

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

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 МАГИСТРАЛЬНОГО  
ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО ГАЗОПРОВОДА ДИАМЕТРОМ 500 ММ**

УДК 621.757:621.791:621.691.4:678.5

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A82	Баянов 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)
ОПК(У)-1	Умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
ОПК(У)-2.	Осознанием сущности и значения информации в развитии современного общества.
ОПК(У)-3.	Владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации.
ОПК(У)-4.	Умением применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении.
ОПК(У)-5	Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ПК(У)-5	Умением учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
ПК(У)-6	Умением использовать стандартные средства автоматизации проектирования при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
ПК(У)-7	Способностью оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-8	Умением проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений
ПК(У)-9	Умением проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектируемых изделий
ПК(У)-10	Умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению
ПК(У)-11	Способность обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)- 12	Способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
ПК(У)- 13	Способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)- 14	Способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)- 15	Умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-16	умением проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-17	Умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-18	Умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-19	Способностью к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции

Студент гр. 10А82  
Руководитель ВКР

Баянов А.А.  
Ильященко Д.П. к.т.н., доцент

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП «Машиностроение»

\_\_\_\_\_ Д. П. Ильященко  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускная квалификационная работа бакалавра (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
---

Студенту:

Группа	ФИО
10A82	Баянову Александру Анатольевичу

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального полиэтиленового газопровода диаметром 500 мм	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	18.04.2022 108-28/с

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе <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>	Материалы преддипломной практики
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	1. Обзор и анализ литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Разработка технологического процесса. 4. Разработка сборочно-сварочных приспособлений. 5. Проектирование участка сборки-сварки. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		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
10A82	Баянов 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:

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

**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
10A82	Баянов А.А.		

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

Обучающемуся:

Группа	ФИО
10А82	Александрю Анатолевичу Баянову

<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 458,63 руб 84,76 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 показатели эффективности ИР (технико-экономические показатели проекта)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	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
10А82	Баянов А.А.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
10А82	Баянову Александру Анатольевичу

<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 «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка сборки-сварки магистрального полиэтиленового газопровода 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)	Чертеж

<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
10A82	Баянов А.А.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа: 90 с., 4 рис., 10 табл., 29 источников, 3 прил., 12 л. графического материала.

Ключевые слова: сварка плавлением, полиэтилен, режимы сварки, стык, сварочное оборудование, нагрев, аппарат, толщина, промышленная безопасность, себестоимость.

Объектом разработки является изготовление магистрального полиэтиленового газопровода.

Цель работы: технология изготовления магистрального полиэтиленового газопровода.

В процессе выполнения работ проводились изучение составных деталей изделия, определение материала трубы, выбор метода сварки, нормирование операций, составление технологических карт, расчет необходимого количества оборудования и численности рабочих.

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

Экономические показатели:

- капитальные вложения 1635641 руб;
- себестоимость продукции 1089565848,26 руб;
- количество приведенных затрат 1089809694,41 руб/изд. год.

## ***Abstract***

*Final qualifying work 90 p., 4 drawings, 10 tables, 29 sources, 3 applications, 12 p. graphic material.*

*Key words: Fusion welding, gas, welding modes, joint, welding equipment, centrator, punch, heating, industrial safety, cost.*

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

*The purpose of the work: the technology of manufacturing a crane assembly.*

*In the course of the work, the component parts of the product were studied, the steel grade was determined, 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, and assembly and welding operations were standardized. The cost factor has been calculated.*

*Economic indicators:*

- capital investments 1635641 rubles;*
- cost of production 1089565848,26 rubles;*
- the number of reduced costs 1089809694,41 rubles / ed. year.*

## Содержание

Обозначения, сокращения, нормативные ссылки	16
Введение	18
1 Обзор и анализ литературы	21
1.1 Применение многослойных полиэтиленовых труб марки мультипайп при строительстве газопроводов	21
1.2 Современное состояние и актуальные новации техники для сварки полиэтиленовых труб нагретым инструментом встык	23
1.3 Заключение	26
2 Объект и методы исследования	27
2.1 Описание сварной конструкции	27
2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции	27
2.2.1 Квалификационные испытания сварщиков	28
2.2.2 Подготовка, сборка и обработка кромок	28
2.2.3 Сварка газопроводов	29
2.2.3.1 Сварка встык нагретым инструментом	30
2.2.4 Монтажные и укладочные работы	33
2.2.5 Очистка внутренней полости	35
2.2.6 Требования к контролю	35
2.2.6.1 Входной контроль качества труб из полиэтилена	35
2.2.6.2 Технические требования к контролю качества сварных соединений полиэтиленовых труб	36
2.3 Методы и средства проектирования	38
2.4 Постановка задачи	38
3 Разработка технологического процесса	40
3.1 Анализ исходных данных	40
3.1.1 Основные материалы	40
3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки	41
	12

3.2	Выбор технологических режимов	41
3.3	Выбор основного оборудования	42
3.4	Составление схем узловой и общей сборки	45
3.5	Выбор методов контроля. Регламент проведения. Оборудование	47
3.5.1	Визуальный и измерительный контроль	47
3.5.2	Ультразвуковой контроль	49
3.5.3	Пневматические испытания сварных соединений	54
3.6	Разработка технологической документации	54
3.7	Техническое нормирование операций	55
3.8	Материальное нормирование	56
3.8.1	Расход основного материала	56
3.8.2	Расход электроэнергии	56
4	Проектирование участка сборки сварки	58
4.1	Пространственное расположение производственного процесса	58
4.2	Расчёт основных элементов производства	60
4.2.1	Определение количества необходимого числа оборудования	60
4.2.2	Определение состава и численности рабочих	61
5	Финансовый менеджмент	63
5.1	Финансирование проекта и маркетинг	63
5.2	Экономический анализ техпроцесса	63
5.2.1	Расчет капитальных вложений в производственные фонды	64
5.2.1.1	Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления	64
5.2.2	Расчет себестоимости единицы продукции	65
5.2.2.1	Определение затрат на основные материалы	66
5.2.2.2	Определение затрат на заработную плату	66
5.2.2.3	Определение затрат на силовую электроэнергию	67
5.2.2.4	Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования	67
5.3	Расчет технико-экономической эффективности	68

