рекомендуется некоторое «недозаполнение» разделки перед его выполнением в нижнем и потолочном положениях (на величину от 1,0 до 1,5 мм в нижнем положении и на величину от 1,0 до 2,0 мм в потолочном положении). При этом в вертикальном положении разделка должна быть заполнена практически «заподлицо» с поверхностью стыкуемых труб.

Облицовочный слой шва и прилегающая поверхность труб должны быть подвергнуты чистовой обработке дисковой проволочной щеткой для очистки поверхности от шлака и брызг. Допускается использование шлифкругов для выравнивания возможных неровностей поверхности облицовочного слоя.

Для труб с толщиной стенки от более 18 мм за два прохода.

В случае рестарта (возобновления процесса сварки) сварка начинается с верхней части предварительно очищенного от шлака кратера, кратер заполняется с малыми колебаниями электрода, и после этого сварка продолжается с нужной скоростью.

В случае вынужденного перерыва в работе сварное соединение следует накрыть влагонепроницаемым теплоизолирующим поясом. При этом перед началом сварки следует проконтролировать температуру сварного шва и при его охлаждении ниже  $+50$  °С возобновлять работу допускается только после подогрева стыкового соединения до температуры  $+50$  °С.

Оставлять не полностью сваренные соединения не допускается. В случае, когда производственные условия не дают возможности без перерыва завершить сварку соединения, следует соблюдать требования 10.2.49 [9].

Процесс дуговой сварки рекомендуется начинать и заканчивать на расстоянии не менее 100 мм от заводского шва трубы или детали трубопровода.

Место начала и окончания процесса сварки каждого слоя (замок шва) должно располагаться на расстоянии не менее 20 мм от замков предыдущего слоя шва.

Не допускается возбуждать дугу на поверхности трубы. Дуга должна возбуждаться только на поверхности разделки кромок или на поверхности металла уже выполненного шва [9].

### **3.3 Выбор основного оборудования**

Выбираем сварочное оборудование для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе и дуговой сварки порошковой самозащитной проволокой. Полуавтомат должен соответствовать выбранной технологии и обеспечивать требуемые режимы сварки. Так же выбранное сварочное оборудование должно находиться в «Перечне сварочного оборудования и оборудования для термической резки, рекомендованного к применению в составе технологий сварки при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов ПАО «Газпром»».

На основании раздела обзора литературы 1.3 Влияние формы и размеров сварных соединений на долговечность трубопроводов компрессорных станций делаем вывод то, что нам необходимо использовать режим УКП для правильного формирования корня шва. Технология УКП позволяет повысить производительность, исключить прожоги, снизить требования к точности подготовки кромок под сварку. Применяется для сварки корневого прохода при сварке трубопроводов. Позволяет при односторонней сварки без подкладок получить корневой шов с гарантированным обратным валиком [21].

Рассмотрим несколько видов сварочного оборудования.

Выпрямитель ВДУ-306МТ с Урал-ТК.

Полуавтомат состоит из источника питания - выпрямителя ВДУ-306МТ и подающего механизма Урал-ТК, и предназначен для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Способ сварки, реализованный в данном оборудовании, защищен патентным законодательством РФ.

Полуавтомат обеспечивает [22]:

- предварительную плавную настройку напряжения на дуге (в том числе дистанционно с подающего механизма) с высокой точностью без включения подачи проволоки и газа;
- предварительную плавную настройку скорости подачи проволоки с подающего механизма без включения источника и подачи защитного газа;
- автоматическую стабилизацию заданного сварочного напряжения, учитывающую потери в длинных кабелях;
- адаптацию параметров дуги с конструктивными особенностями неповоротных стыков трубопроводов и других ответственных конструкций благодаря изменяемой индуктивности источника;
- мелкокапельный перенос электродного металла;
- стабилизацию сварочной ванны независимо от пространственного положения;
- качественное формирование обратного валика при сварке корневого слоя шва.

Стабилизация формы и размеров сварочной ванны достигается специальной программой микропроцессорного блока управления. Управляющие импульсы подаются на тиристоры по результатам обработки сигналов обратной связи по напряжению на дуге. Система управления непрерывно отслеживает напряжение дуги от начала формирования капли до ее перехода в сварочную ванну, и формирует напряжение такой формы, которое оптимально способствует образованию мелких капель. На стадии короткого замыкания организуется процесс переноса металла с частотой естественного образования капель, для чего к моменту достижения капель расчетного размера в кривой тока формируется

провал, что приводит к снижению давления дуги на каплю и ванну, и их сближению. Затем с момента их слияния формируется импульс тока, способствующий сбрасыванию капли с электрода в ванну.

Микропроцессорные блоки управления источника и подающего механизма запрограммированы на ведение процесса сварки с управляемым мелкокапельным переносом электродного металла. Благодаря новым усовершенствованным алгоритмам, заложенным в программы, образуется спокойная невозмущенная сварочная ванна, которая хорошо удерживается в разделке во всех пространственных положениях. При высокой производительности процесс сварки протекает стабильно с минимальным разбрызгиванием. Комплект может быть применен при сварке ответственных металлоконструкций. Особенно хорошие результаты по качеству формирования обратного валика дает использование данного комплекта при сварке корневого слоя шва неповоротного стыка труб. Подающий механизм Урал-ТК приспособлен для работы как в стационарных, так и в монтажных условиях: вертикальная компоновка и малый вес делают его удобным для переноски, панели корпуса изготовлены из легкого и прочного алюминиевого сплава. Все важные узлы защищены от случайных механических повреждений, действия пыли и влаги.

Механизм подачи прост в настройке: оба из необходимых для ведения качественной сварки параметров (скорость подачи проволоки и напряжение сварочного источника) регулируются независимо. Величина каждого из этих параметров (как настроенная, так и измеренная фактически) отображается на цифровом индикаторе.

Кассета со сварочной проволокой (массой 5 или 15 кг) устанавливается в подающий механизм непосредственно из упаковки, без перемотки. Заправка проволоки в горелку производится без включения сварочного напряжения и клапана газа. Кратковременными нажатиями кнопки на горелке осуществляется функция настройки вылета проволоки (3 мм на одно нажатие). Отличительной особенностью подающего механизма Урал-ТК от аналогов является

предварительная настройка сварочного напряжения источника без включения подачи проволоки и газа. Настроенное напряжение поддерживается цифровой системой управления в процессе последующей сварки с высокой точностью, а по окончании сварки на индикаторе высвечивается значение напряжения на дуге, фактически бывшее в последний перед окончанием сварки момент.

Кроме этого, система управления обеспечивает мягкий старт - плавное нарастание скорости подачи проволоки в начальный момент сварки, автоматическое снижение скорости подачи при заварке кратера, защиту двигателя от перегрузки, а также защиту от неверной полярности сварки при подключении сварочных кабелей.

На корпусе подающего механизма имеется гнездо для быстрого присоединения провода специального канала обратной связи по напряжению сварочной дуги, идущего непосредственно со свариваемого изделия. Сигнал обратной связи передается далее в источник, позволяя системе управления поддерживать заданное напряжение не на зажимах источника, а непосредственно на дуге. Таким образом, исключается влияние падения напряжения в длинных (до 30-40м) сварочных кабелях.

Для подключения горелки подающий механизм имеет стандартный евроразъем. Тумблером может быть выбран 2-х или 4-х тактный режим работы кнопки горелки. Подающий механизм может быть поставлен в исполнении с ротаметром-регулятором расхода углекислого газа на корпусе аппарата. Температура эксплуатации от -40 до +40<sup>0</sup>С.

Технические характеристики сварочного полуавтомата ВДУ-306МТ с Урал-ТК приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Технические характеристики сварочного полуавтомата ВДУ-306МТ с Урал-ТК [22]

Параметр	Значение
Номинальный сварочный ток, А (при ПН-100%)	315

Диаметр электродной проволоки, мм	0,8-1,2
Пределы регулирования сварочного напряжения, В	15-32
Скорость подачи электродной проволоки (интервал настройки), м/мин	1,8-12 (через 0,1)
Напряжение питания, В	3 x 380
Потребляемая мощность, кВА	28
Габаритные размеры, мм	
подающего механизма Урал-ТК	430 x 240 x 555
источника ВДУ-306МТ	710 x 670 x 750
Масса, не более	
подающего механизма без проволоки, сварочных кабелей и горелки, кг	12,5
Источника, кг	182

Универсальное подающее устройство ПДГО-512 Урал.

Универсальное подающее устройство ПДГО-512 Урал предназначено для сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов на прямой и обратной полярности или открытой дугой самозащитной проволокой в полевых условиях в любых пространственных положениях. Обеспечивает сварку корневого слоя шва труб, заполняющих и облицовочных слоев проволокой сплошного сечения в среде защитных газов либо заполняющих и облицовочных слоев порошковой самозащитной проволокой.

В механизм устанавливается еврокассета с 15 кг проволоки, либо кассета с 6,3 кг самозащитной проволоки. Благодаря специальному цифровому каналу между подающим механизмом и инверторным источником заданные параметры сварочного режима не зависят от длины шлейфа соединительных кабелей. Подающий механизм может работать на расстоянии до 40 метров от источника тока. ПДГО-512У1 имеет легкий алюминиевый корпус, снабжен надежным протяжным четырехроликовым механизмом венгерской фирмы *Cooptim*.

Подающий механизм обеспечивает [23]:

- цифровую индикацию параметров режима сварки: скорости подачи проволоки, сварочного тока и напряжения дуги;
- функцию предварительной установки скорости подачи проволоки и сварочного напряжения до начала сварки, без включения подачи проволоки и защитных газов;
- блок управления обеспечивает стабилизацию заданной скорости подачи проволоки, плавное нарастание скорости при включении и плавную остановку при выключении (заварка кратера), а также растяжку дуги (задержка отключения напряжения после остановки проволоки для предотвращения ее примерзания к сварочной ванне);
- регулируемую продувку газа до и после сварки. Температура эксплуатации от -40 до +40<sup>0</sup> С.

Технические характеристики универсального подающего устройства ПДГО-512 Урал приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Технические характеристики универсального подающего устройства ПДГО-512 Урал [23]

Параметр	Значение
Номинальный сварочный ток, А	500
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8-1,6
Диаметр стальной порошковой электродной проволоки, мм	1,0-3,2
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	1,8-18
Габаритные размеры	460 x 240 x 630
Масса без проволоки, сварочных кабелей и горелки, не более	14 кг

Аппарат ДС400.33УКП.

Профессиональные аппараты нового поколения для полуавтоматической сварки с управляемым каплепереносом в среде защитных, активных газов и их смесей – ДС400.33УКП незаменимы для работы, когда требуется минимальное разбрызгивание, гарантированное проплавление и качество шва. Аппараты ДС400.33УКП надежны и выполнены на высочайшем профессиональном уровне с использованием последних достижений в области электроники и сварочных технологий.

Аппарат ДС400.33УКП – мощный 400-амперный инверторный источник питания для [21]:

- полуавтоматической сварки с управляемым каплепереносом в среде CO<sub>2</sub>. Режим УКП.
- традиционной полуавтоматической сварки и наплавки. Режим MIG/MAG.
- использования в составе установок автоматической сварки.

Предназначен для работы с подающим механизмом ПМ-4.33, но может эксплуатироваться и с подающими устройствами других типов [21].

Достоинства:

- резкое снижение уровня разбрызгивания;

- отсутствие деформаций металла за счет четкого управления тепловложением;
- гарантированное проплавление и обратный валик;
- возможность ведения сварки во всех пространственных положениях;
- качество сварки сравнимое с аргонодуговой, при производительности в 3-5 раз выше;
- цифровая индикация тока и напряжения сварки;
- питание, как от стационарной сети, так и от дизель-генератора.

Технические характеристики аппарата ДС400.33УКП представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Технические характеристики аппарата ДС400.33УКП [21]

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	380,+10% -10%
Потребляемая мощность, кВА, не более	20
Номинальный режим работы ПН, % (при +20°C)	100
Максимальный ток при ПН=100%, А	400
Диапазон рабочих температур, °С	От - 40 до + 40
Масса, кг	44
Габаритные размеры (ШхВхГ), мм	280x535x610

Подающий механизм ПМ-4.33 «Трасса».

Подающий механизм ПМ-4.33 «Трасса» – предназначен для подачи сплошной стальной, алюминиевой и порошковой проволоки от 0,6 до 2,4 мм при работе с аппаратом ДС400.33М или любым другим источником, имеющим «жесткую» вольтамперную характеристику. Полуавтомат выполнен в пыле- и влагозащищенном исполнении и отлично подходит для работы в трассовых условиях.

Функциональные возможности [24]:

- цифровое задание всех параметров сварки непосредственно с подающего механизма;
- цифровая индикация скорости подачи проволоки, сварочного тока и напряжения;
- плавная регулировка скорости подачи сварочной проволоки и напряжения на дуге;
- энергонезависимая память режимов сварки;
- плавное зажигание дуги, благодаря установке замедления проволоки вначале сварки;
- установка времени продува в начале сварки и обдува газа после ее окончания;
- плавное гашение дуги, благодаря установке замедления проволоки при окончании сварки;
- четырех роликовый механизм подачи проволоки фирмы *cooptim ltd.*, (профиль ролика зависит от диаметра и вида сварочной проволоки);
- зубчатое зацепление подающих и прижимных роликов;
- регулируемое усилие прижима;
- возможна эксплуатация на удалении до 50м от сварочного источника;
- отсекаТЕЛЬ защитного газа.
- «тест газа» и «тест проволоки».
- подача сварочной проволоки со стандартных 5 и 15кг катушек.
- возможность работы в непрерывном 2-х и 4-х тактном режиме.

Технические характеристики подающего механизма ПМ-4.33 «Трасса» представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Технические характеристики подающего механизма ПМ-4.33 [24]

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	~36

Потребляемая мощность, кВА, не более	0,15
Скорость подачи проволоки, м/мин	1 - 17
Диаметр проволоки, мм	
Сплошная (сталь)	0,6-1,6
Сплошная (алюминий)	1,0-2,4
Порошковая	0,9-2,4
Диапазон рабочих температур, °С	От - 40 до + 40
Масса (без учета массы катушки с проволокой), кг	14
Габаритные размеры, мм	685x250x430

Рассмотренное оборудование полностью подходит для требуемых видов сварки и обеспечивает необходимый сварочный ток. Так же оно присутствует в реестре ПАО «Газпром». Выбираем комплект: выпрямитель для дуговой сварки аппарат ДС400.33УКП с подающим механизмом ПМ-4.33 «Трасса» так как аппарат ДС400.33УКП по сравнению с ВДУ-306МТ является более современной разработкой, обладает технологией УКП, имеет меньший вес и габариты. Исходя из этих данных выбираем: выпрямитель для дуговой сварки аппарат ДС400.33УКП [21] с подающим механизмом ПМ-4.33 «Трасса» [24]. Оборудование входит в реестр оборудования ОАО «Газпром» [25].

Для предварительного нагрева сварного шва применяется установка индукционного нагрева УИНТ-100-2,4\*. Она предназначена для улучшения свариваемости материала, понижения уровня остаточного напряжения металла и послесварочной термической обработки.

Используется для [26]:

- термообработки сварных швов трубопроводов;
- предварительного подогрева металла перед сваркой;
- термообработки прямолинейных сварных швов;
- индукционного нагрева металлов различного технологического

назначения.

Преимущества:

- установка УИИТ-100-2,4 обеспечивает автоматическое поддержание заданных режимов термообработки;
- есть возможность вывода на *Flesh* накопитель и на ноутбук;
- мобильность установки обеспечивает встроенная в конструкцию транспортная тележка;
- установка укомплектована входными и выходными кабелями, блоком компенсирующих конденсаторов и высокочастотным проводом для индуктора.

Установка в базовой комплектации выполняет качественную термообработку сварных швов трубопроводов и подогрев сварных стыков перед сваркой. По заказу мы доукомплектуем установку теплоизоляционными материалами, дополнительными индукторами, приборами для измерения и регистрации температуры [26].