5.4 Основные технико-экономические показатели участка	69
6 Социальная ответственность	70
6.1 Описание рабочего места	70
6.2. Законодательные и нормативные документы	70
6.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	72
6.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	74
6.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	75
6.5 Охрана окружающей среды	77
6.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	78
6.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
Заключение	82
Библиография	83
Приложение А (Стык магистрального полиэтиленового газопровода)	87
Приложение Б (Операционная технологическая карта сварки стыков труб, выполненных контактной сваркой оплавлением)	88
Приложение В (План участка)	90
Диск CD-R	в конверте на обложке
Графический материал	на отдельных листах
Цели и задачи	демонстрационный лист
Сварной стык	демонстрационный лист
Сборка стыка труб	демонстрационный лист
Сварка	демонстрационный лист
Режимы сварки	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
План участка	демонстрационный лист
Негативные факторы сварочного производства	демонстрационный лист
Основные технико-экономические показатели участка	демонстрационный лист



## Обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ПВХ – поливинилхлорид;

ПЭ – полиэтилен;

ИТР – инженерно-технические работники;

НАКС – Национальное Агентство Контроля сварки;

НГДО – нефтегазодобывающее оборудование;

ЗН – закладной нагреватель;

ЧПУ – числовое программное управление;

ПЦТ – полный цифровой тракт;

СМР – строительно-монтажные работы;

ЭХЗ – электрохимическая защита;

ЕСТД – единая система техдокументации;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ГОСТ 12176-1-2011 – Трубы и фитинги пластмассовые. Оборудование для сварки полиэтиленовых систем. Часть 1;

ГОСТ Р 50838-2009 – Трубы из полиэтилена для газопроводов;

ГОСТ ИСО 12162-2006 – Материалы термопластичные для напорных труб и соединительных деталей;

СП 42-103-2003 – Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов;

ГОСТ Р 59604.2-2021 – Система аттестации сварочного производства. Часть 2;

ГОСТ 2930-62 – Приборы измерительные. Шрифты и знаки;

ГОСТ Р 58121.2-2018 – Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Полиэтилен (ПЭ). Часть 2;

ГОСТ 166-89 – Штангенциркули. Технические условия;

ГОСТ 12.1.005-88 – ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования;

ГОСТ 12.1.030-81 – ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление;

ГОСТ 12.1.012-90 – ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования;

ГОСТ 12.1.046-78 – ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация;

ГОСТ 12.1.003-83 – Шум. Общие требования безопасности;

ГОСТ 12.2.003-81 – Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;

ПБ 12-529 – Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления;

РД 03-615 – Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов;

СНИП 3.01.01 – Организация строительного производства;

СНиП 42-01 – Газораспределительные системы;

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 – Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки;

СП 42-101-96 – Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб диаметром до 300 мм;

СП 42-105-99 – Контроль качества сварных соединений полиэтиленовых газопроводов.

## **Введение**

В 1931г в связи с расширением Московского газового завода и вводом в эксплуатацию завода «Нефтегаз» в Москве началось строительство первых газопроводов и стальных труб.

Однако более чем полувековой опыт эксплуатации стальных распределительных газопроводов показал, что в большинстве случаев нормативный срок службы в 40 лет не выдерживается. В этой связи начались поиски альтернативного материала для подземных газопроводов. Многочисленные опыты по использованию для рассматриваемых целей асбестоцементных труб, энтузиастом которых был И.В. Бородин (МИСИ им. В.В. Куйбышева), не обеспечивали стабильных результатов из-за трудности организации крупномонтажного производства труб с необходимой газонепроницаемостью. Серьезным препятствием была высокая стоимость труб, связанная с использованием высококачественного асбеста.

Другой альтернативой стали трубы из полимерных материалов. Наиболее подходящими по свойствам оказались поливинилхлорид и полиэтилен.

По инициативе института «Мосинжпроект» в 1958-1960 гг совместно с трестом «Мосгаз» были проведены опытно-конструкторские и экспериментальные работы по определению возможности и условий эксплуатации пластмассовых подземных газопроводов.

Первые в России подземный распределительный газопровод из ПВХ-труб отечественного производства был построен в августе 1959 г в Москве. А в августе 1961г в Москве был построен первый полиэтиленовый газопровод.

В течение трех лет, начиная с первого года эксплуатации, сначала еженедельно, а потом ежемесячно на опытных пластмассовых газопроводах, проводились систематические наблюдения и измерения. Эти наблюдения не

выявили каких-либо отклонений и нарушений и подтвердили правильность принятых решений.

Несмотря на подходящие для газопроводов свойств ПВХ трубы из него не получили распространения по следующим причинам:

- отсутствовали способы получения соединения в условиях строительной площадки;
- не было достаточно качественных клеев и не было достаточно прочных раструбных соединений, что не позволило осуществлять надежные врезки.

В этой связи ПЭ трубы имеют неоспоримые преимущества, поскольку прекрасно соединяются в полевых условиях и могут поставляться на стройку длинномерными плетями.

Но были факторы, которые еще практически целое десятилетие сдерживали рост строительства ПЭ газопроводов:

- малый объем производства ПЭ высокой плотности;
- отсутствие производства литых соединений;
- отсутствие производства сварочного оборудования;
- отсутствие системы подготовки квалифицированных сварщиков;
- неотработанность методов контроля сварных соединений;
- недостаточная проработка нормативной и методической литературы по строительству.