Технические характеристики установки УИИТ-100-2,4 представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Технические установки УИИТ-100-2,4 [26]

Технические характеристики	ЭЛТЕРМ-С УИИТ 100-2,4
1	2
Максимальная мощность, кВт	100
Номинальная выходная частота, кГц	2,4
Охлаждение	воздушное
Коэффициент полезного действия, %	93
Габаритные размеры, мм	1640x990x1755
Вес, кг	1000

Продолжение таблицы 3.14

1	2
Пределы задания режимов термообработки	
Температура, °С	840

Интервалы времени выдержки, час	1,2,3,4,5
Скорость набора температуры, °С/час	50,10,150,200,250
Скорость снижения температуры, °С/час	50,10,150,200,250
Максимальный диаметр трубопровода, мм	1420

Внешний вид установки индукционного нагрева УИИТ-100-2,4 показан на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Установка индукционного нагрева УИИТ-100-2,4

Термоизолирующие пояса ТИП-325 и ТИП-630 используются для обеспечения медленного остывания сваренного шва. Необходимость медленного остывания металла шва и околошовной зоны обусловлена процессами образования горячих и холодных трещин в результате превращения аустенита в мартенсит при быстром охлаждении.

В то время как при медленном охлаждении аустенит превращается в нормальную феррит перлитовую структуру. Базовая ширина термоизолирующего пояса составляет 230 мм – это оптимальная ширина для гарантированного прилегания пояса к металлу свариваемых изделий между защитными изоляционными покрытиями на свариваемых деталях. Рабочая (жаростойкая) сторона термопояса выполнена из стеклоткани с односторонним силиконовым покрытием, значительно увеличивающим износостойкость к

истиранию и текстильные свойства материала в целом. Наружная сторона термоизолирующего пояса выполнена из высокопрочной армированной ПВХ ткани на которой нашит и ярлык изделия. Внутренний термоизолирующий слой состоит из негорючего, жаростойкого наполнителя.

Замковый элемент выполнен в виде пружины, закрепленной на одном конце пояса, которая в натянутом состоянии одевается на крюк, закрепленный на втором конце пояса. Использование в качестве замка – пружины, позволяет обеспечить качественное и полное прилегание пояса к трубе или арматуре, не зависимо от условий окружающей среды [27, 28].

Технические характеристики термоизолирующего пояса ТИП-325 представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15– Технические термоизолирующего пояса ТИП-325 [27]

Характеристики	Значения
Диаметр трубы, мм	325
Длина, мм	1130
Ширина, мм	230
Вес, кг	0,7

Технические характеристики термоизолирующего пояса ТИП-630 представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Технические термоизолирующего пояса ТИП-630 [28]

Характеристики	Значения
Диаметр трубы, мм	630
Длина, мм	2120
Ширина, мм	230
Вес, кг	1,3

Внешний вид термоизолирующих поясов ТИП-325 и ТИП-630 показан на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Термоизолирующие пояса: а. ТИП-325; б.ТИП-630 [27, 28]

### 3.4 Выбор оснастки

Оснастка технологическая – это совокупность приспособлений для установки и закрепления заготовок и инструмента, выполнения сборочных операций, деталей или изделий. Использование оснастки позволяет осуществить дополнительную или специальную обработку и/или доработку выпускаемых изделий.

При выполнении кольцевого стыка труб применяются наружные звенные центраторы ЦЗН-325 и ЦЗН-630 в соответствии с диаметром труб [29].

### **3.5 Составление схем узловой и общей сборки**

Технологический процесс сборки – это совокупность операций по соединению деталей в определённой технической и экономически целесообразной последовательности для получения сборочных единиц и изделий, соответствующих предъявляемым к ним требованиям.

Различают процессы узловой и общей сборки. Объектом узловой сборки является сборочная единица – самостоятельная часть машины или устройства, которая выполняет определённую функцию и может транспортироваться либо для установки, либо для реализации.

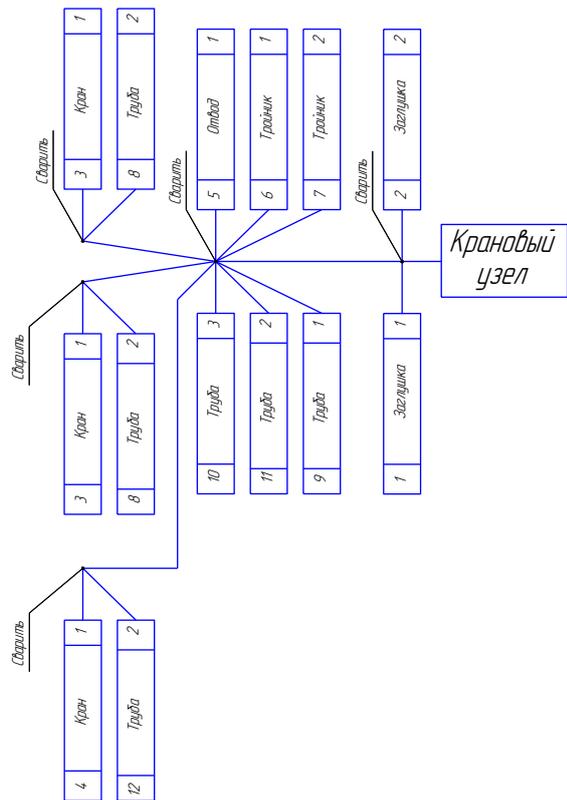
Технологическая схема сборки – графическое изображение последовательности сборки изделия или сборочной единицы.

Технологическая схема сборки содержит информацию о комплектующих изделиях или узлах (базовом элементе, сборочных единицах и деталях), последовательности их сборки, а также о методе сборки. Базовый элемент и готовое изделие связывает линия комплектования.

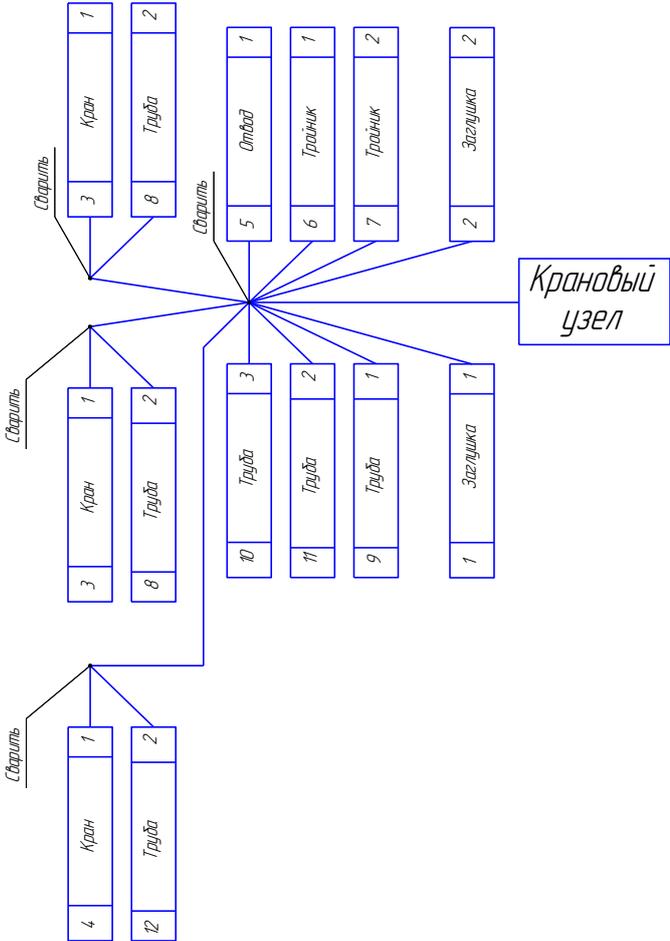
Сборочные единицы и отдельные детали, поступающие на сборку, могут располагаться по разные стороны от этой линии, но это не жёсткое правило. Иногда с целью получения более компактной схемы от него можно отойти.

Последовательность соединения деталей и узлов машины не может быть произвольной. Для простых узлов чаще всего возможна лишь одна последовательность сборки. Для сложных узлов и машин возможны различные варианты последовательности сборки [30].

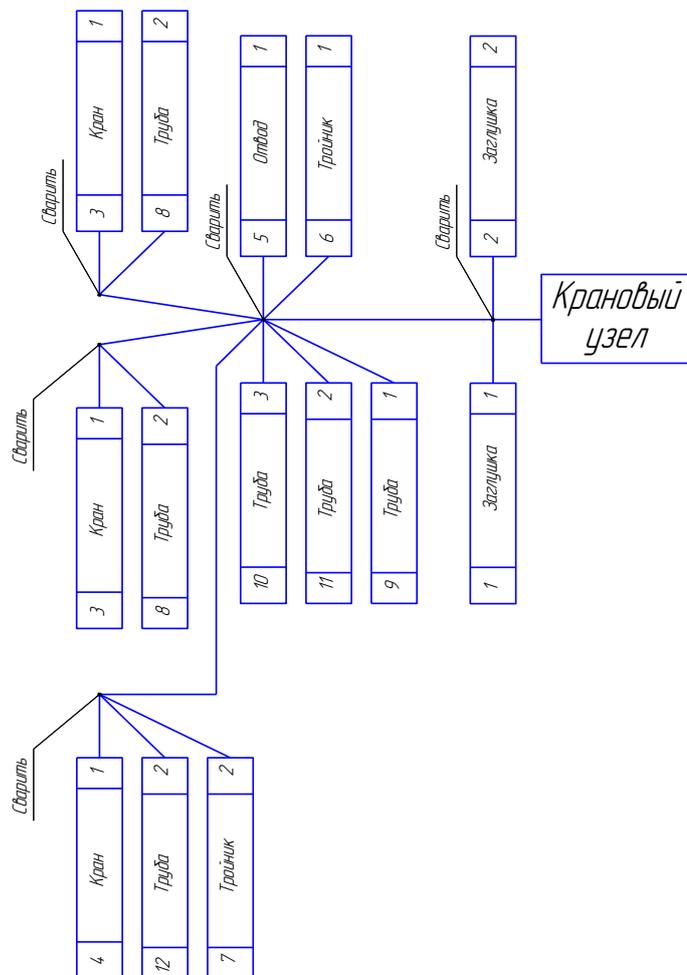
На рисунке 3.6 показаны варианты технологической схемы изготовления кранового узла.



а.



б.



В.

Рисунок 3.6 – Технологические схемы изготовления кранового узла

Выбираем вариант, представленный на рисунке 3.2а как наиболее технологичный.

### 3.6 Выбор методов контроля. Регламент проведения. Оборудование

#### 3.6.1 Визуальный и измерительный контроль

ВИК сварных соединений трубопроводов должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 17637-2014 «Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением» для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и не допустимых в соответствии с требованиями настоящего стандарта, СТО

9701105632-003-2021. «Инструкция по визуальному и измерительному контролю», ГОСТ 8.051-81 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

Визуальный и измерительный контроль свариваемых изделий на стадии входного контроля выполняют с целью подтверждения их соответствия требованиям НД, ПТД.

Визуальный и измерительный контроль качества сборки, сварки и ремонта выполняют с целью подтверждения соответствия качества выполнения этих операций требованиям НД или ПТД.

Визуальный и измерительный контроль должен выполняться до проведения неразрушающего контроля сварного соединения физическими методами.

При доступности визуальный и измерительный контроль основного металла и сварных соединений следует выполнять не только с наружной, но и с внутренней стороны сборочного элемента.

Дефекты, выявленные при визуальном и измерительном контроле, должны быть исправлены до выполнения последующей технологической операции, предусмотренной технологической картой. Исправление дефектов в основном металле должно выполняться в соответствии с требованиями НД/ПТД.

Контролируемая зона сварного соединения, должна включать сварной шов, а также примыкающие к нему участки основного металла и составлять не менее 20 мм в обе стороны от шва, но не менее толщины стенки свариваемой детали [31].

Визуальный контроль основных материалов и сварных соединений проводится невооруженным глазом и с применением оптических приборов (луп, эндоскопов, зеркал, и др.), увеличение которых должно быть 4-7-кратное.

Для измерения формы и размеров сборочных элементов трубопровода и сварных соединений, а также поверхностных дефектов следует применять исправные, прошедшие метрологическую поверку, инструменты и приборы [31]:

- лупы измерительные по ГОСТ 25706-83;

- угольники поверочные 90° лекальные по ГОСТ 3749-77;
- штангенциркули по ГОСТ 166-89 и штангенрейсмасы по ГОСТ 164-90;
- шаблоны, в том числе универсальные, типа УШС;
- толщиномеры ультразвуковые по ГОСТ 28702-90;
- шероховатости (сравнения) по ГОСТ 9378-93.

Измерительные приборы и инструменты должны периодически, а также после ремонта, проходить поверку в метрологических службах в сроки, установленные НД на соответствующие приборы и инструменты.

Требования к выполнению визуального и измерительного контроля.

Визуальный и измерительный контроль при монтаже трубопроводов, выполняют непосредственно по месту монтажа (ремонта). При этом должно быть обеспечено удобство подхода лиц, выполняющих контроль, к месту производства контрольных работ, созданы условия для безопасного производства работ.

Освещенность контролируемых поверхностей должна быть достаточной для достоверного выявления дефектов и в соответствии с требованиями ГОСТ 23479-79 составлять не менее 500 Лк.

Для выполнения контроля должен быть обеспечен достаточный обзор для глаз специалиста. Подлежащая контролю поверхность должна рассматриваться под углом более 30 к плоскости объекта контроля и с расстояния до 600 мм [32, 33].

Шероховатость зачищенных под контроль поверхностей деталей, сварных соединений, а также поверхность разделки кромок деталей (сборочных единиц, изделий), подготовленных под сварку, должна быть не более  $Rz$  80 [32, 33].

Подготовку объектов к визуальному и измерительному контролю производят подразделения предприятий (организаций), выполняющие монтаж или ремонт. Перед проведением визуального и измерительного контроля поверхность объекта в зоне контроля подлежит зачистке до чистого металла от

продуктов коррозии, окалины, изоляции, грязи, краски, масла, шлака, брызг расплавленного металла, и других загрязнений, препятствующих проведению контроля. Зона зачистки должна составлять не менее 20 мм (но не менее толщины стенки) и включает [31]:

- при сварке стыковых соединений – кромки и поверхность свариваемых деталей;
- при сварке угловых соединений – поверхность вокруг отверстия под ввариваемую деталь и само отверстие на всю глубину, поверхность ввариваемой детали.

Измерительный контроль соединения, собранного под сварку осуществляется для проверки соответствия требованиям НД или ПКД [31]:

- величины технологического зазора в соединении;
- величины смещения кромок (внутренних и наружных) собранных деталей;
- длины, высоты прихваток и их расположение по периметру соединения;
- несимметричности штуцера и отверстия в трубе;
- геометрических (линейных) размеров узла, собранного под сварку (в случаях оговоренных ПКД).

При ВИК выявленные дефекты необходимо коассифицировать согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 «Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества».

Свариваемые изделия, забракованные при визуальном и измерительном контроле, подлежат ремонту. Собранные под сварку соединения, забракованные при контроле, подлежат расстыковке с последующей повторной сборкой после устранения причин, вызвавших их первоначальную некачественную сборку [31].

### 3.6.2 Радиографический контроль

Сварные кольцевые стыки трубной плети контролируются методами просвечивания рентгеновскими лучами согласно СП 105-34-96 [31], в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-82 и СТО Газпром 2 - 2.4 - 083- 2006.

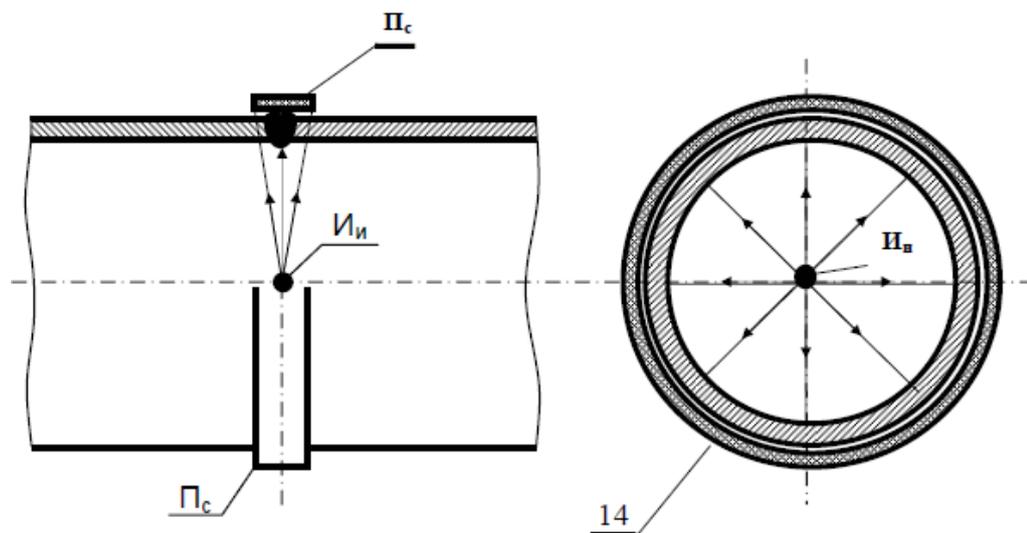
Радиографическому контролю в соответствии с требованиями раздела 6 подвергают сварные соединения газопроводов, выполненные всеми видами автоматической, полуавтоматической и ручной электродуговой сваркой плавлением.

Радиографический контроль проводят в соответствии с технологической картой контроля, утвержденной руководством организации.

При радиографическом контроле следует использовать источники ионизирующих излучений, предусмотренные ГОСТ 20426-82. Энергия источников гамма-излучения, анодное напряжение на рентгеновской трубке выбирают в зависимости от толщины металла просвечиваемых изделий и типа применяемой рентгенпленки таким образом, чтобы была обеспечена требуемая чувствительность контроля, производительность работ и радиационная безопасность всего обслуживающего персонала.

Схемы просвечивания сварных соединений.

Кольцевые сварные швы свариваемых изделий, в которые возможен свободный доступ внутрь контролируются за одну установку источника излучения по схеме, представленной на рисунке 3.7.



Принятые обозначения: Ии – источник излучения изнутри; Пс – пленка снаружи

Рисунок 3.7 – Схема панорамного просвечивания кольцевого сварного шва за одну установку источника излучения [31]

Линейную часть газопроводов целесообразнее контролировать по схеме (рисунок 7 [31]) с помощью внутритрубного устройства («кроулера»), технические характеристики которого выбирают исходя из следующих параметров: диаметра трубы; толщины стенки; чувствительности контроля; типа рентгенпленки; источника ионизирующего излучения; темпов сооружения линейной части и т.д.

Проведение радиографического контроля.

После устранения всякого рода дефектов сварного шва, выявленных визуальным контролем, производят разметку сварного соединения. Сварной шов размечают на отдельные участки, задают начало и направление нумерации для определенной последовательности каждого снимка, с целью привязки изображения сварного шва к его местоположению по периметру стыка.

Разметку сварного соединения выполняют несмывающейся быстросохнущей краской или маркером по металлу, обеспечивающими сохранение маркировки до сдачи трубопровода под изоляцию. Если при контроле используют мерительный пояс со свинцовыми цифрами, то достаточно

одной метки начала укладки и направления укладки пленки (рулонной) или кассет с пленкой.

Для привязки снимков к сварному соединению системой свинцовых маркировочных знаков, установленных на стыке (на участке сварного стыка), обозначают [31]:

- направление укладки кассет;
- номер пленки;
- шифр (характеристика) объекта;
- номер стыка;
- шифр (клеймо сварщика или бригады);
- шифр (клеймо дефектоскописта);
- дату проведения контроля.

Допускается маркировка радиографических снимков после проявления простым карандашом или маркером по следующим позициям [31]:

- номер пленки;
- шифр (клеймо) сварщика (или бригады);
- шифр (клеймо) дефектоскописта.

На контролируемых участках также должны быть установлены эталоны чувствительности так, чтобы на каждом снимке было полное изображение эталона. При панорамном просвечивании кольцевых сварных соединений допускается устанавливать эталоны чувствительности по одному на каждую четверть окружности сварного соединения [31].

Для проведения радиографического контроля применяется портативный импульсный рентгеновский аппарат «Моноскан 3».

Портативный рентгеновский аппарат Моноскан 3 – легкий и малогабаритный рентгеновский аппарат, что делает его очень мобильным. Свинцовая защита в корпусе рентгеновского аппарата сводит к минимуму утечки излучения в период работы аппарата. Кнопка временной задержки и пульт дистанционного управления позволяет оператору находиться на безопасном расстоянии от портативного рентгеновского аппарата, когда он находится в

рабочем режиме. Портативный рентген аппарат предупреждает оператора о начале работы визуально и звуковым индикатором. Кроме того, портативный рентгеновский аппарат Моноскан-3 не содержит радиоактивных материалов [34].

Технические характеристики портативный рентгеновский аппарат Моноскан-3 представлены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Технические характеристики портативный рентгеновский аппарат Моноскан- 3 [34]

Параметр	Значение
<b>Параметры рентгеновского излучения</b>	
Амплитуда импульса высокого напряжения	270 кВ
Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью высококонтрастных рентгеновских пленок	35 мм
Доза излучения за 1 импульс на расстоянии 0,5 м от рентгеновской трубки	2,3 мР – 3,6 мР
Диаметр фокусного пятна	3 мм
Напряжение питания от аккумулятора	18 В
Срок службы, импульсов	не менее 100 000
Диапазон рабочих температур	-23 ... +50 °С
<b>Массогабаритные характеристики</b>	
Масса	5,7 кг
Длина/с аккумулятором	360/415 мм
Ширина	110мм
Высота	180 мм
<b>Дополнительные параметры</b>	
Разогрев рентгеновского аппарата	не требуется
Пульт дистанционного управления	есть
Разъем для штатива	есть

Внешний вид системы портативного рентгеновского аппарата Моноскан-3 показан на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 – Портативный рентгеновский аппарат Моноскан-3 [34]

### **3.6.3 Ультразвуковой контроль**

Ультразвуковой контроль проводят после проведения визуального и измерительного контроля.

Ультразвуковой контроль сварных соединений выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86, положениями настоящего раздела и разработанной технологической картой контроля.

Контроль проводят по технологическим картам контроля (технологическим процессам).

Карта контроля должна соответствовать требованиям настоящего регламента, иметь номер и детально отражать процедуру контроля конкретного сварного соединения.

Карта контроля должна содержать информацию о конструкции объекта контроля (включая допущенные отклонения в технологии сборки и сварки), схеме прозвучивания, ширине зоны зачистки, конкретных параметрах контроля, аппаратуре и преобразователях, способах настройки чувствительности и

параметрах отражателей в СОП, правилах и нормах оценки результатов контроля.

Карты контроля разрабатывают специалисты не ниже 2-го уровня. Каждая карта контроля должна быть подписана ее разработчиком и руководителем службы контроля.

При отсутствии полных данных о конструкции сварного соединения в условиях эксплуатационного контроля, карту контроля составляют с учетом определения фактической геометрии сварного соединения.

Подготовка сварного соединения к контролю.

Обеспечивают доступ к сварному соединению для беспрепятственного сканирования околошовной зоны.

Околошовную зону стыкового сварного соединения по обе стороны от шва и по всей его длине очищают от пыли, грязи, окалины, застывших брызг металла, забоин и других неровностей.

Чистота обработки поверхности околошовной зоны газопровода должна быть не хуже  $R_z 40$ , волнистость не должна превышать величину 0,015 [31].

Для контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп А1214 Эксперт.

### **3.7 Разработка технологической документации**

Основное требование к технологии любой совокупности операций, выполняемых на отдельном рабочем месте, заключается в рациональной их последовательности с использованием необходимых приспособлений и оснастки.

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается

применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъемно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов.

Разработка технологических процессов включает [35]:

1. расчленение изделия на сборочные единицы;
2. установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;
3. выбор типов оборудования и способов сварки.

В результате должны быть достигнуты:

- возможная наименьшая трудоёмкость;
- минимальная продолжительность производственного цикла;
- минимальное общее требуемое число рабочих;
- наилучшее использование производственного транспорта вспомогательного оборудования;
- возможный наименьший расход производственной энергии.

Операционно-технологическая карта должна заполняться на основе нормативно-технической документации, которую нужно предварительно изучить. Затем производится заполнение операционно-технологической карты в соответствии с найденными данными.

Операционно-технологическая карта сборки и сварки в защитном газе неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб приведена в приложениях Б и В.

### **3.8 Техническое нормирование операций**

Цель технического нормирования – установление для конкретных организационно-технических условий затрат времени необходимого для выполнения заданной работы.

Техническое нормирование имеет большое значение, так как является основой всех расчетов при организации и планировании производства.

Норма штучного времени для всех видов дуговой сварки [36]:

$$T_{\text{ш}} = T_{\text{н.ш.-к}} \times L + t_{\text{в.и}}, \quad (3.2)$$

где,  $T_{\text{н.ш.-к}}$  – неполное штучно-калькуляционное время;

$L$  – длина сварного шва по чертежу;

$t_{\text{в.и}}$  – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования.

Неполное штучно-калькуляционное время на 1 метр шва:

$$T_{\text{н.ш.-к}} = (T_{\text{о}} + t_{\text{в.ш}}) \times \left( 1 + \frac{a_{\text{обс.}} + a_{\text{отл.}} + a_{\text{п-з}}}{100} \right), \quad (3.3)$$

где,  $T_{\text{о}}$  – основное время сварки;

$t_{\text{в.ш}}$  – вспомогательное время, зависящее от длины сварного шва;

$a_{\text{обс.}}$ ,  $a_{\text{отл.}}$ ,  $a_{\text{п-з}}$  – соответственно время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, подготовительно – заключительную работу, % к оперативному времени. Для механизированной сварки в смеси газов плавящимся электродом сумма коэффициентов составляет 27% [36].

$$T_{\text{о}} = \frac{F_1 \times \gamma \times 60}{I_1 \times \alpha} + \frac{F_n \times \gamma \times 60}{I_n \times \alpha} \times n, \quad (3.4)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм<sup>2</sup>,

$I$  – сила сварочного тока, А;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч).

Рассчитаем норму времени механизированной сварки в защитном газе и самозащитной проволокой при изготовлении кранового узла.

Исходные данные:

- марки стали 10Г2ФБЮ;
- марки электродной проволоки *Ultra 70S-G* (1,2 мм) классификация *ER70S-G* по AWS A5 [11] и NR-208XP (2,0 мм) классификация *E81T8-G* по AWS A5.29 ПС 49-А6У по ГОСТ 26271 [11];
- положение шва: все положения;
- коэффициент наплавки для сварочных проволок *Ultra 70S-G* и NR-208XP при механизированной сварке составляет  $\alpha_{\text{н}}=15$  г/(А·ч).

Время сварки для шва №1 нестандартный:

$$T_o = \frac{7 \times 7,85 \times 60}{200 \times 15} + \frac{8 \times 7,85 \times 60}{200 \times 15} + \frac{23,2 \times 7,85 \times 60}{220 \times 15} \times 6 = 22,22 \text{ мин.}$$

Определим время на сварку кранового узла (масса деталей рассчитана в программе Компас-3D V16, время взято из литературы [36]).

Масса дет. поз. 1  $m_1=23,4$  кг; установка краном на площадку  $t_1=1,6$  мин.;  
масса дет. поз. 2 (2 шт.)  $m_2=76,4$  кг; установка краном на площадку  $t_2= 3,2$  мин.;  
масса дет. поз. 3 (2 шт.)  $m_3=1015$  кг; установка краном на площадку  $t_3= 8$  мин.;  
масса дет. поз. 4  $m_4=3415$  кг; установка краном на площадку  $t_4= 5,6$  мин.; масса  
дет. поз. 5  $m_5=87$  кг; установка краном на площадку  $t_5= 1,6$  мин.; масса дет. поз.  
6  $m_6=54,8$  кг; установка краном на площадку  $t_6= 1,6$  мин.; масса дет. поз. 7 (2 шт.)  
 $m_7=242$  кг; установка краном на площадку  $t_7= 3,6$  мин.; масса дет. поз. 8 (4 шт.)  
 $m_8=30,5$  кг; установка краном на площадку  $t_8= 6,4$  мин.; масса дет. поз. 9  $m_9=78,8$   
кг; установка краном на площадку  $t_9= 1,6$  мин.; масса дет. поз. 10 (3 шт.)  $m_{10}=79,3$   
кг; установка краном на площадку  $t_{10}= 4,8$  мин.; масса дет. поз. 11  $m_{11}=267$  кг;  
установка краном на площадку  $t_{11}= 1,9$  мин.; масса дет. поз. 12 (2 шт.)  $m_{12}=72,7$   
кг; установка краном на площадку  $t_{12}= 3,2$  мин.; зачистка кромок  $t_{13}=75$  мин.;  
подготовка кромок  $t_{14}=94$  мин.; установка центратора и фиксация стыка  
 $t_{15}= 12$  мин.; установка индукционного подогревателя, термопоясов и подогрев  
 $t_5= 305$  мин.; снятие индукционного подогревателя и термопоясов  $t_6= 35$  мин;  
демонтаж центратора  $t_7= 12$  мин.

Найдем время на прихватку:

1.  $0,15 \times 294 = 44,1$  мин.,

2.  $t_{в.и} = 1,6 + 3,2 + 8 + 5,6 + 1,6 + 1,6 + 3,6 + 6,4 + 1,6 + 4,8 + 1,9 + 3,2 + 75 + 94 + 12 +$   
 $+ 305 + 12 + 44,1 = 585,2$  мин.

3.  $T_{н.ш-к} = (22,22 + 0,75) \times \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 29,2$  мин.

4.  $T_{ш} = 29,2 \times 22,211 + 585,2 = 1233$  мин.

### 3.9 Материальное нормирование

#### 3.9.1 Расход металла

Количество металла, идущего на изготовление изделия определяем по формуле [37]:

$$m_M = m \times k_o, \quad (3.6)$$

где  $m$  – вес одного изделия,  $m = 5868,8$  кг (масса взята из подзаголовка 2.1);

$k_o$  – коэффициент отходов,  $k_o = 1,0$  так как все комплектующие приходят в готовом виде (краны, тройники, отводы), а при резке труб потери минимальны;

$$m_M = 5868,8 \times 1,0 = 5868,8 \text{ кг.}$$

#### 3.9.2 Расход сварочной проволоки и электродов

Расчет расхода сварочной проволоки [15]:

$$M_{ЭП} = K_{р.п.} \times (1 + \psi_p) \times M_{НО}, \quad (3.7)$$

где  $K_{р.п.}$  – коэффициент расхода проволоки, учитывающий потери её при наладке сварочного аппарата,  $K_{р.п.} = 1,02 \dots 1,03$ ; принимаем для проволоки  $K_{р.п.} = 1,03$  [15];

$\psi_p$  – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки,  $\psi_p = 0,01 \dots 0,15$ , принимаем для проволоки *Ultra 70S-G*  $\psi_p = 0,03$ , принимаем для проволоки *NR-208 XP*  $\psi_p = 0,07$  [15];

$M_{н.о.}$  – масса наплавленного металла.