Проведенные ОАО «Гипронефтегаз» научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы позволили решить большинство задач. Все полученные недоработки нашли отражение в нормативно-технической документации, разработанной в тот период СП 42-101-96, свод правил по строительству и контролю качества сварных соединений, СП 42-105-99.

В этот же период было налажено производство газопроводных труб по специальным сериям ТУ 6-19-352-87 на заводе ОАО «Казаньоргсинтез».

Все это дало возможность нарастить темпы внедрения ПЭ труб. Появление в середине 90-х импортных и отечественных труб, а также

сварочной техники с элементами автоматизации сварки позволило снять ряд ограничений по применению ПЭ труб в городах и применить их для реконструкции стальных изношенных газопроводов. В результате на начало 1998 г в РФ эксплуатировалось около 11000 км ПЭ газопроводов.

Анализ динамики строительства ПЭ газопроводов в России за последние 6 лет свидетельствует о том, что, несмотря на сложную экономическую ситуацию, внутри страны, темпы использования ПЭ труб непрерывно нарастают. Наблюдается устойчивая тенденция к перераспределению объемов строящихся газопроводов в пользу ПЭ труб [1].

Применение сварки при изготовлении магистрального полиэтиленового газопровода является наиболее актуальным.

Целью работы является разработка технологии изготовления магистрального полиэтиленового газопровода.

Задачами выполнения работы являются подбор сварочного оборудования, нормировка сварочного производства по разделам.

Объектом разработки является изготовление магистрального полиэтиленового газопровода.

Предметом разработки является проектирование участка сборки-сварки магистрального полиэтиленового газопровода.

## **1 Обзор и анализ литературы**

### **1.1 Применение многослойных полиэтиленовых труб марки мультипайп при строительстве газопроводов**

Большая часть всех газопроводов, проложенных в России, относятся еще к советскому времени. Изношенность газопроводов достигает 70%, что обусловлено материалом, из которого изготовлены трубы. Это сталь, которая подвергается интенсивному коррозионному воздействию. Строительство газопроводов из полиэтиленовых труб становится сегодня более востребованным.

По мере истечения срока эксплуатации на газопроводах происходит много аварий: образуются многочисленные утечки, которые ведут к значительным потерям. Ухудшаются эксплуатационные показатели. Основными показателями срока службы становится их состояние. В связи с этим применение в строительстве газопроводов новых материалов, приобретает всё более актуальный вопрос.

Рассмотрим основные преимущества полиэтиленовых труб.

Трубы, изготовленные из полиэтилена (ПЭ), являются современной альтернативой своим устаревшим физически и морально металлическим предшественникам. Они имеют целый ряд бесспорных преимуществ по сравнению с изделиями из стали [2]:

1. Отсутствие коррозионного поражения, что сводит к минимуму затраты на монтаж, обслуживание и ремонт;

2. Удобство в работе: полиэтиленовые изделия легко резать, поэтому их просто подгонять по размеру как на строительной площадке, так и в полевых условиях при прокладке трубопроводов;

3. Высокая пропускная способность за счет того, что внутренние стенки ПЭ изделий являются гладкими;

4. Трубы из полиэтилена имеют эластичную структуру внутренних стенок, на которых в результате не образуется накипь, и они не засоряются изнутри различными взвесями, содержащимися в жидкости;

5. Полиэтилен химически инертен, успешно противостоит агрессивному воздействию, следовательно, он не нуждается в дополнительной специальной защите;

6. Полиэтилен не электропроводен, поэтому ему не страшны блуждающие токи, разрушающие металлические трубы;

7. Радиус изгиба полиэтиленовой трубы может составлять до 10 ее наружных диаметров в зависимости от температуры, что сокращает затраты на соединительные детали и облегчает проектирование и строительство трубопроводов;

8. Полиэтиленовая труба имеет высокую гибкость: минимальный радиус изгиба равен 25 диаметрам трубы при 200°C;

9. Значительно меньший вес по сравнению с металлическими трубами, что облегчает монтаж и укладку;

10. ПЭ трубы устойчивы к перепадам температур и имеют высокие санитарно-гигиенические характеристики.

Применение многослойных полиэтиленовых труб повышает надежность газоснабжения и безаварийность эксплуатации сетей газораспределения в РФ.

Следуя мировым тенденциям, в России начата разработка линейки многослойных труб, обладающих рядом преимуществ по сравнению с применяемыми сегодня однослойными трубами и использование данных материалов при строительстве газопроводов из полиэтиленовых труб [2].

## **1.2 Современное состояние и актуальные новации техники для сварки полиэтиленовых труб нагретым инструментом встык**

Принято считать, что надежность трубопроводов, в первую очередь, определяется квалификацией сварщиков: операторов сварочных машин, ИТР по надзору за строительством и технологов, регламентирующих конкретные процессы [3]. Современные тенденции развития образования в области сварки тесно связаны с эволюцией техники для сварки полимерных труб. Дифференциация необходимых компетенций сварщиков становится очевидной, если сравнить простейшие полевые машины с механическим приводом подвижной каретки торцевателя и новейшие конфигурации техники, например, полностью механизированные, автоматизированные сварочные комплексы с программным управлением, *GPS*, и компьютерным протоколированием сварки.

Технические характеристики основного сварочного оборудования и технологической оснастки, а также адекватность техники условиям сварки в значительной мере определяют качество выполнения сварочных работ.

Основные требования и допустимые варианты конфигураций сварочных машин регламентируются международным и Российским стандартами [4,5], которые, впрочем, не ограничивают эволюцию сварочной техники.