Масса наплавленного металла  $M_{н.о.}$  определяем по формуле:

$$M_{НО} = F_{НО} \times L_{ш} \times \rho, \quad (3.8)$$

где  $F_{НО}$  – площадь сечения наплавленного металла,  $\text{мм}^2$ ;

$L_{ш}$  – длина шва, м (длина взята из чертежа изделия);

$\rho$  – масса наплавленного металла,  $\rho = 7,85 \text{ г} \times \text{см}^3$ ;

$$M_{НО1} = 7 \times 22,211 \times 7,85 \times 10^{-3} = 1,22 \text{ кг;}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}_2} = 139,2 \times 22,211 \times 7,85 \times 10^{-3} = 25,66 \text{ кг.}$$

Для проволоки *Ultra 70S-G*:

$$M_{\text{ЭП}} = 1,03 \times (1 + 0,03) \times 1,22 = 1,295 \text{ кг.}$$

Для проволоки *NR-208 XP*:

$$M_{\text{ЭП}} = 1,03 \times (1 + 0,07) \times 25,66 = 28,286 \text{ кг.}$$

### 3.9.3 Расход защитного газа

Расчет защитного газа произведем по формуле [15]:

$$Q_{\text{з.г.}} = q_{\text{з.г.}} \times t_c, \quad (3.9)$$

где,  $q_{\text{з.г.}}$  – расход защитного газа,  $q_{\text{з.г.}} = 11$  л/мин (см. таблицу 3.8);

$t_c$  – время сварки,  $t_c = 52,2$  мин. (рассчитано в пункте 3.8 и программе *MathCad*);

$$Q_{\text{з.г.}} = 11 \times 52,2 = 573,7 \text{ л.}$$

### 3.9.4 Расход электроэнергии

Расход технологической электроэнергии производим по формуле [15]:

$$W_{\text{ТЭ}} = \sum \left( \frac{U_c \times I_c \times t_c}{\eta_u} \right) + P_x \times \left( \frac{t_c}{K_u} - t_c \right), \quad (3.10)$$

где  $U_c, I_c$  – электрические параметры режима сварки;

$t_c$  – основное время сварки шва;

$\eta_u$  – КПД источника сварочного тока,  $\eta_u = 0,80$  [21];

$P_x$  – мощность холостого хода источника,  $P_x = 0,4$  [15];

$\frac{t_c}{K_u}$  – общее время работы источника, зависящее от способа сварки и типа

производства ( $K_u$  можно выбрать по таблице 3.2.2 [15]).

Затраты на технологическую электроэнергию определим по формуле:

$$Z_{\text{мэ}} = W_{\text{тэ}} \times Ц_{\text{э.э.}}, \quad (3.10)$$

где  $W_{\text{тэ}}$  – расход технологической электроэнергии; Вт·ч;

$C_{\text{э.э.}}$  – цена 1 кВт·ч электроэнергии,  $C_{\text{э.э.}} = 5,63$  руб/кВт·ч;

$$W_{\text{ТЭ}} = \frac{20 \times 250 \times 0,869}{0,80} + \frac{22 \times 220 \times 9,93}{0,80} + 0,4 \times \left( \frac{10,8}{0,7} - 10,8 \right) = 65517 \text{ Вт} \cdot \text{ч},$$

$$Z_{\text{ТЭ}} = 65,517 \times 5,63 = 368,86 \text{ руб.}$$

## 4 Разработка сборочно-сварочных приспособлений

### 4.1 Выбор сборочно-сварочной оснастки

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса является комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства.

Специфическая особенность этого производства – резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно, сварочные операции по своей трудоемкости составляют всего 25-30% общего объема сборочно-сварочных работ, остальные 70-75% приходятся на сборочных, транспортных и различных вспомогательных работ, механизация и автоматизация которых осуществляется с помощью так называемого механического сварочного оборудования. Следовательно, если оценивать роль механического оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации сварочного производства, то их можно охарактеризовать цифрой 70-75% всего комплекса цехового оборудования [38].

При сборке-сварке кранового узла используются центраторы ЦЗН325 и ЦЗН630 [29]. Внешний вид центраторов ЦЗН325 и ЦЗН630 представлен на рисунке 4.1.

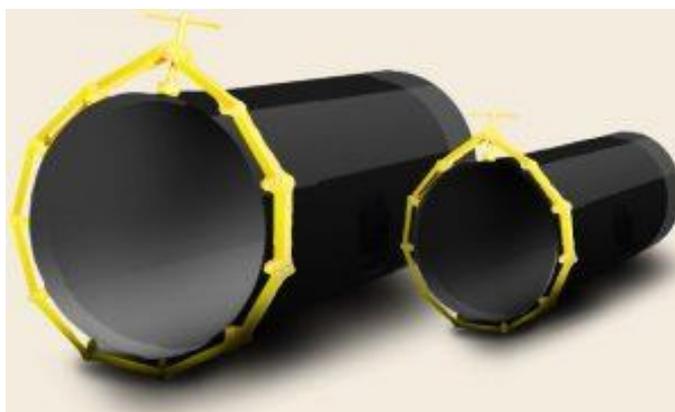


Рисунок 4.1 Центраторы звенные наружные ЦЗН325 и ЦЗН630

## **5 Проектирование участка сборки сварки**

### **5.1 Пространственное расположение производственного процесса**

Строительная полоса сооружения линейной части магистрального трубопровода представляет собой линейно-протяженную строительную площадку, в пределах которой передвижными механизированными производственными подразделениями – колоннами, бригадами, звеньями – выполняется весь комплекс строительства трубопровода, в том числе [39]:

- основные – строительные, строительско-монтажные и специальные строительные работы (СМР);
- вспомогательные – погрузка, транспортировка и разгрузка труб, изоляционных, сварочных и других материалов, оборудования, машин, механизмов, конструкций, изделий, деталей и др., обеспечивающих бесперебойное производство СМР;
- обслуживающие – контроль качества и безопасности производства СМР, обеспечение выполнения природоохранных мероприятий при выполнении основных и вспомогательных строительных процессов, техническое обслуживание и ремонт машин, механизмов, социально-бытовое обслуживание строителей, охрана материальных ценностей и т.п.

Подготовительные работы подразделяются на внетрассовые и внутритрассовые, относимые соответственно к мобилизационному и подготовительно-технологическому этапам подготовки строительного производства.

Во всех природно-климатических условиях строительства линейной части магистральных нефтепроводов при подготовке строительной полосы следует соблюдать четыре основных принципа [39]:

- первый – нанесение минимального ущерба окружающей природной среде (экологический принцип);
- второй – подготовка полос работы сварочно-монтажных бригад и

изоляция-укладочных колонн должна обеспечивать технически, технологически и организационно условия для разгрузки труб или трубных секций, их сварки в плети (сплошную нитку) различными методами, для выполнения изоляционно-укладочных работ (совмещенным или отдельным способом при трассовой изоляции и отдельным – при трубах с заводской или базовой изоляцией), а также для закрепления нефтепровода на проектных отметках путем его балластировки (железобетонными пригрузами, грунтом, грунтом с использованием нетканых синтетических материалов – НСМ и др.) или закрепления анкерными устройствами. Кроме того, указанные полосы должны обеспечивать аналогичные условия для выполнения работ по заварке захлестов и врезке линейной арматуры, устройству системы электрохимической защиты (ЭХЗ) нефтепровода, очистки полости трубопровода, а в дальнейшем обеспечивать эксплуатационное обслуживание линейной части магистрального нефтепровода;

- третий – планировка полосы разработки траншеи (с учетом диаметра и толщины стенки труб она должна соответствовать радиусу упругого изгиба нефтепровода в вертикальной плоскости за исключением участков врезки кривых вертикальных вставок, предусмотренных проектом) при геодезическом контроле на всем протяжении трассы;

- четвертый – полоса движения транспортных средств (вдоль трассовой проезды) должна быть спланирована с учетом возможности беспрепятственной транспортировки основных грузов – одиночных труб, длинномерных секций труб (до 36 м).

В свете этих основных принципов подготовка строительной полосы сооружения магистрального нефтепровода существенно усложняется в условиях болот и заболоченной местности (устройство дорог для прохода тяжелой строительной техники, закрепление нефтепровода на проектных отметках и др.), но еще более – в условиях вечномёрзлых грунтов. Это связано с сохранением растительного покрова на участках грунтов, неустойчивых при оттаивании, опасностью образования по трассе нефтепроводов, проложенных в едином

«коридоре», тундровых озер значительных размеров, что может исключить возможность эксплуатационного обслуживания нефтепроводов.

На участке сборки и сварки трубопровода находятся трубоукладчик, выпрямитель для дуговой сварки ВД-320КС УЗс подающим механизмом ПДГО-511. Планировка участка представлена на чертеже ФЮРА.000001.182.00.000 СБ.

## 5.2 Расчёт основных элементов производства

Необходимое число оборудования рассчитаем по формуле [35]:

$$n_p = \frac{T_r}{\Phi_d}, \quad (5.1)$$

где,  $T_r$  – время необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.;

$\Phi_d$  – действительный фонд рабочего времени, ч.;

$$T_r = N \times T, \quad (5.2)$$

где,  $N$  – годовая программа выпуска продукции,  $N = 500$  шт.;

$T$  – длительность одной операции, мин.

Найдем время необходимое для выполнения годовой программы продукции.

$$T_r = 500 \times \frac{1233,2}{60} = 10277 \text{ ч.},$$

$\Phi_H$  – номинальный фонд рабочего времени при двухсменной работе равен 3960 часов, найдем действительный отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_d = \Phi_H - 5\% = 3960 - 5\% = 3762 \text{ ч.},$$

$$n_p = \frac{10277}{3762} = 2,73,$$

округляем  $n_p$  в большую сторону и принимаем  $n_p = 3$ .

На основе проведенного расчета для выполнения годовой программы монтаж кранового узла выполняется с применением трех комплектов сварочного оборудования.

Найдем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p} = \frac{2,73}{3} = 0,91.$$

### 5.2.2 Определение состава и численности рабочих

Определим общее время необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.

$$\Sigma T_r = 10277 \text{ ч},$$

$\Phi_H$  – номинальный фонд рабочего времени равен 1976 часов, найдем действительный, отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_D = \Phi_H - 12\% = 1976 - 12\% = 1734 \text{ ч.},$$

Определим количество рабочих явочных [33]:

$$P_{\text{яв}} = \frac{T_R}{\Phi_H} = \frac{10277}{1976} = 5,2. \quad (5.3)$$

Примем число сварщиков равным  $P_{\text{яв}} = 6$ . Три человека работают в первую смену и три во вторую.

Определим количество рабочих списочных [35]:

$$P_{\text{сп}} = \frac{T_R}{\Phi_D} = \frac{10277}{1739} = 5,91. \quad (5.4)$$

Примем число сварщиков равным  $P_{\text{сп}} = 6$ .

Вспомогательных рабочих (25% от количества основных рабочих) – 2;

ИТР (8% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;

Счетно-контторская служба (3% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;

МОП (2% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;

Контроль качества продукции (1% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1.

## **6 Финансовый менеджмент**

### **6.1 Финансирование проекта и маркетинг**

Маркетинг – это организационная функция и совокупность процессов создания, продвижения и предоставления ценностей покупателям и управления взаимоотношениями с ними с выгодой для организации. В широком смысле задачи маркетинга состоят в определении и удовлетворении человеческих и общественных потребностей.

### **6.2 Экономический анализ техпроцесса**

Разработка технологического процесса изготовления кранового узла допускает различные варианты решения.

Сварочная техника позволяет изготавливать одни и те же конструкции различными способами. После выбора способов сварки по качественным критериям часто возникает ситуация, при которой несколько вариантов удовлетворяет факторам выбора. Для окончательного принятия решения и выбора единственного варианта технологии в этом случае требуется сравнительная экономическая оценка. Наиболее оптимальной и эффективной будет технология с минимальными затратами и, как правило, с максимальной производительностью.

В разработанном технологическом процессе изготовления кранового узла в качестве способа сварки предложена механизированная сварка, корневой шов выполняется сплошной проволокой *Ultra 70S-G* (1,2 мм) классификация *ER70S-G* по *AWS A5*, а заполняющие швы выполняются порошковой проволокой *NR-208XP* (2,0 мм) классификация *E81T8-G* по *AWS A5.29* ПС 49-А6У по ГОСТ 26271-84. Для механизированной сварки принято следующее оборудование: механизм подачи проволоки ПМ-4.33, сварочный тиристорный выпрямитель

ДС400.33УКП.

Проведем технико-экономический анализ разработанного технологического процесса изготовления кранового узла.

Показатель приведенных затрат является обобщенным показателем. Расчет приведенных затрат  $Z_n$ , руб/изд. производят по формуле [35]:

$$C_{прив} = C_{год} + E_n \times K, \quad (6.1)$$

где  $C_{год}$  – себестоимость годового объема продукции, руб/изд x год;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, руб/год;

$K$  – суммарные капитальные вложения в производственные фонды, руб.

### 6.2.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды

При расчете приведенных затрат капитальные вложения определяют, как сумму следующих расходов [35]:

$$K = K_o + K_n + K_{зд}, \quad (6.2)$$

где  $K_o$  – капитальные вложения в сварочное (сборочно-сварочное, наплавочное) оборудование, руб.;

$K_n$  – капитальные вложения в сборочно-сварочные приспособления и другую оснастку, руб.;

$K_{зд}$  – капитальные вложения в здания, руб.

#### 6.2.1.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капитальные вложения в оборудование определяем по формуле [35]:

$$K_{co} = \sum_{i=1}^n \Pi_{oi} \times O_i \times \mu_{oi}, \quad (6.3)$$

где  $\Pi_{oi}$  – оптовая цена единицы оборудования  $i$ -го типоразмера с учетом

транспортно-заготовительных расходов, руб.;

$O_i$  – количество оборудования  $i$ -го типоразмера, ед. (см. пункт 5.2);

$\mu_{oi}$  – коэффициент загрузки оборудования  $i$ -го типоразмера (см. пункт 5.2).

Цены на оборудование берутся за 01.01.2022 (смотри таблицу 6.1).

Таблица 6.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [40,24]

Наименование оборудования		Цо, руб
ДС400.33УКП	3 шт.	236010,5
ПМ-4.33	3 шт.	219700

$$K_{CO}=236010,5 \times 3 \times 0,911 = 644717 \text{ руб.}$$

$$K_{CO}=219700 \times 3 \times 0,911 = 600161 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в сварочное оборудование приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования		$K_{CO}$ , руб.
ДС400.33УКП	3 шт.	644717
ПМ-4.33	3 шт.	600161
Итого		1244878

Капитальные вложения в приспособления найдем по формуле [35]:

$$K_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^m K_{\text{пр}j} \times \Pi_j \times \mu_{\text{пр}j}, \quad (6.4)$$

где  $K_{\text{пр}j}$  – оптовая цена единицы приспособления  $j$ -го типоразмера, руб. [41,42];

$\Pi_j$  – количество приспособлений  $j$ -го типоразмера, ед. (см. пункт 5.2);

$\mu_{\text{пр}j}$  – коэффициент загрузки  $j$ -го приспособления (см. пункт 5.2).

$$K_{\text{пр}1}=25000 \times 1 \times 0,933=7140 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{пр}2}=503940 \times 1 \times 0,933=143917 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в приспособления приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Капитальные вложения в приспособления [41,42]

Наименование оборудования	Ц <sub>пр.</sub> руб	С <sub>п.</sub> шт	К <sub>пр.</sub> руб.
Центратор ЦЗН-325	8200	2	14933
Центратор ЦЗН-630	14021	1	12767
ИТОГО			27701

### 6.2.2 Расчет себестоимости единицы продукции

В техническую себестоимость сварочных работ включаются следующие статьи затрат:

- затраты на металл;
- затраты на сварочные материалы;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на оплату труда;
- расходы на эксплуатацию и содержание оборудования.

Определим себестоимость годового объема производства продукции по формуле [35]:

$$C_{\text{год}} = N_{\text{г}} \times (C_{\text{М}} + C_{\text{В}} + C_{\text{З}} + C_{\text{Э}} + C_{\text{а}} + C_{\text{и}} + C_{\text{п}}), \text{ руб./год.} \quad (6.5)$$

где  $C_{\text{М}}$  – затраты на основные материалы, руб;

$C_{\text{В}}$  – затраты на вспомогательные материалы, руб;

$C_{\text{З}}$  – затраты на заработную плату, руб;

$C_{\text{Э}}$  – затраты на электроэнергию, руб;

$C_{\text{а}}$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_{\text{и}}$  – затраты на амортизацию приспособлений, руб.;

$C_{\text{п}}$  – затраты на содержание помещения, руб.

### 6.2.2.1 Определение затрат на основные материалы

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия определяем по формуле [43]:

$$C_M = N_M \times k_{т.з.} \times C_M - N_0 \times C_0 \text{ руб./изд.}, \quad (6.6)$$

где  $N_M$  – норма расхода материала на одно изделие, кг (см. пункт 3.9);

$k_{т.з.}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов  $k_{т.з.}=1,04$  [43].

$C_M$  – средняя оптовая цена стали 10Г2ФБЮ, на 01.01.2022, руб./кг:

- для стали 10Г2ФБЮ  $C_M=70,163$  руб./кг [44], при  $m_M=5868,8$  кг;

Коэффициент потерь материала на отходы составляет 1,0 так как все комплектующие приходят в готовом виде (краны, тройники, отводы), а при резке труб потери минимальны.