Очевидной тенденцией развития сварочных машин является увеличение размеров свариваемых труб. В настоящее время машины для сварки труб диаметром до 1600 мм изготавливают практически все крупные производители сварочной техники в Западной Европе, США, Турции и Китае, а также России. Наиболее амбициозные из них осваивают сварку прямых стыков монолитных и витых труб  $\varnothing 2000$  мм и  $\varnothing 2400$  мм с толщиной стенки превышающей 100мм. Освоено также промышленное производство машин для сварки отводов и тройников  $\varnothing 2400$  мм в цеховых условиях. Эта тенденция, несомненно, будет сохраняться: размеры сварочных машин будут расти параллельно с освоением новых размеров труб.

На Российском рынке хорошо представлены сварочные машины основных производителей сварочной техники. Вопрос выбора сварочной машины постоянно возникает перед сварщиками трубопроводных систем и производителями фитингов. Цены на сварочные машины значительны и могут различаться в 10-15 раз у разных производителей и поставщиков, что превращает выбор основного сварочного оборудования в серьезную проблему. Многие покупатели хотели бы довериться авторитету какого-либо производителя качественных машин.

Тенденция глобализации экономики и международного разделения труда лишает их этой возможности. Так, например машина с лейблом уважаемой западноевропейской фирмы может быть изготовлена в Турции или в Китае, приобретя известные особенности, характерные для анонимной страны – фактического производителя. Таким образом, обоснованный выбор сварочной техники может быть сделан, во-первых, на основе анализа нормативных требований на машины [4,5] и, во-вторых, после тестирования машин на соответствие требованиям.

Сравнивая машины разных производителей можно отметить тенденции повышения уровня механизации, автоматизации и компьютеризации машин.

Как известно основное требование, предъявляемое к сварочному оборудованию: его способность обеспечивать требования технологии сварки [6-8]. Конструкция сварочной техники должна соответствовать размерам свариваемых трубных заготовок и условиям сварки. Наиболее авторитетными документами, на которые можно опираться при оценке сварочной техники, являются международный стандарт [4] и идентичные российские ГОСТ, в частности ГОСТ 12176-1-2011 [5]. Важными положениями этого документа являются представления о равноценности всех конфигураций сварочных машин, если они обеспечивают соблюдение технологических норм. А именно допускается применение машин:

- с механическим приводом;
- ручными насосами;

- полуавтоматических;
- полностью автоматизированных систем.

ГОСТ 12176-1-2011 устанавливает требования к времени удаления нагревателя, показателям жесткости центраторов, эксплуатационным характеристикам машин в целом и отдельных частей – торцевателей и нагревателей. Регламентированы также методы испытаний машин, детально изложенные в ГОСТ.

Приоритеты в развитии сварочного оборудования *RITMO* для стыковой сварки состоят в разработке мобильных сварочных машин "всё в одном".

Конструкция сварочных аппаратов *ALL TERRAIN* позволяет проводить в различных условиях с помощью передвижной конструкции шасси. На самоходное шасси *ALL TERRAIN* устанавливается электрогенератор, передние поворотные колеса позволяют сварочной машине поворачивать при передвижении вперед или назад.

Тенденция максимальной механизации наиболее трудоемких подготовительных работ реализована на самоходных сварочных машинах, на гусеничном шасси, с гидравлическим приводом зажимов, а также гидравлическим приводом подачи торцевателя и нагревателя в зону сварки.

Тенденция автоматизации и компьютеризации наиболее эффективно реализуется в цеховых машинах по производству сварных фитингов, поскольку в заводских условиях машины самой сложной конфигурации работают надежно, существенно повышая производительность труда.

Среди факторов, стимулирующих развитие сварочной техники, выделяют развитие электроники и компьютерной техники, совершенствование и удешевление электронных комплектующих, Результирующим вектором действия этого фактора является новый дизайн интерфейса компьютерной части машин средней и высокой степени автоматизации. На компьютерных блоках машин многих фирм появились цветные дисплеи *touchscreen*, выросла интуитивная составляющая управления машиной.

Тенденция локализации производства сварочной техники в России, в виду реалий международной ситуации имеет серьезные шансы развития.

Соответственно могут быть востребованы конструкторские наработки группы компаний ОАО ОЭРМЗ – ООО ТЭП [9], адаптированные к Российским погодно-климатическим условиям а также машины Тульского "АКБ Автоматики" или Петербургского "Сириус-Итона".

Вполне вероятно, что нынешние самые крепкие поставщики Европейских машин станут массово переходить на Российскую сборку этих машин, возможно, с постепенной заменой элементной базы.

Пока тенденция локализации производства сварочной техники в России не реализовалась, наиболее очевидно замещение поставок западной техники их китайскими аналогами, качество которых находится на хорошем уровне и постоянно растет [10].

### **1.3 Заключение**

Полиэтиленовые трубы, по сравнению с металлическими, более стойки к воздействию агрессивных сред, являются более гибкими и легкими, не склонны к образованию налета на своей внутренней поверхности. Применение многослойных полиэтиленовых труб повышает надежность магистрального газопровода.

Одним из факторов, обеспечивающих качество сварного стыка, является правильно подобранная сварочная машина. Машины существуют как отечественного, так и зарубежного производства. Из-за большого различия стоимости машин различных производителей, не лишним будет обратить при выборе внимание на такой фактор, как соотношение цена-качество.

## **2 Объект и методы исследования**

### **2.1 Описание сварной конструкции**

В выпускной квалификационной работе рассматривается изготовление магистрального полиэтиленового трубопровода, а именно рассмотрим изготовление плети из двух труб диаметром 500 мм и толщиной стенки 36,8 мм, материал труб *MRS* 10 МПа (ПЭ 100) (Труба ПЭ 100 ГАЗ *SDR* 21 500x36,8 ГОСТ Р 50838-2009), поставляется в соответствии с ГОСТ ИСО 12162-2006.

Внешний вид плети труб представлен в приложении А. Габаритные размеры изделия: 24000 x 500 мм.