$N_0$  – норма возвратных отходов;

$$N_0 = N_M \times 0,0 = 5868,8 \times 0,0 = 0, \text{ кг/ изд.},$$

$C_0$  – цена возвратных отходов,  $C_0 = 20$  руб/кг (цену узнал в пункте сдачи металлолома т. 89505702559).

$$C_M = 1,04 \times 5868,8 \times 70,163 - 0 \times 20 = 428243,52 \text{ руб/изд.}$$

Затраты на электродную проволоку определяем по формуле [35]:

$$C_{п.с.} = \sum_{d=1}^h G_d \times k_{nd} \times \psi_p \times C_{п.с.}, \text{ руб/изд.}, \quad (6.7)$$

где  $G_d$  – масса наплавленного металла электродной проволоки и электродов, кг:  
 $G_d = 1,22$  кг – для проволоки *Ultra 70S-G* для сварки корня;  $G_d = 25,66$  кг – для проволоки *NR-208 XP* для сварки заполняющих и облицовочного швов (см. пункт 3.9);

$k_{nd}$  – коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки [15],  $k_{п.с.} = 1,03$ ;

$\psi_p$  – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки [15],  $\psi_p = 1,01 \dots 1,15$ , принимаем для проволоки *Ultra 70S-G*  $\psi_p = 1,03$ , принимаем для проволоки *NR-208 XP*  $\psi_p = 1,07$  [15];

$C_{п.с} = 134,4$  – стоимость сварочной проволоки *Ultra 70S-G*, руб/кг на 01.01.2022 [45];

$C_{п.с} = 900$  – стоимость сварочной проволоки *NR-208 XP*, руб/кг на 01.01.2022 [46].

$$C_{п.с.} = 1,22 \times 134,4 \times 1,03 \times 1,03 + 25,66 \times 900 \times 1,03 \times 1,07 = 25625,85 \text{ руб.}$$

### 6.2.2.2 Определение затрат на вспомогательные материалы

Затраты на защитную смесь газов определяем по формуле [35]:

$$C_{газ} = g_{шкi} \times C_{газ} \times t_c, \text{ руб./изд.}, \quad (6.8)$$

где  $g_{шкi}$  – расход смеси,  $g_{з.г.} = 11$  л/мин (см. таблицу 3.8).

$C_{г.з.}$  – стоимость газа С1, л.,  $C_{г.з.} = 0,052$  руб./л. [47];

$t_c$  – время сварки в смеси газов, мин.,  $t_c = 52,2$  мин (см. пункт 3.7).

$$C_{газ} = 11 \times 0,052 \times 52,2 = 29,83 \text{ руб./изд.}$$

### 6.2.2.3 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле [35]:

$$C_z = (C_{чi} \times T_o \times K_{доп} \times K_{сс} \times K_{рай.}) / 60, \quad (6.9)$$

где  $C_{чi}$  – часовая тарифная ставка на 01.01.2022, руб/ч.,  $C_{чi} = 110,47$  руб.;

$T_o$  – время на изготовление одного изделия, мин. (см. пункт 3.7);

$K_{доп}$  – коэффициент, учитывающий доплаты и премии к тарифной заработной плате,  $K_{доп} = 1,2$  [35];

$K_{сс}$  – страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая – 1,3 [35].

$K_{рай.}$  – районный коэффициент,  $K_{рай.} = 1,3$  [35];

$$C_3 = (110,47 \times 1233,21 \times 1,2 \times 1,3 \times 1,3) / 60 = 4604,68 \text{ руб/изд.}$$

#### 6.2.2.4 Определение затрат на силовую электроэнергию

Расход технологической электроэнергии производим по формуле [15]:

$$W_{ТЭ} = \sum \left( \frac{U_c \times I_c \times t_c}{\eta_U} \right) + P_x \times \left( \frac{t_c}{K_U} - t_c \right), \quad (3.10)$$

где  $U_c, I_c$  – электрические параметры режима сварки;

$t_c$  – основное время сварки шва (см. пункт 3.7);

$\eta_U$  – КПД источника сварочного тока,  $\eta_U = 0,80$  [21];

$P_x$  – мощность холостого хода источника,  $P_x = 0,4$  [15];

$\frac{t_c}{K_U}$  – общее время работы источника, зависящее от способа сварки и типа

производства ( $K_U$  можно выбрать по таблице 3.2.2 [15]).

Затраты на технологическую электроэнергию определим по формуле:

$$Z_{мэ} = W_{мэ} \times Ц_{э.э.}, \quad (3.10)$$

где  $W_{ТЭ}$  – расход технологической электроэнергии; Вт·ч;

$Ц_{э.э.}$  – цена 1 кВт·ч электроэнергии,  $Ц_{э.э.} = 5,63$  руб/кВт·ч [48];

$$W_{ТЭ} = \frac{20 \times 250 \times 0,869}{0,80} + \frac{22 \times 220 \times 9,93}{0,80} + 0,4 \times \left( \frac{10,8}{0,7} - 10,8 \right) = 65517 \text{ Вт} \cdot \text{ч},$$

$$Z_{ТЭ} = 65,517 \times 5,63 = 368,86 \text{ руб.}$$

#### 6.2.2.5 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Затраты на амортизацию и ремонт оборудования при заданном объеме производства определяются по формуле [35]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n \frac{Ц_{oi} \times O_i \times \mu_{oi} \times a_i \times r_i}{N_{\Gamma}}, \quad \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (6.10)$$

где  $a_i$  – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования  $i$ -го типоразмера,  $a_i = 0,15\%$  [35],

$r_i$  – коэффициент затрат на ремонт оборудования,  $r_i = 1,15 \dots 1,20$  [35],

$$C_{з1} = \frac{236010,5 \times 3 \times 0,911 \times 0,15\% \times 1,15}{500} = 1485,07 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

$$C_{з2} = \frac{219700 \times 3 \times 0,911 \times 0,15\% \times 1,15}{500} = 1382,44 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

Амортизация оборудования представлена в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Амортизация оборудования

Наименование оборудования		С <sub>з</sub> , руб/изд.
ДС400.3ЗУКП	3 шт.	1485,07
ПМ-4.33	3 шт.	1382,44
ИТОГО		2867,52

### 6.2.2.6 Затраты на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений определяются по формуле [35]:

$$C_u = \sum_{j=q}^m \frac{K_{прj} \times \Pi_j \times \mu_{nj} \times a_j}{N_{\Gamma}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (6.11)$$

где  $a_j$  – норма амортизационных отчислений для оснастки  $j$ -го типоразмера,  $a_j = 0,15$  [35];

$$C_{u1} = \frac{8200 \times 2 \times 0,911 \times 0,15}{500} = 4,48 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

$$C_{u1} = \frac{14021 \times 1 \times 0,911 \times 0,15}{500} = 3,83 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Затраты на амортизацию приспособлений [41,42]

Наименование оборудования	Ц <sub>пр</sub> , руб	П <sub>г</sub> , шт.	С <sub>и</sub> , руб/изд.
Центратор ЦЗН-325	8200	2	4,48
Центратор ЦЗН-630	14021	1	3,83
ИТОГО			8,31

Результаты расчетов по определению технологической себестоимости сводятся в таблицу 6.6.

Таблица 6.6 – Технологическая себестоимость

№ п/п	Затраты	Сумма, руб.
1	Затраты на основной металл	428243,52
2	Затраты на сварочные материалы	
2.1	Затраты на электроды	-
2.2	Затраты на сварочную проволоку	25625,85
2.3	Затраты на защитный газ	29,83
3	Заработная плата	4604,68
4	Затраты на электроэнергию	368,86
5	Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	2867,52
6	Затраты на амортизацию приспособлений	8,31
ИТОГО технологическая себестоимость:		460263,83

### 6.3 Расчет технико-экономической эффективности

Определим себестоимость продукции:

$$C_{\text{год}} = 500 \times (428243,52 + 25625,85 + 29,83 + 4604,68 + 368,86 + 2867,52 + 8,31) = 230874283,7 \text{ руб/изд. х год.}$$

Определим капитальные вложения:

$$K = 1244878 + 27701 = 1272579 \text{ руб.}$$

Определим количество приведенных затрат:

$$C_{\text{прив}} = 230874283,7 + 0,15 \times 1272579 = 231065170,58 \text{ руб/изд. х год.}$$

### 6.4 Основные технико-экономические показатели участка

Основные технико-экономические показатели участка представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Основные технико-экономические показатели участка

№п/п	Параметр	Значение
1	Годовая производственная программа, шт.	500
2	Трудоёмкость изготовления одного изделия, час	20,55
3	Количество оборудования, шт.	3
4	Количество производственных рабочих, чел	6
5	Норма расхода материала, кг	5867,8
6	Количество приведенных затрат, руб/изд. х год.	231065170,58
7	Себестоимость одного изделия, руб.	460263,83

Вывод. В ходе исследования финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения были определены цены на оборудование, приспособления, основные и вспомогательные материалы;

рассчитаны капитальные вложения в сварочное оборудование, приспособления, так же затраты на основной металл, сварочную проволоку, защитный газ, зарплату рабочим, расходы на электроэнергию, амортизацию и ремонт оборудования и приспособлений, в ходе чего мы получили следующие цифры:

- капитальные вложения 1272579 руб;
- себестоимость продукции 230874283,7 руб.

В результате проведенных расчетов было определено количество приведенных затрат 231065170.58 руб/изд. × год.

## **7 Социальная ответственность**

### **7.1 Описание рабочего места**

В данной выпускной квалификационной работе производится сборка и сварка кранового узла. По предлагаемому технологическому процессу производится механизированная сварка сплошной и порошковой проволокой. В качестве сварочного оборудования используется механизм подачи проволоки ПМ-4.33, сварочный аппарат ДС400.33УКП. В качестве контролирующих методов используются: визуально-измерительный; метод неразрушающего радиографического контроля с помощью рентгеновский аппарат Моноскан-3.

### **7.2. Законодательные и нормативные документы**

Формализация всех производственных процессов и их подробное описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, заболеваний, связанных с профдеятельностью человека, травм на производстве.

Именно инструкции считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении должностных обязанностей служащими и рабочими. Такие документы разрабатываются на базе:

- положений «Стандартов безопасности труда»;
- законов о труде РФ;
- технологической документации;
- норм и правил отраслевой производственной санитарии и

безопасности труда;

- типовых инструкций по ОТ;
- пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);
- рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Из подзаконных актов отметим постановления Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К нормативным документам относятся:

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.

2. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.

3. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.
4. ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.
5. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.
6. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.
7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.
8. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
9. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.
10. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

### **7.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды**

Производственные условия характеризуются, как правило, наличием опасных и вредных факторов. Произведем анализ факторов применимо к данному проекту.

#### **1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.**

При дуговой сварке вне помещения, т.е. в нестационарных условиях и последующем рентгенографическом контроле могут быть выявлены следующие опасные и вредные факторы [49]:

- запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- ультрафиолетовое и инфракрасное излучение;

- психофизиологические нагрузки на рабочего;
- пожароопасность;
- опасность поражения электрическим током.

При изготовлении кранового узла с применением дуговой сварки производится выделение в окружающую среду пыли (до 180 мг/м<sup>3</sup>) с содержанием марганца до 13,7%, а также CO<sub>2</sub> до 0,5-0,6%, CO – до 160 мг/м<sup>3</sup>, окислов азота до 8 мг/м<sup>3</sup>, озона – до 0,35 мг/м<sup>3</sup>. содержание аэрозолей и пыли в воздухе рабочей зоны не превышает предельно-допустимой концентрации, так как работы производятся на открытом воздухе и не требуют применения вентиляции. Озон и окислы азота, образующиеся в результате радиолиза воздуха вне помещения опасности, не представляют, так как рассеиваются в большом объеме окружающего воздуха.

## 2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- механизм подачи проволоки ПМ-4.33;
- сварочный аппарат ДС400.33УКП;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток (m = 2 кг) ГОСТ 2310-77, шабер, углошлифовальная машина УШМ-125/800 ГОСТ 12.2.013.3-2002, молоток рубильный МР – 22.

Шумом принято называть любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека, и представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. Характеристикой шума является уровень звукового давления. Источниками шума на участке служит источник тока и треск при проведении сварочных работ [50].

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Допустимый уровень звукового давления (дБ) и уровень звука (дБА) должны

быть следующими: уровень звукового давления 99-85 дБ при среднегеометрической частоте октавных полос 63-8000 Гц, уровень звука – 85 дБА. На проектируемом участке уровень шума ниже предельно-допустимого и защиты от шума не требуется.

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники.

### 3. Статическая нагрузка на руку.

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести с энергозатратами 172÷293 Дж/с (150÷250 ккал/ч) [51].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т. п. Предлагается использовать сборочно-сварочное приспособление.

### 4. Вибрация.

Вибрация представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое (синусоидальное) колебание.

По способу передачи принято различать вибрацию локальную, передаваемую через руки (при работе с ручными машинами, органами управления), и общую передаваемую через опорные поверхности или стоящего человека.

Местная вибрация.

По источнику возникновения локальные вибрации подразделяются на передающиеся от:

- ручных машин с двигателями (или ручного механизированного инструмента), органов ручного управления машинами и оборудованием;
- ручных инструментов без двигателей (например, рихтовочные

молотки разных моделей) и обрабатываемых деталей.

Неблагоприятное влияние вибрации на организм человека характеризуется локальным действием на ткани и заложенные в них многочисленные экстеро- и интерорецепторы (прямой микротравмирующий эффект) и опосредованно через центральную нервную систему на различные системы и органы. Важную роль играют вторичные расстройства в результате нарушения трофики, вызванного сосудистой дисфункцией.

Клиническая симптоматика вибрационной болезни, обусловленная локальной или общей вибрацией, складывается из нейрососудистых нарушений, поражений нервно-мышечной системы, опорно-двигательного аппарата, изменений обмена веществ и др.

Вибрацию создают углошлифовальные машинки.

В качестве средств индивидуальной защиты, работающих используют для защиты рук рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготавливают из упругодемпфирующих материалов.

Важным для снижения опасного воздействия вибрации на организм человека является правильная организация режима труда и отдыха, постоянное медицинское наблюдение за состоянием здоровья, лечебно-профилактические мероприятия, такие как гидропроцедуры (теплые ванночки для рук), массаж рук, витаминизация и др.

### **7.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке**

Освещение, обеспечивающее нормальные зрительные условия работы, является важным фактором в организации производственного процесса.

Требуемый уровень освещения определяется степенью точности сборочных работ.

Освещение сварочного участка осуществляется четырьмя прожекторами на столбах.

## 7.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

1. Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Под действием ультрафиолетового и инфракрасного излучения, в организме человека происходят биохимические сдвиги и нарушение работы сердечно-сосудистой и нервной систем. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги [52].

Рентгеновский аппарат Моноскан-3 может представлять опасность как источники рентгеновского излучения. При проведении рентгенографического контроля персонал может подвергаться воздействию прямого и рассеянного излучения.

2. Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда по ГОСТ 12.4.250-2013 – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключая попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Щиток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск [52].

Другим опасным фактором является ионизирующее излучение. При эксплуатации рентгеновских аппаратов следует руководствоваться «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99), «Нормами радиационной безопасности» (НРБ-99), «Санитарными

правилами и нормативами» (СанПиН 2.6.1.1015-01), а также инструкциями по эксплуатации аппаратов.

В соответствии с НРБ-99 установлены следующие категории облучаемых лиц:

- персонал, то есть работающие с источниками радиоактивного облучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);
- население.

Для этих категорий установлены следующие дозовые пределы, превышение которых рассматривается как повышенное или аварийное облучение (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Пределы облучения

Категория	Дозовый предел эффективной дозы, мЗв/год	Проектная мощность дозы, мР/смену
Группа А	20, но не более 50	8
Группа Б	5, но не более 12,5	2
население	1, но не более 5	0,03 мР/ч

Снижение уровня дозовой нагрузки до указанных предельных значений осуществляют следующим образом:

- применение барьерной защиты из поглощающих материалов (свинцовые экраны);
- защита расстоянием, т.е. удалением от аппарата на безопасное расстояние (20 м для персонала группы контроля);
- защита временем, т.е. ограничением времени работы аппарата (время работы ограничено только тепловыми режимами аппарата и составляет 50% общего рабочего времени).