Масса, кг: 9587,7 кг.

Плети изготавливаются на участке рядом с местом укладки, где производится сварка в нитку магистрального полиэтиленового трубопровода. После трубы укладываются и закапываются в траншею.

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

Так как магистральный полиэтиленовый трубопровод в соответствии со списком групп технических устройств опасных производственных объектов, сварка которых осуществляется аттестованными сварщиками с применением аттестованных сварочных материалов, сварочного оборудования и технологий сварки относится к группе технических устройств регламентированных Ростехнадзором, подведомственным НАКС [11] Нефтегазодобывающее оборудование (НГДО) (Утвержден решением НТС НАКС протокол №17 от 20.03.2007 г) выполнение работ должно выполняться согласно СП 42-103-2003 «Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов».

## **2.2.1 Квалификационные испытания сварщиков**

Для проверки квалификации сварщик, аттестованный в соответствии с ГОСТ Р 59604.2-2021, должен, как правило, сварить в условиях, близких к производственным, допускные сварные соединения. Сварка допускных сварных соединений производится в следующих случаях [12]:

- если сварщик впервые приступает к работе на предприятии;
- при перерыве в производстве сварочных работ стыковым способом более двух месяцев;
- при изменении типа сварочного оборудования (для проверки технологических параметров сварки);
- при изменении класса материала (ПЭ 100), диаметров (и толщин стенок) свариваемых нагретым инструментом встык труб, если работы выполняются впервые;
- при применении способа сварки, не предусмотренного СНиП 42-01.

## **2.2.2 Подготовка, сборка и обработка кромок**

Перед сборкой и сваркой труб, а также соединительных деталей необходимо тщательно очистить их полости от грунта, снега, льда, камней и других посторонних предметов, а соединяемые концы – от всех загрязнений на расстояние не менее 50 мм от торцов. Концы труб, защищенных полипропиленовой оболочкой, освобождаются от нее с помощью специального ножа на расстояние не менее 15 мм.

Очистку производят сухими или увлажненными кусками мягкой ткани из растительных волокон с дальнейшей протиркой и просушкой. Если концы труб или деталей (вследствие небрежного хранения) окажутся загрязненными смазкой, маслом или какими-либо другими жирами, то их обезжиривают с

помощью спирта, ацетона или специальных обезжиривающих составов. Не рекомендуется производить очистку и обезжиривание цветными и синтетическими волокнистыми тканями.

Сборку свариваемых труб и деталей, включающую установку, соосную центровку и закрепление свариваемых концов, производят в зажимах центратора сварочной машины.

Концы труб и деталей центруют по наружной поверхности таким образом, чтобы максимальная величина смещения наружных кромок не превышала 10% толщины стенок труб и деталей. Подгонку труб и деталей при центровке осуществляют поворотом одного из свариваемых концов вокруг их оси, перестановкой опор по длине трубы.

При сварке встык вылет концов труб из зажимов центраторов обычно составляет 15-30 мм, а привариваемых деталей – не менее 5-15 мм.

Закрепленные и сцентрированные концы труб и деталей перед сваркой подвергают механической обработке – торцеванию с целью выравнивания свариваемых поверхностей непосредственно в сварочной машине.

После механической обработки загрязнение поверхности торцов не допускается.

Удаление стружки из полости трубы или детали производят с помощью кисти, а снятие заусенцев с острых кромок торца – с помощью ножа.

После обработки еще раз проверяют центровку и отсутствие зазоров в стыке. Между торцами, приведенными в соприкосновение, не должно быть зазоров, превышающих 1 мм [12].

### **2.2.3 Сварка газопроводов**

Соединения полиэтиленовых труб между собой выполняется сваркой встык нагретым инструментом.

Сварочные работы могут производиться при температуре окружающего воздуха от минус 15 °С до плюс 45 °С. При выполнении сварочных работ при других температурах в технических условиях, стандартах или сертификатах на материалы определяется особый технологический режим сварки, который должен быть аттестован в соответствии с РД 03-615. Если особый режим сварки не установлен в этих документах, то при более широком интервале температур сварочные работы рекомендуется выполнять в помещениях (укрытиях), обеспечивающих соблюдение заданного температурного интервала.

Место сварки защищают от атмосферных осадков, ветра, пыли и песка, а в летнее время и от интенсивного солнечного излучения. При сварке свободный конец трубы или плети закрывают для предотвращения сквозняков внутри свариваемых труб.

Концы труб, деформированные сверх нормативного значения или имеющие забоины, рекомендуется обрезать под прямым углом. Гильотины или телескопические труборезы используются для обрезки труб диаметром свыше 63 мм [12].

### **2.2.3.1 Сварка встык нагретым инструментом**

Сваркой встык нагретым инструментом соединяются трубы и детали с толщиной стенки по торцам более 5 мм. Не рекомендуется сварка встык труб с разной толщиной стенок (SDR), изготовленных из разных марок полиэтилена и длинномерных труб.

Технологические параметры сварки выбираются по таблицам Приложения Д СП 42-103-2003 [12] в соответствии с маркой полиэтилена, из которого изготовлены трубы и детали.

Сборку и сварку труб и деталей рекомендуется производить на сварочных машинах с высокой и средней степенью автоматизации процесса сварки. Допускается также использовать машины с ручным управлением

процессом сварки, но с обязательным автоматическим поддержанием заданной температуры нагретого инструмента. (Не рекомендуется применять нагревательные инструменты, нагреваемые газом).

Технологический процесс соединения труб и деталей сваркой встык включает (рисунок 2.1) [12]:

- подготовку труб и деталей к сварке (очистка, сборка, центровка, механическая обработка торцов, проверка совпадения торцов и зазора в стыке);
- сварку стыка (оплавление, нагрев торцов, удаление нагретого инструмента, осадка стыка, охлаждение соединения).
- температуру рабочей поверхности нагретого инструмента выбирают по таблице Д.1 Приложения Д СП 42-103-2003 [12] в зависимости от материала свариваемых труб (ПЭ 100). Продолжительность оплавления  $t_{оп}$ , как правило, не нормируется и зависит от появления первичного грата.

Оплавление и нагрев торцов свариваемых труб и деталей осуществляют одновременно посредством их контакта с рабочими поверхностями нагретого инструмента.

При сварке нагретым инструментом рабочие поверхности нагревателя покрывают антиадгезионным слоем, препятствующим налипанию расплава на инструмент.

Маркировку сварных стыков (код оператора) производят несмываемым карандашом-маркером яркого цвета (например: белого или желтого – для черных труб, черного и голубого – для желтых труб).

Маркировку (номер стыка и код оператора) наносят рядом со стыком со стороны, ближайшей заводской маркировке труб.

Допускается маркировку (код оператора) производить клеймом на горячем расплаве грата через 20-40 с после окончания операции осадки в процессе охлаждения стыка в зажимах центриатора сварочной машины в двух диаметрально противоположных точках. Рекомендуется использовать клейма типа ПУ-6 или ПУ-8 по ГОСТ 2930 [12].

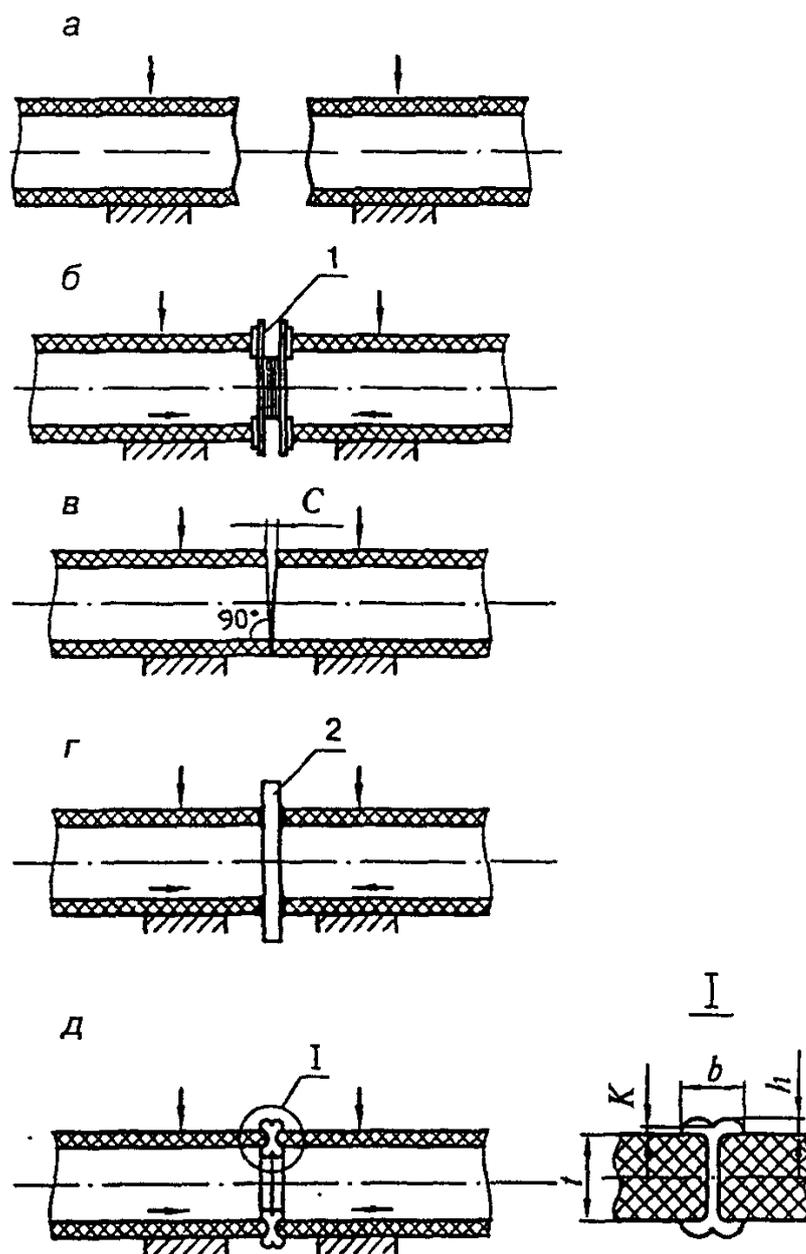


Рисунок 2.1 – Последовательность процесса сборки и сварки встык труб из полиэтилена [12]

а – центровка и закрепление в зажимах сварочной машины концов свариваемых труб; б – механическая обработка торцов труб с помощью торцовки 1; в – проверка соосности и точности совпадения торцов по величине зазора С; г – оплавление и нагрев свариваемых поверхностей нагретым инструментом 2; д – осадка стыка до образования сварного соединения (в сечении *I* даны буквенные обозначения основных геометрических размеров соединения встык, регламентированные, 8.11, 8.12, таблицей 23 СП 42-103-2003)

#### **2.2.4 Монтажные и укладочные работы**

Работы по укладке газопроводов рекомендуется производить при температуре наружного воздуха не ниже минус 15 °С и не выше плюс 30 °С.

При укладке газопроводов при более низкой температуре наружного воздуха необходимо организовать их подогрев до требуемой температуры. Это условие может быть выполнено путем пропуска подогретого воздуха через подготовленный к укладке газопровод. При этом температура подогретого воздуха не должна быть более плюс 60 °С.

При непрерывном методе укладки газопровода диаметром 500 мм с использованием двух трубоукладчиков следует действовать в соответствии со схемами рисунка 2.2.