Практически возможна комбинированная защита всеми тремя способами или их попарными сочетаниями. Применяемые методы защиты определяются

условиями, в которых проводится рентгенографический контроль.

При просвечивании в полевых условиях защита осуществляется расстоянием, а при необходимости и ограничением времени наработки в смену. При этом персонал должен находиться в наиболее безопасной зоне вне прямого пучка. Для импульсных рентгеновских аппаратов такой зоной является конус с углом при вершине  $150^{\circ}$ , ось которого совпадает с продольной осью аппарата, направление противоположно пучку излучения, а вершина находится в фокусе рентгеновской трубки. Безопасное расстояние в этой зоне составляет 20 м для персонала группы А и 100 м для персонала группы Б. Мощность экспозиционной дозы при этом для первых не превышает 1,5 мкР/с, а для вторых – 0,15 мкР/с. В этом случае время работы ограничено только тепловыми режимами аппарата и составляет 50% общего рабочего времени. Если необходимое для контроля время еще меньше, то и безопасная зона может быть уменьшена. При необходимости нахождения оператора на меньшем расстоянии, чем указано выше и 50% сменной наработке, следует использовать дополнительные ширмы и свинцовые экраны. Граница радиационно-опасной зоны должна обозначаться знаками радиационной безопасности и предупреждающими плакатами с расстоянием видимости не менее 3 м.

Рабочий пучок излучения следует ограничивать тубусами, коллиматорами и т.д. За изделием рекомендуется ставить свинцовый экран.

Во время работы аппаратуры оператор не должен оставлять без присмотра пульт управления.

До начала работ должны быть разработаны, согласованы и утверждены инструкции по радиационной безопасности, определены перечни лиц, которые будут работать в сфере действия рентгеновского излучения, обеспечены их обучение и инструктаж, назначены приказами лица, отвечающие за радиационную безопасность, контроль, учет и хранение аппаратов. Должна проводиться периодическая проверка знаний по технике безопасности, а также контроль за соблюдением правил и норм радиационной безопасности и за дозами облучения персонала.

### 3. Электрический ток.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380 В.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003-81. В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения [52].

### 4. Электробезопасность.

Для защиты от поражения электрическим током в полевых условиях применяют защитное заземление. Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрического и технологического оборудования, которое может оказаться под напряжением. Защитное заземление обеспечивает снижение напряжение между оборудованием и землей до безопасной величины.

В полевых условиях для заземления применяют естественные заземлители: металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей, обсадные трубы, металлические шпунты гидротехнических сооружений и т.д. Естественные заземлители необходимо связывать с заземляющей сетью не менее, чем двумя проводниками, присоединенных к заземлителям в разных местах.

Сопротивление заземляющего устройства для установок мощностью до 100 кВт должна быть  $R_3$  менее 4 Ом.

Применяем для заземления вертикально забитые трубы длиной 2 м и диаметром 50 мм.

Сопротивление одиночного заземления, вертикально устанавливаемого в землю определяется по формуле [53]:

$$R_{TP} = \frac{\rho}{2 \times \pi \times l_T} \times \ln \frac{2 \times l_T}{d}, \quad (7.1)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление грунта, Ом см;  $\rho = 1 \times 10^5$  Ом см;

$l_T$  – длина трубы, мм;  $l_T = 2000$  мм;

$d$  – наружный диаметр трубы, см;  $d = 5$  см.

$$R_{TP} = \frac{1 \times 10^5}{2 \times 3,14 \times 200} \times \ln \frac{2 \times 200}{5} = 13 \text{ Ом.}$$

Определяем требуемое число заземлителей по формуле:

$$n = \frac{R_{TP}}{R_3 \times \eta_3}, \quad (7.2)$$

где  $R_3$  – требуемое сопротивление осуществляемого заземления, Ом,  $R_3 = 5$  Ом;

$\eta_3$  – коэффициент экранирования,  $\eta_3 = 0,8$ .

$$n = \frac{13}{5 \times 0,8} = 3,25 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n = 4$  шт.

Сопротивление металлической полосы, применяемой для соединения трубчатых заземлителей определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \times h \times l} \times \ln \frac{2 \times l_{II}^2}{b/n}, \quad (7.3)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом см;

$l_{II}$  – длина полосы, см;

$b$  – ширина полосы, см;

$h$  – глубина заложения полосы, см.

Длину полосы находим по формуле [53]:

$$l_n = 1,05 \times a \times (n-1), \quad (7.4)$$

где  $a$  – расстояние между заземлениями, см;

$$a = 2 \times l_{mp} = 2 \times 2 = 4 \text{ см,} \quad (7.5)$$

$$l_n = 1,05 \times 4 \cdot (4-1) = 13 \text{ м.}$$

$$R_{II} = \frac{1 \times 10^4}{2 \times 3,14 \times 4200} \times \ln \frac{2 \times 1300}{80/4} = 18,4 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление всей системы, с учетом соединительной полосы и коэффициентов использования определяется по формуле:

$$R_C = \frac{R_{TP} \times R_{II}}{R_{TP} \times h_{II} + R_{II} \times \eta_3 \times n}, \quad (7.6)$$

где  $R_{TP}$  – сопротивление заземления одной трубы, Ом;

$n$  – число труб заземлений, шт;

$\eta_{\text{э}}$  – коэффициент использования труб контура,  $\eta_{\text{э}} = 0,8$ ;

$h_{\text{п}}$  – коэффициент использования соединительной полосы,  $h_{\text{п}} = 0,7$ .

$$R_c = \frac{13 \times 18,4}{13 \times 0,7 + 18,4 \times 0,8 \times 4} = 3,5 \text{ Ом.}$$

В результате проведённых расчётов получаем, что система заземления состоит из четырёх труб, вертикально вбитых в землю диаметром 50 мм и длиной 2 метра. Сопротивление одиночного заземлителя равно 13 Ом. Соединены между собой отдельно вбитые элементы заземления металлической полосой.

## **7.5 Охрана окружающей среды**

В процессе сварки выделяются вредные и токсичные вещества, а также их оксиды их соединения. Так как сварка магистральных трубопроводов производится в полевых условиях, то вредные факторы воздействия на окружающую среду по сравнению с производством работ в цехе незначительны. Но при применении кабины в механизированной сварке есть возможность установки фильтра очистки во избежание вредных выбросов в атмосферу.

При сварке вблизи леса необходимо наличие рядом со сварщиком не менее 2 огнетушителей и ящика с песком чтобы не допустить возгорание лесного массива.

## **7.6 Защита в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

В настоящее время существует два основных направления ликвидации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах.

Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях ЧС.

Основные принципы защиты населения при ЧС времени:

- обучение всех групп населения правилам поведения и основным способам защиты от ЧС, приёмам оказания первой медицинской помощи пострадавшим, правилам пользования средствами коллективной и индивидуальной защиты;

- обучение руководителей всех уровней управления действиям по защите населения от ЧС;

- выработка у руководителей и специалистов в области защиты от ЧС навыков по подготовке и управлению силами и средствами, входящими в единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС;

- практическое усвоение работниками в составе сил РСЧС своих обязанностей при действиях в ЧС.

Защита населения в ЧС представляет собой комплекс мероприятий, проводимых с целью не допустить поражения людей или максимально снизить степень воздействия поражающих факторов.

Обязательным является комплексность проведения защитных мероприятий, использования одновременно различных способов защиты. Это связано со значительным разнообразием опасных и вредных факторов и повышает эффективность имеющихся в настоящее время способов защиты.

К основным способам защиты населения в ЧС относятся:

- укрытие населения в защитных сооружениях (средства коллективной защиты);

- использование средств индивидуальной защиты и медицинской

защиты;

- рассредоточение и эвакуация населения из опасных зон.

Рабочие места обеспечиваются следующими средствами тушения пожара:

- огнетушитель химический пенный ручной ОХП-10, предназначенный для тушения пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;

- огнетушитель (1 шт.) (находящийся на рабочем месте) углекислотный ОУ-5 для тушения небольших поверхностей горючих жидкостей, электрооборудования и установок, находящихся под напряжением.

## **7.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Для обеспечения условий, способствующих максимальной производительности труда, необходимо физиологическое обоснование требований к устройству оборудования, рабочего места, длительности периодов труда и отдыха и ряда других факторов, влияющих на работоспособность

При организации труда необходимо учитывать психологические особенности отдельных рабочих. Разрабатывать и внедрять мероприятия по созданию благоприятного психологического микроклимата в коллективе, высокой заинтересованности в труде и его результатах, так как при работе на участке рабочие испытывают нервно-психологические перегрузки, умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда и т.д.

Основным средством повышения производительности труда и снижения утомления является ритм труда и рациональный режим труда и отдыха. Ритмичный труд позволяет рационально расходовать, нервную и мышечную энергию, поддерживать работоспособность. При правильном чередовании труда и отдыха работоспособность также повышается.

Важнейшим психофизиологическим средством повышения производительности является создание благоприятных отношений в коллективе, в чем велика роль руководителя. Устранение отрицательных эмоций предупреждает не только развитие утомления, но и появление нервных и сердечно-сосудистых заболеваний.

С целью ограничения вредного влияния психофизиологических факторов производственной опасности можно рекомендовать проведение следующих мероприятий:

- установление рационального режима труда и отдыха;
- организация отдыха в процессе работы;
- соблюдение предельно допустимых норм деятельности;
- установление переменной нагрузки в соответствии с динамикой работоспособности;
- чередование различных рабочих операций или форм деятельности в течение рабочего дня;
- рациональное распределение функций между человеком и техническими устройствами;
- соответствие психофизиологических качеств человека характеру и сложности выполняемых работ; это соответствие достигается путем профессионального отбора, обучения и тренировок технологов-сварщиков.

## **Заключение**

В настоящей выпускной квалификационной работе в целях интенсификации производства, повышения качества изготавливаемой продукции, снижения себестоимости ее изготовления разработан механизированный участок сборки сварки кранового узла.

Для сборки-сварки кранового узла применены звенные наружные центраторы, рассчитаны режимы сварки, разработан технологический процесс.

Кроме того, в данной работе приведено обоснование выбора способа сварки, сварочных материалов и оборудования.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитана экономическая составляющая предлагаемого технологического процесса.

Годовая производственная программа составляет 500 изделий.

Средний коэффициент загрузки оборудования – 91,07 %.

Количество приведенных затрат – 231065170,58 руб./изд.·год.

## Библиография

1. Постановление Госгортехнадзора РФ от 26 августа 2002 г. N 53: "О состоянии и мерах по снижению аварийности и травматизма на объектах магистральных газопроводов ОАО "Газпром".
2. Как используют крановый узел на магистральном газопроводе *URL*: <https://sila-sibiri-rabota.ru/kranovyj-uzel/> (дата обращения: 05.05.2022)
3. Запорная арматура магистрального газопровода *URL*: <https://vmestemasterim.ru/zapornaja-armatura-magistralnogo-gazoprovoda.html> (дата обращения: 05.05.2022)
4. Полосков С.И., Ерофеев В.А., Масленников А.В. Методика квалитетической оценки процессов автоматической орбитальной сварки // Сварочное производство. 2005. № 12. С. 14 – 24.
5. Шипилов А.В., Будревич Д.Г., Полосков С.И. Автоматическая орбитальная сварка неплавящимся электродом с присадочной проволокой трубопроводов малого диаметра для компрессорных станций // Сб. тр. V Межд. науч.-техн. конф. «Современные проблемы машиностроения». Томск: ТПУ, 2010. С. 410 – 415.
6. Шипилов А.В. Особенности автоматической орбитальной сварки неплавящимся электродом трубопроводов обвязки компрессорных станций // Сварка и Диагностика. 2010. № 5. С. 42-47.
7. Шипилов А.В., Куркин А.С., Полосков С.И. Влияние формы и размеров сварных соединений на долговечность трубопроводов компрессорных станций // Сварка и диагностика. 2010. № 6. С. 47-51.
8. ГОСТ Р 59604.2-2021 « Система аттестации сварочного производства. Часть 2. Аттестация персонала. Правила».
9. СТО Газпром 2-2.2-136-2007 «Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. Часть I».

10. Технические требования к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов.

11. Правила Госгортехнадзора России ПБ 03–372–00 «Правила аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 02.06.00 г. № 29)».

12. Правила Госгортехнадзора России ПБ 03–440–02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.02 г. № 3)».

13. СТО Газпром 2-2.4-083-2006 «Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов».

14. ТУ 1381-012-05757848-2005 Трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 508-1420 мм для магистральных трубопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа.

15. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. - 96 с.

16. 10Г2ФБЮ – Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций URL: <https://mashinform.ru/marochnik/stal-konstrukcionnaia/10g2fbyu-obj250.html> (дата обращения: 29.03.2022)

17. Перечень сварочных материалов, рекомендованных к применению в составе технологий сварки при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов ПАО «Газпром» (сформирован ООО «Газпром ВНИИГАЗ» по состоянию 10.06.2020 г.) (для групп опасных технических устройств – НГДО, ГО)

18. Ultra 70S-G URL: <https://www.svarms.ru/content/ultra70s-g> (дата обращения: 29.03.2022)

19. Самозащитная порошковая проволока МГМ NR-208 XP URL: [https://www.uniprofit.ru/svarochnie\\_materiali/mgm/spp/nr-208xp/](https://www.uniprofit.ru/svarochnie_materiali/mgm/spp/nr-208xp/) (дата обращения: 29.03.2022)

20. ГОСТ Р ИСО 14175-2010. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов.

21. Аппарат ДС400.33УКП URL: <http://xn--e1aqadalkdy.xn--p1ai/ru/product/ds40033ukp/> (дата обращения:21.04.2022)

22. Выпрямитель ВДУ-306МТ с Урал-ТК URL: <https://uralsvar.nt-rt.ru/images/manuals/vdu-306mt.pdf> (дата обращения:29.03.2022)

23. Универсальное подающее устройство ПДГО-512 Урал URL: <https://uralsvar.nt-rt.ru/images/manuals/pdgo.pdf> (дата обращения:29.03.2022)

24. Подающий механизм ПМ-4.33 URL: <https://svarshik.by/catalog/svarochnoe-oborudovanie/podayuschie-ustrojstva/podayuschij-mehanizm-pm-4-33/> (дата обращения:21.04.2022)

25. Перечень сварочного оборудования и оборудования для термической резки, рекомендованного к применению в составе технологий сварки при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов ПАО «Газпром».

26. Установка индукционного нагрева УИНТ-100-2,4\* URL: <https://remontenergo.ru/products/2476-ustanovka-induktsionnogo-nagreva-uint-100-2-4/> (дата обращения:29.03.2022)

27. Термоизолирующий пояс ТИП-325 (защита сварочного шва) URL: <https://www.svarbi.ru/cat/prisposoblenija-dlya-svarki/32988/> (дата обращения:29.03.2022)

28. Термоизолирующий пояс ТИП-630 (защита сварочного шва) URL: <https://www.svarbi.ru/cat/prisposoblenija-dlya-svarki/33002/> (дата обращения:29.03.2022)

29. Центратор звенный наружный URL: <https://www.centratrors.ru/product/%d1%86%d0%b5%d0%bd%d1%82%d1%80%d0%b0%d1%82%d0%be%d1%80-%d0%b7%d0%b2%d0%b5%d0%bd%d0%bd%d1%8b%d0%b9-%d0%bd%d0%b0%d1%80%d1%83%d0%b6%d0%bd%d1%8b%d0%b9/> (дата обращения:29.03.2022)

30. Крюков А.В. Производство сварных конструкций: методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Производство сварных конструкций» для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства» / А.В. Крюков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – 16 с.

31. СТО Газпром 2 - 2.4 - 083- 2006 «Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов».

32. СТО 9701105632-003-2021. Инструкция по визуальному и измерительному контролю

33. ГОСТ Р ИСО 17637-2014 «Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением»

34. Портативный импульсный рентгеновский аппарат Моноскан 3 *URL*: <https://monoscan.ru/impulsnii-rentgenovskii-apparat/monoscan-3.html> (дата обращения: 29.03.2022)

35. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500«Оборудование и технология сварочного производства».-Томск: Изд. ЮФТПУ, 2000-24 с.