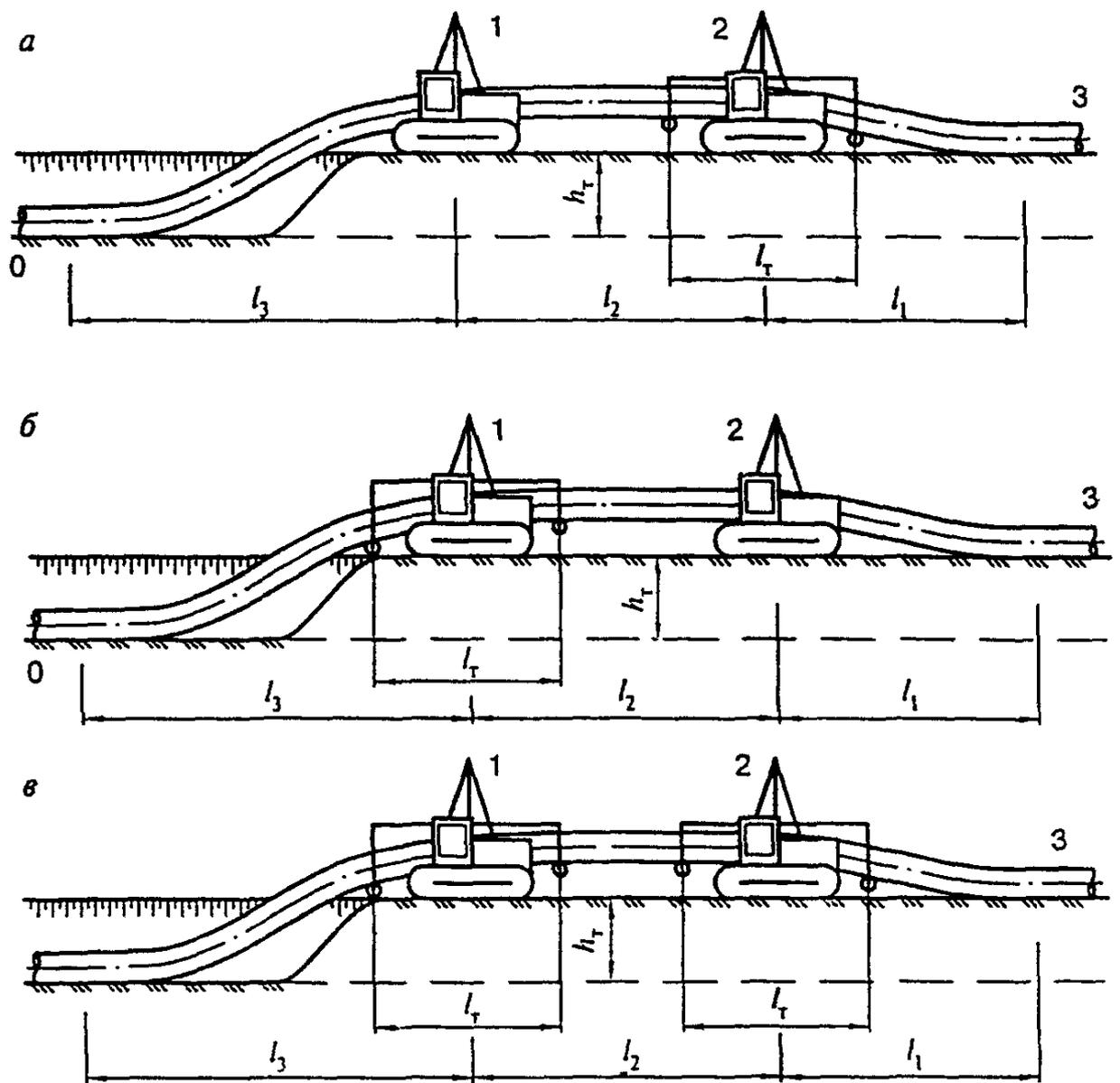


Рисунок 2.2 – Схемы укладки газопроводов с бермы траншеи с применением траверс [12]

а – с траверсой головного трубоукладчика; б – с траверсой у заднего трубоукладчика; в – с траверсами у обоих трубоукладчиков; 1 – задний трубоукладчик; 2 – головной трубоукладчик; 3 – трубная плеть

## **2.2.5 Очистка внутренней полости**

Очистку полости газопроводов выполняют продувкой воздухом. Допускается пропуск очистных поршней из эластичных материалов. Продувка осуществляется скоростным потоком (15-20 м/с) воздуха под давлением, равным рабочему. Газопровод очищается участками или целиком в зависимости от его конфигурации и протяженности.

Продолжительность продувки должна составлять не менее 10 мин, если в проектной документации не содержится других требований.

Диаметр выходного патрубка и полнопроходного крана на нем должен составлять не менее 0,3 диаметра продуваемого участка.

Продувка считается законченной, когда из продувочного патрубка начинает выходить струя незагрязненного сухого воздуха. Во время продувки участки газопровода, где возможна задержка грязи (переходы, отводы и пр.), рекомендуется простукивать неметаллическими предметами (дерево, пластмасса), не повреждающими поверхность трубы.

Для продувки и пневматического испытания газопроводов применяют компрессорные установки, соответствующие по мощности и производительности диаметру и длине испытываемого газопровода [12].

## **2.2.6 Требования к контролю**

### **2.2.6.1 Входной контроль качества труб из полиэтилена**

При поступлении партии труб или соединительных деталей в строительную организацию производят входной контроль их качества путем внешнего осмотра и измерения основных геометрических параметров изделий на соответствие нормативной документации.

Внешний осмотр и определение размеров труб или деталей производят по методикам, указанным в нормативной документации на изделие.

При поступлении в строительную организацию синтетических тканевых шлангов и специального двухкомпонентного клея входной контроль качества осуществляется путем внешнего осмотра с учетом требований технических условий на эти изделия.