36. Ахумов В.А. Справочник нормировщика. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.

37. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – 4-ое издание, переработанное и дополненное. Москва, "Машиностроение", 1989 – 496 с.

38. Крампит Н.Ю. Сварочные приспособления. Учебное пособие для ст. спец. 120500, ИПЛ ЮТИ ТПУ-2004.

39. СН 452-73. Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов.

40. Сварочный полуавтомат Технотрон ДС400.33УКП *URL*: <http://tig-svarka.com.ua/svarochnyy-poluavtomat-tehnotron-dc400-33ukp> (дата обращения: 03.05.2022)

41. ЦЕНТРАТОР ЦЗН-325 URL: <https://centrator.su/products/tsentrator-tszn-325> (дата обращения: 03.05.2022)

42. ЦЕНТРАТОР ЦЗН-630 URL: <https://centrator.su/products/tsentrator-tszn-630> (дата обращения: 03.05.2022)

43. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение часть ВКР часть ВКР: методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов 151001 «Машиностроение», - ЮТИ ТПУ, 2020. – 24 с.

44. Труба 325x45, 8732, 10Г2ФБЮ в URL: [https://yaroslavl.pulscen.ru/products/truba\\_325x45\\_8732\\_10g2fbyu\\_132497825](https://yaroslavl.pulscen.ru/products/truba_325x45_8732_10g2fbyu_132497825) (дата обращения: 03.05.2022)

45. Проволока сварочная *Ultra 70S-G* 1.2ММ 18КГ AWS A5.18 ООО "СварМонтажСтрой" URL: <https://etpgpb.ru/portal/catalog/products/2008005-provoloka-svarochnaya-ultra-70s-g-1-2mm-18kg-aws-a5-18-ooo-svarmont/> (дата обращения: 03.05.2022)

46. Порошковая проволока PIPELINER NR 208 URL: [https://nn.pulscen.ru/products/provoloka\\_svarochnaya\\_lincoln\\_electric\\_pipeline\\_nr\\_207\\_10588960](https://nn.pulscen.ru/products/provoloka_svarochnaya_lincoln_electric_pipeline_nr_207_10588960) (дата обращения: 03.05.2022)

47. Углекислота техническая URL: [https://kemerovo.pulscen.ru/products/uglekislota\\_tekhnicheskaya\\_217717065](https://kemerovo.pulscen.ru/products/uglekislota_tekhnicheskaya_217717065) (дата обращения: 03.05.2022)

48. АО «КУЗБАССЭНЕРГО» URL: <https://sibgenco.ru/companies/oaokuzbassenergo/>

49. ГОСТ 12.0.0030-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)».

50. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.

51. П.П. Кукин, В.Л. Лапин. Е.А. Подгорных и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов / М.: Высшая школа, 2004. – 298 с.

52. Брауде М.З. "Охрана труда при сварке в машиностроении"/ М.: Машиностроение, 1978. – 141 с.

53. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Сборник задач по безопасности жизнедеятельности. Учебно-методическое пособие. – Юрга: Изд. филиала ТПУ, 2002. – 96 с.



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			ФЮРА.КУЗ256.182.00.000 СБ	Сборочный чертеж		
<i>Сборочные единицы</i>						
	1		ФЮРА.КУЗ256.182.01.000	Заглушка	1	
	2		ФЮРА.КУЗ256.182.02.000	Заглушка	2	
	3		ФЮРА.КУЗ256.182.03.000	Кран серии МА39025 диаметр 325	2	
	4		ФЮРА.КУЗ256.182.04.000	Кран серии МА39025 диаметр 630	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
	5			Отвод 325x90 ГОСТ 17375-2001	1	
	6			Тройник 325x325 ГОСТ 17376-2001	1	
	7			Тройник 630x325 ГОСТ 17376-2001	2	
	8			Труба 325 ГОСТ 31447-2012	4	l=250 мм
ФЮРА.КУЗ256.182.00.000 СБ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Шмидт				Лит.	Лист
Пров.	Ильященко				ц	1
Н.контр.	Ильященко					Листов
Утв.						2
<b>Крановый узел</b>					ТИ ТПУ зр. 3-10А70	
<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>	



ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(Обязательное)

Операционно - технологическая карта

Операционная технологическая карта сборки и сварки по комбинированной технологии сварка в защитном газе и порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых соединений труб диаметром 630 мм

Организация		Наименование газопровода				Способ сварки		Конструктивные элементы сварных соединений		Шифр карты	
Характеристика труб и элементов		Предварительный подогрев		Труба+ЗРА+СДП		Труба+ЗРА+СДП		Сварочные материалы			
Номер ТУ, ГОСТа, марка стали  Труба 10Г2ФБЮ ТУ 1381-012-05757848-2005	Диаметр, мм  630	Толщина стенки, мм  16,0	Класс прочности  К60	Нормативное значение временного сопротивления разрыву, МПа  590	Нормативный эквивалент углерода, (Сэкв) %  0,34	Произвести равномерный предварительный подогрев до +100-300°C при температуре окружающего воздуха ниже -35 °С и до +50-90°C при температуре окружающего воздуха ниже +5 °С и/или наличии влаги на концах труб				1). Сварочная проволока Ultra 70S-G по ER70S-G классификация AWS A5 диаметр 1,2 мм (корневой слой шва). 2). Защитный газ CO <sub>2</sub> 100% - сварка корневого слоя шва 3). Сварочная проволока NR-208XP классификация E8178-G по AWS A5.29 ПС 49-А6У по ГОСТ 26271 диаметр 2 мм (заполняющие, корректирующий и облицовочный слой шва).	
						Ширина зоны равномерного нагрева не менее 150 мм (не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок)		Параметры разделки кромок и сварного шва		Шифр карты	

Режимы механизированной сварки корневого слоя шва		Дополнительные требования и рекомендации									
Направление сварки	Скорость подачи проволоки*, м/мин: - в положении от 0° до 10° ч, - в положении от 10° до 60° ч	Род тока, полярность	Линковиды	В1 базовый ток, I <sub>в</sub>	Вылет электрода, мм	Горючий старт, усл. ед.	Спад, усл. ед.	Расход газа, л/мин	<p>1. Сварка каждого слоя шва выполняется одновременно не менее чем 2 сварщиками для соединения труб 630 мм.</p> <p>2. Сборку кольцевого сварного соединения труб следует производить с использованием наружного <b>звездного</b> центрагра с выполнением прихваток. Режим сварки – как для корневого слоя шва. Во время сварки корневого слоя шва прихватки должны быть полностью удалены механическим способом с помощью шлифмашинки.</p> <p>3. Не допускается перемещать или подвигать любым внешним воздействием трубы до полного завершения сварки соединения.</p> <p>4. Разрешается оставлять незаконченными сварные соединения в случае, если высота сварного шва составляет не менее 2/3 толщины стенки трубы.</p> <p>5. Температура на кромок труб перед сваркой корневого слоя шва должна быть не ниже установленного для каждой толщины стенки номинального значения.</p> <p>6. Межслойная температура должна составлять не менее 50°С и не более 250 °С. Допускается при снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок ниже регламентированного значения +100 °С и не более, чем на 30 °С выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными, кольцевыми, одно- и <b>многоосевными</b> горелками).</p> <p>7. Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только на поверхности разделки свариваемых кромок или на поверхности ранее выполненном сварном слое шва. Запрещается зажигать дугу на поверхности металла труб. Присоединение обратного кабеля должно обеспечивать токоподвод преимущественно в разделку кромок элементов. Не допускается приваривать к телу трубы какие-либо крепежные элементы обратного кабеля.</p> <p>8. При проведении работ не должна нарушаться целостность изоляции.</p> <p>9. На изоляционном покрытии (на расстоянии от 100 до 150 мм от края изоляции) маркером или несмываемой краской должно быть нанесено клеймо/шифр бригады сварщиков, выполняющих сварку соединения труб.</p> <p>10. Не допускается приваривать обратный кабель к телу трубы.</p> <p>11. Порошковая проволока (при отсутствии прямого попадания влаги) не требует прокалки перед использованием.</p>		
	На спуск	2,4 – 2,7* 3,0 – 3,0*	обратная	250-270	45-60*	5-10**	35-40	3			
<p>* При повышенных зазорах рекомендуется установить значение базового тока от 35 до 40 А, а скорость подачи проволоки в положении от 0° до 10° понизить от 2,7 до 2,4 м/мин и в положении от 10° до 60° ч до величины 3 м/мин.</p> <p>** Допускается вылет сварочной проволоки до 15 мм.</p> <p>Угол наклона электрода (назад): в положении от 0° до 10° ч – от 20° до 30° (сварка углом назад); в положении от 10° до 40° ч – угол может увеличиваться до 45° (сварка углом назад); в положении от 40° до 50° ч – угол наклона горелки постепенно уменьшается и доводится до положения, близкого к перпендикулярному; в положении от 50° до 60° ч – угол наклона горелки может варьироваться от 0° (перпендикулярно к поверхности трубы) до величины от 10° до 15° (сварка углом назад либо углом вперед).</p>											
Режимы сварки заполняющих и облицовочного слоев шва											
Сварочные слои	Направлен не сварки	Диаметр, мм	Полярность	Сварочный ток, А	Скорость подачи проволоки, см/мин (дюйм/мин)	Напряжение, В					
	Заполняющие	На спуск	2,0	прямая	-	200(90) 250(100) 280(110)	18,5–19,5 19,5-20,5 205-21,2				
	Облицовочный	На спуск	2,0	прямая	-	200(80) 230(90)	17,5-18,5 18,5-19,5				
<p>При сварке порошковой проволокой следует строго соблюдать соотношение между скоростью подачи проволоки и напряжением.</p>											

<b>ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И СВАРКИ</b>		
№ п/п	Операция	Оборудование и инструмент
1	<b>Очистка труб</b>	<p>Скребок-SKYSCRAPER кол-во 2 шт.; Металлическая щетка STAINLESSSTEL кол-во 2шт</p> <p>Шаблон сварщика УПС-4, Электрический разъемный труборез "Констар" Модель P5972, линейка 300, штангенциркуль ШШ-2, шлифмашинка BOSCH GRB 14 SEPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток, станок подготовки кромок, контактный термометр или пирометр, ультразвуковой дефектоскоп</p>
2	<b>Подготовка кромок</b>	<p>Усиление заводских швов снаружи трубы должно быть удалено шлифованием до остаточной величины от 0,5 до 1,0 мм на расстоянии от 10 до 15 мм от торца трубы.</p> <p>Усиление внутреннего заводского шва труб на длине не менее 150 мм от торцов должно быть снято до величины от 0 до 0,5 мм, допускается снятие усиления наружного шва на длине не менее 150 мм от торцов труб до величины от 0 до 0,5 мм.</p> <p>Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб царапины, риски, задиры глубиной до 1,0 мм.</p> <p>Концы труб с царапинами, рисками, задирами глубиной более 1,0 мм, а также забоинами и задирами фасок более 5 мм и/или вмятинами более 42,7 мм следует обрезать, а образовавшуюся кромку обработать шлифмашинкой с восстановлением заводской формы разделки кромок.</p> <p>Резку труб производить с применением разъемного трубореза "Констар".</p> <p>Забоины и задиры глубиной до 5 мм на кромках труб ремонтировать электродами с основным видом покрытия типа Э60 (E8018-G) Ø 2,5 мм с обязательным предварительным подогревом дефектного участка до температуры +100<sup>+30</sup> °С.</p> <p>Плавыные вмятины на торце трубы глубиной до 42,7 мм выправить безударным разжимным устройством с обязательным местным подогревом изнутри трубы до 150-200°С независимо от температуры окружающего воздуха.</p> <p>После правки плавыных вмятин, с целью выявления возможных расслоений, необходимо выполнить ультразвуковой контроль поверхности трубы в границах, превышающих размеры вмятин на величину не менее 40 мм.</p> <p>С целью выявления возможных расслоений провести УК контроль всего периметра кромок на ширине не менее 40 мм от резаного торца. При наличии расслоений торец трубы должен быть отрезан на расстояние не менее 300 мм и проведён повторный ультразвуковой контроль в аналогичном порядке.</p> <p>Зачистить до чистого металла прилегающие к кромкам, внутреннюю и наружную поверхности свариваемых элементов на ширину не менее 15 мм.</p>

<p><b>3</b></p> <p><b>Сборка соединения</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Осуществить сборку стыкового соединения на наружных звенных центраторах с зазором не менее 3,0 мм.</li> <li>• Заводские швы смещать относительно друг друга на расстояние не менее 100 мм. Заводские швы рекомендуются располагать в верхней половине периметра.</li> <li>• Количество, размеры прихваток в зависимости от номинального диаметра свариваемых элементов, для трубы 325 мм не менее 2 прихваток длиной 20-30 мм и для трубы 630 мм не менее 3 прихваток длиной 60-100 мм.</li> <li>• Не допускается для установления необходимых параметров сборки зазора, смещения кромок применять ударный инструмент.</li> </ul>	<p>Полающий механизм ПМ-4.33 «Трасса» кол-во 3 шт.  Аппарат ДС400.33УКП кол-во 3 шт.  Наружный звенный центратор ЦЗН 325 и ЦЗН 630, универсальный шаблон сварщика УШС-4, линейка 300</p>
<p><b>4</b></p> <p><b>Подогрев соединения</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установить на свариваемое соединение индукционный подогреватель и осуществить предварительный подогрев кромок стыкуемых труб согласно разделу предварительной подготовки. В случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установок индукционного нагрева, допускается выполнять нагрев газолампными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва. Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газолампных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизолирующие пояса или боковые ограничители пламени. Максимальная температура нагрева элементов в месте начала заводского изоляционного покрытия труб не должна превышать 120±10°С.</li> <li>• Контроль температуры выполнять непосредственно перед выполнением корневого слоя шва на наружной поверхности в местах, равномерно расположенных в каждой четверти по периметру сварного соединения на расстоянии от 10-15 мм и от 60-75 мм в обе стороны от свариваемых кромок соединения.</li> <li>• Снять подогревающий пояс.</li> </ul>	<p>Установка индукционного подогрева УИИТ-100-2,4, Термоизолирующий пояс ТИП-325 и ТИП-630, контактный термометр или пирометр</p>

<p>5</p> <p>Сварка</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выполнить сварку корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа методом УПТК «на спуск» без сварки прихваток. Сварка выполняется одновременно двумя сварщиками, при этом каждый сварщик сваривает один из полупериметров трубы.</li> <li>• В месте начала выполнения корневого слоя шва вторым сварщиком (положение 0 ч) полностью вышлифовать первые 1–2 см шва, выполненные первым сварщиком, и далее сошлифовать до минимально возможной величины верхнюю часть шва на длине не менее 2 см для обеспечения плавного выхода на сварку второй полукруглости трубы.</li> <li>• В месте выполнения «замка» вторым сварщиком (положение 6 ч) сошлифовать до минимально возможной толщины участок корневого слоя шва на длине не менее 2 см, выполненный первым сварщиком.</li> <li>• Произвести тщательную обработку дисковой проволочной щеткой поверхности корневого слоя шва.</li> <li>• Провести визуальный контроль корневого слоя шва снаружи и внутри трубы. Усиление корневого слоя шва внутри трубы должно составлять 1–3 мм при ширине 8–10 мм.</li> <li>• Выполнить сварку самозащитной порошковой проволокой «на спуск» первого и последующих заполняющих слоев шва.</li> <li>• Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя должны быть смещены относительно мест начала и окончания предыдущего слоя, при этом место начала сварки следует смещать на расстояние не менее 30 мм, место окончания сварки- на расстояние не менее 70 мм. При многопроходной сварке места начала и окончания сварки соседних проходов следует смещать друг от друга на расстояние не менее 30 мм. Производить последнюю зачатку от шлака и брызг. При этом после выполнения первого заполняющего слоя зачатка производится абразивным кругом или дисковой проволочной щеткой, всех последующих слоев – дисковой проволочной щеткой.</li> <li>• Перед наложением облицовочного слоя выполнить сварку порошковой проволокой корректирующего слоя в положениях 1<sup>30</sup> + 4<sup>30</sup> ч и 9<sup>30</sup> + 7<sup>30</sup> ч (ориентировочно). Расположение корректирующего слоя зависит от толщины стенки труб и особенности заполнения разделки каждым сварщиком.</li> <li>• Выполнить сварку порошковой проволокой облицовочного слоя шва.</li> <li>• Выполнить сварку порошковой проволокой подварочного слоя шва.</li> <li>• В процессе сварки должен осуществляться поперационный внешний осмотр качества выполнения каждого слоя шва. При этом видимые поверхностные дефекты слоев шва должны устраняться по мере их выявления.</li> <li>• Выровнять шлифмашинкой видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва и зачистить набором дисковых проволочных щеток прилегающую к нему поверхность труб на расстоянии не менее 15 мм от шлака и брызг.</li> <li>• После окончания сварки, сварное соединение при температуре окружающего воздуха ниже +5°C и/или наличии осадков следует накрыть термоизолирующим поясом до полного остывания.</li> <li>• Маркировку (клеймение) кольцевых швов соединений труб следует выполнять маркерами или несмываемой краской на наружной поверхности трубы на расстоянии от 100 мм до 150 мм от края изоляции.</li> </ul>	<p>Полающий механизм ПМ-4.33 «Трасса» кол-во 3 шт. Аппарат ДС400.3ЗУКП кол-во 3 шт. Наружный <del>звонный</del> центратор ЦЗН 630 кол-во 1 шт. шлифмашинка BOCH GRB14 СЕРPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых щеток, проволочных щеток, установка индукционного подогрева, кольцевой, контактный термометр или пирометр, металлическая щетка STAINLESSTEL 2 шт. шаблон сварщика УПТК-4, термопенал сварщика, термолента, маркер или несмываемая краска</p>
------------------------	--	---

6	Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В процессе выполнения сборочно-сварочных работ выполнять пооперационный контроль качества.</li> <li>• Провести неразрушающий контроль. Объёмы контроля: ВИК 100%; РК 100%; УЗК 25%.</li> <li>• Методы неразрушающего контроля осуществить согласно НТД.</li> </ul>	Оборудование и приборы ЛНК
Карта разработана: «__» _____ 20__ г.		Согласовано: _____ «__» _____ 20__ г. _____ «__» _____ 20__ г.	Утверждаю: _____ «__» _____ 20__ г.

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**(Обязательное)**

Операционно - технологическая карта

Операционная технологическая карта сборки и сварки по комбинированной технологии сварка в защитном газе и порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб диаметром 325 мм							
Организация		Наименование газопровода			Способ сварки	Конструктивные элементы сварных соединений	Шифр карты
					МП+МПС	Труба+ЗРА+СДП	
Характеристика труб и элементов		Предварительный подогрев		Параметры разделки кромок и сварного шва		Сварочные материалы	
Номер ТУ, ГОСТа, марка стали	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности	Нормативное значение временного сопротивления разрыву, МПа	Нормативный эквивалент углерода, (Сэкв), %	<p>Провести равномерный предварительный подогрев <del>до</del> до +100-300 °С при температуре окружающего воздуха ниже -35 °С и до +50-300 °С при температуре окружающего воздуха ниже +5 °С и/или наличии влаги на <del>концах труб</del></p> <p>Ширина зоны равномерного нагрева не менее 150 мм (не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок)</p>	<p>1). Сварочная проволока <i>Ulvra 70S-G</i> по <i>ER70S-G</i> классификация <i>AWS A5</i> диаметр 1,2 мм (корневой слой шва), 2). Защитный газ <math>CO_2</math> 100% - сварка корневого слоя шва 3). Сварочная проволока <i>NR-208XP</i> классификация <i>E81T8-G</i> по <i>AWS A5.29</i> ПС 49-А6У по ГОСТ 26271 диаметр 2 мм (заполняющие, корректирующий и облицовочный слой шва).</p>

Режимы механизированной сварки корневого слоя шва							Дополнительные требования и рекомендации				
Направление сварки	Скорость подачи проволоки*, м/мин: - в положении от 0° до 10° ч; - в положении от 10° до 60° ч	Род тока, полярность	Пиковый ток, А	Вывет электрода, мм	Горачин старт, усн	Спад, усн	Р расход газа, л/мин	<p>1. Сборку кольцевого сварного соединения труб следует производить с использованием наружного звена. Во время сварки корневого слоя шва прихватки должны быть полностью удалены механическим способом с помощью шлифмашинки. Допускается снимать наружный центратор при сборке соединений обязательных газопроводов для диаметра 325 мм после выполнения прихваток.</p> <p>2. Не допускается переждать или подвергать любым внешним воздействиям трубы до полного завершения сварки соединения.</p> <p>3. Разрешается оставлять незавершенными сварные соединения в случае, если высота сварного шва составляет не менее 2/3 толщины стенки трубы.</p> <p>4. Температура на кромок труб перед сваркой корневого слоя шва должна быть не ниже установленного для каждой толщины стенки номинального значения.</p> <p>5. Межслойная температура должна составлять не менее 50°С и не более 250 °С. Допускается при снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок ниже регламентированного значения +100 °С и не более, чем на 30 °С выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными, кошельками, одно- и многосопловыми горелками).</p> <p>6. Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только на поверхности разделки свариваемых кромок или на поверхности ранее выполненном сварном слое шва. Запрещается захватывать дугу на поверхности металла труб. Присоединение обратного кабеля должно обеспечивать токоподвод преимущественно в разделку кромок элементов. Не допускается приваривать к телу трубы какие-либо крепежные элементы обратного кабеля.</p> <p>7. При проведении работ не должна нарушаться целостность изоляции.</p> <p>8. На изоляционном покрытии (на расстоянии от 100 до 150 мм от края изоляции) маркером или несмываемой краской должно быть нанесено клеймо/шифр бригады сварщиков, выполняющих сварку соединения трубы.</p> <p>9. Не допускается приваривать обратный кабель к телу трубы.</p> <p>10. Порошковая проволока (при отсутствии прямого попадания влаги) не требует прокалки перед использованием.</p>			
На спуск	2,4 – 2,7* 3,0 – 3,0*	обратная	250-270	45-60*	5-10**	35-40	3				10-16
Режимы сварки заполняющих и облицовочного слоев шва											
Сварочные слои	Направление сварки	Диаметр, мм	Полярность	Сварочный ток, А	Скорость подачи проволоки, см/мин (дюйм/мин)	Напряжение, В					
Заполняющие	На спуск	2,0	прямая	-	200(90) 250(100) 280(110)	18,5—19,5 19,5-20,5 20,5-21,2					
Корректирующие	На спуск	2,0	прямая	-	200(80) 230(90)	17,5-18,5 18,5-19,5					
Облицовочный	На спуск	2,0	прямая	-	200(80) 230(90)	17,5-18,5 18,5-19,5					
При сварке порошковой проволокой следует строго соблюдать соотношение между скоростью подачи проволоки и напряжением.											

<b>ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИИ СБОРКИ И СВАРКИ</b>		
№ п/п	Операция	Содержание операций
1	<b>Очистка труб</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Внутреннюю и наружную неизолированную поверхности труб очистить от земли, снега, наледи и других загрязнений. При очистке внутренней полости труб не должна быть нарушена целостность внутреннего гладкостного покрытия.</li> </ul>
2	<b>Подготовка кромок</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Усиление заводских швов снаружи трубы должно быть удалено шлифованием до остаточной величины от 0,5 до 1,0 мм на расстоянии от 10 до 15 мм от торца трубы.</li> <li>• Усиление внутреннего заводского шва труб на длине не менее 150 мм от торцов должно быть снято до величины от 0 до 0,5 мм, допускается снятие усиления наружного шва на длине не менее 150 мм от торцов труб до величины от 0 до 0,5 мм.</li> <li>• Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб царапины, риски, задиры глубиной до 1,0 мм.</li> <li>• Концы труб с царапинами, рисками, задирами глубиной более 1,0 мм, а также забоинами и задирами фасок более 5 мм и/или вмятинами более 42,7 мм следует обрезать, а образовавшуюся кромку обработать шлифмашинкой с восстановлением заводской формы разделки кромок.</li> <li>• Резку труб производить с применением разъемного трубореза "Констар".</li> <li>• Забоины и задиры глубиной до 5 мм на кромках труб ремонтировать электродами с основным видом покрытия типа Э60 (E8018-G) Ø 2,5 мм с обязательным предварительным подогревом дефектного участка до температуры +100<sup>+30</sup> °С.</li> <li>• Плавные вмятины на торце трубы глубиной до 42,7 мм выправить безударным разжимным устройством с обязательным местным подогревом изнутри трубы до 150-200°С независимо от температуры окружающего воздуха.</li> <li>• После правки плавных вмятин, с целью выявления возможных расслоений, необходимо выполнить ультразвуковой контроль поверхности трубы в границах, превышающих размеры вмятин на величину не менее 40 мм.</li> <li>• С целью выявления возможных расслоений провести УК контроль всего периметра кромок на ширине не менее 40 мм от резаного торца. При наличии расслоений торцы трубы должны быть отрезаны на расстояние не менее 300 мм и проведен повторный ультразвуковой контроль в аналогичном порядке.</li> <li>• Зачистить до чистого металла прилегающие к кромкам, внутреннюю и наружную поверхности свариваемых элементов на ширину не менее 15 мм.</li> </ul>
		<b>Оборудование и инструмент</b> Серебок- SKYSCRAPER кол-во 2 шт; Металлическая щетка STAINLESSSTEL кол-во 2шт Шаблон сварщика УШС-4, Электрический разъемный труборез "Констар" Модель P5972, линейка 300, штангенциркуль ШЦ-2, шлифовальная BOCH GRB 14 CERPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток, станок подготовки кромок, контактный термометр или шпрометр, ультразвуковой дефектоскоп

3	<p><b>Сборка соединения</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Осуществить сборку стыкового соединения на наружных звенных центраторах с зазором не менее 3,0 мм.</li> <li>• Заводские швы смещать относительно друг друга на расстояние не менее 100 мм. Заводские швы рекомендуются располагать в верхней половине периметра.</li> <li>• Количество, размеры прихваток в зависимости от номинального диаметра свариваемых элементов, для трубы 325 мм не менее 2 прихваток длиной 20-30 мм и для трубы 630 мм не менее 3 прихваток длиной 60-100 мм.</li> <li>• Не допускается для установления необходимых параметров сборки зазора, смещения кромок применять ударный инструмент.</li> </ul>	<p>Полуприемный механизм ПМ-4.33 «Грасса» кол-во 3 шт., Аппарат ДС400.3ЗУКП кол-во 3 шт., Наружный звенный центратор ЦЗН 325 и ЦЗН 630, универсальный шаблон сварщика УШС-4, линейка 300</p>
4	<p><b>Подогрев соединения</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установить на свариваемое соединение индукционный подогреватель и осуществить предварительный подогрев кромок стыкуемых труб согласно разделу предварительной подготовки. В случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установки индукционного нагрева, допускается выполнять нагрев газолампными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения нагревательных устройств (горелок) нарушать целостность изоляции. При применении газолампных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизолирующие пояса или боковые ограничители пламени. Максимальная температура нагрева элементов в месте начала заводского изоляционного покрытия труб не должна превышать 120±10°С.</li> <li>• Контроль температуры выполнять непосредственно перед выполнением корневого слоя шва на наружной поверхности в местах, равномерно расположенных в каждой четверти по периметру сварного соединения на расстоянии от 10-15 мм и от 60-75 мм в обе стороны от свариваемых кромок соединения.</li> <li>• Снять подогревающий пояс.</li> </ul>	<p>Установка индукционного подогрева УИИТ-100-2,4, Термоизолирующий пояс ТИП-325 и ТИП-630, контактный термометр или пиетрометр</p>

	<p>5</p> <p><b>Сварка</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выполнить сварку корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа методом УПК «на спуск» без сварки прихваток. Сварка выполняется одновременно двумя сварщиками, при этом каждый сварщик сваривает один из полуциркуляров трубы.</li> <li>• В месте начала выполнения корневого слоя шва вторым сварщиком (положение 0 ч) полностью вышлифовать первые 1–2 см шва, выполненные первым сварщиком, и далее шлифовать до минимально возможной величины верхнюю часть шва на длине не менее 2 см для обеспечения плавного выхода на сварку второй полукруглости трубы.</li> <li>• В месте выполнения «замка» вторым сварщиком (положение 6 ч) шлифовать до минимально возможной толщины участок корневого слоя шва на длине не менее 2 см, выполненный первым сварщиком.</li> <li>• Произвести тщательную обработку дисковой проволочной щеткой поверхности корневого слоя шва.</li> <li>• Провести визуальный контроль корневого слоя шва снаружи и внутри трубы. Усиление корневого слоя шва внутри трубы должно составлять 1–3 мм при ширине 8–10 мм.</li> <li>• Выполнить сварку самозащитной порошковой проволокой «на спуск» первого и последующих заполняющих слоев шва.</li> <li>• Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя должны быть смещены относительно мест начала и окончания предыдущего слоя, при этом место начала сварки следует смещать на расстояние не менее 30 мм, место окончания сварки – на расстояние не менее 70 мм. При многопроходной сварке места начала и окончания сварки соседних проходов следует смещать друг от друга на расстояние не менее 30 мм. Производить последнюю зачистку от шлака и брызг.</li> <li>• По завершении каждого прохода производить последнюю зачистку от шлака и брызг. При этом после выполнения первого заполняющего слоя зачистка производится абразивным кругом или дисковой проволочной щеткой, всех последующих слоев – дисковой проволочной щеткой.</li> <li>• Перед наложением облицовочного слоя выполнить сварку порошковой проволокой корректирующего слоя в положениях <math>120 \div 420</math> ч и <math>920 \div 720</math> ч (ориентировочно). Расположение корректирующего слоя зависит от толщины стенки труб и особенности заполнения разделки каждым сварщиком.</li> <li>• Выполнить сварку порошковой проволокой облицовочного слоя шва.</li> <li>• Выполнить сварку порошковой проволокой подварочного слоя шва.</li> <li>• В процессе сварки должен осуществляться поперационный внешний осмотр качества выполнения каждого слоя шва. При этом видимые поверхностные дефекты слоев шва должны устраняться по мере их выявления.</li> <li>• Выровнять шлифмашинкой видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва и зачистить набором дисковых проволочных щеток прилегающую к нему поверхность труб на расстоянии не менее 15 мм от шлака и брызг.</li> <li>• После окончания сварки, сварное соединение при температуре окружающего воздуха ниже +5°C и/или наличии осадков следует накрыть термоизолирующим пологом до полного остывания.</li> <li>• Маркировку (клеящиеся) кольцевых швов соединенных труб следует выполнять маркерами или несмываемой краской на наружной поверхности трубы на расстоянии от 100 мм до 150 мм от края изоляции.</li> </ul>	<p>Полающий механизм ПМ-4.33 «Трасса» кол-во 3 шт., Аппарат ДС400.3ЗУКП кол-во 3 шт., Наружный <del>звонный</del> центратор ЦЗН 325 кол-во 2 шт., шлифмашинка BOCH GRB14 SEPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт., с набором абразивных крутов и дисковых проволочных щеток, установка индукционного подотрева, кольцевой, контактный термометр или пиrometer, металлическая щетка STAINLESSSTEL 2 шт., шаблон сварщика УПС-4, термометр сварщика, термометр, маркер или несмываемая краска</p>
--	--	--

<p><b>6</b></p> <p><b>Контроль качества</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В процессе выполнения сборочно-сварочных работ выполнять пооперационный контроль качества.</li> <li>• Провести неразрушающий контроль. Объёмы контроля: ВИК 100%; РК 100%; УЗК 25%.</li> <li>• Методы неразрушающего контроля осуществить согласно НТД.</li> </ul>	<p>Оборудование и приборы ЛНК</p>
<p>Карта разработана: «__» _____ 20__ г.</p>	<p>Согласовано: _____</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>	<p>Утверждено: _____</p> <p>«__» _____ 20__ г.</p>

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г (План участка)