Входной контроль качества труб и соединительных деталей из полиэтилена производится в соответствии с требованиями СНиП 3.01.01 и ПБ 12-529 [12].

#### **2.2.6.2 Технические требования к контролю качества сварных соединений полиэтиленовых труб**

Контролю качества подвергаются сварные соединения полиэтиленовых труб, соответствующих требованиям СНиП 42-01 и положениям настоящего СП.

Методы контроля качества сварных соединений подразделяются на обязательные (экспресс) методы, проводимые лабораториями строительно-монтажных организаций, и специальные, которые рекомендуются к использованию отраслевыми испытательными центрами в случае необходимости подтверждения результатов экспресс-методов, проведения углубленных исследований и других целей.

Вырезку контрольных соединений из газопровода осуществляют, как правило, в период производства сварочных работ с целью исключения вварки "катушек". Контрольные соединения выполняются по требованию органов надзора в случаях обнаружения нарушений технологии сварки.

Проверке подвергаются допускные и контрольные соединения, выполненные сварщиком в соответствии с нормами СНиП 42-01 и положениями настоящего СП.

Сварные соединения, забракованные при внешнем осмотре и измерениях, исправлению не подлежат и должны быть из газопровода удалены.

При неудовлетворительных результатах испытаний сварных соединений экспресс-методами необходимо произвести проверку удвоенного числа соединений тем же методом контроля, по которому были получены неудовлетворительные результаты. Если при повторной проверке хотя бы одно из проверяемых соединений окажется неудовлетворительного качества, то сварщик отстраняется от работы и направляется для переаттестации или проверяется сварочная техника, которая использовалась для сварки этих стыков. Порядок проведения дальнейших работ на газопроводе определяется требованиями СНиП 42-01.

Перечень методов испытаний, обязательных при проведении контроля качества сварных соединений, приведен в таблице 2.1 [12].

Таблица 2.1 – Перечень методов испытаний, обязательных при проведении контроля качества сварных соединений

Метод испытаний	Способ сварки
Внешний осмотр	Нагретым инструментом встык. Деталими с ЗН
Испытание на осевое растяжение	Нагретым инструментом встык
Ультразвуковой контроль	То же
Пневматические испытания	Нагретым инструментом встык. Деталими с ЗН
Испытание на сплющивание	Деталими с ЗН
Испытание на отрыв	Деталими с ЗН (только для седловых отводов)

## 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 *MathCad 14*.

2. Проектировочный метод. Был спроектирован участок сборки-сварки сварки стыка магистрального полиэтиленового газопровода. 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) определить 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 стыка магистрального полиэтиленового газопровода.

### 3 Разработка технологического процесса

#### 3.1 Анализ исходных данных

##### 3.1.1 Основные материалы

В соответствии с пунктом 2.1, трубы изготавливаются из полиэтилена марки ПЭ 100 по ГОСТ Р 58121.2-2018. Цвет коммуникаций – желтый либо черный с оранжевыми полосами вдоль трубы согласно ГОСТ Р 58121.1. Характеристики композиции в форме гранул приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики композиции в форме гранул [13]

Показатель	Требование
Плотность композиции, кг/м <sup>3</sup>	≥930
Термостабильность (время окислительной индукции), мин	>20
Показатель текучести расплава (ПТР), г/10 мин <sup>2</sup>	0,12 ПТР 1,40
Разброс ПТР в пределах партии	±20%
Массовая доля летучих веществ, мг/кг	350
Содержание воды, мг/кг	300
Доля технического углерода (сажи)	2,0%-2,5% по массе

Условное обозначение трубы. Труба из полиэтилена ПЭ 100, SDR 13,6, номинальным наружным диаметром 500 мм и номинальной толщиной стенки 36,8 мм, с удаляемым защитным слоем: Труба ПЭ 100 ГАЗ SDR 13,6 500x36,8 ГОСТ Р 58121.2-2018 [13].

### 3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки

Соединения полиэтиленовых труб между собой и с полиэтиленовыми соединительными деталями выполняются двумя методами сварки: сваркой встык нагретым инструментом и сваркой при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями (ЗН) [12].

Сваркой встык нагретым инструментом соединяются трубы и детали с толщиной стенки по торцам более 5 мм [12]. Так как толщина стенки трубы составляет 36,8 мм принимается сварка встык.

### 3.2 Выбор технологических режимов

Основными параметрами сварки встык являются [12]:

- температура нагретого инструмента  $T_n$ ;
- продолжительность оплавления  $t_{оп}$  и нагрева  $t_n$ ;
- давление нагретого инструмента на торцы при оплавлении  $P_{оп}$  и нагреве  $P_n$ ;
- продолжительность технологической паузы между окончанием нагрева и началом осадки  $t_п$ ;
- давление на торцы при осадке  $P_{ос}$ ;
- время охлаждения сваренного стыка под давлением осадки  $P_{охл}$ .

Для машин со средней и высокой степенью автоматизации дополнительным нормируемым параметром может являться время нарастания давления осадки  $t_d$ .

Оплавление торцов выполняется при давлении  $P_{оп} = 0,2 \pm 0,02$  МПа в течение времени  $t_{оп}$ , достаточного для образования по всему периметру контактирующих с нагревателем торцов труб валиков расплавленного материала (первичного грата) высотой не менее 2,0 мм.

После появления первичного грата давление снижается до  $P_n = 0,02 \pm 0,01$  МПа и торцы нагреваются в течение времени  $t_n$ , которое в зависимости от сортамента (толщины стенки) труб и деталей, температуры окружающего воздуха  $T_o$ ,  $t_n = 115-190$  с.

Допускается давление  $P_n$  снижать до минимума при сохранении постоянства контакта торцов труб (деталей) с нагретым инструментом.

Продолжительность технологической паузы, необходимой для удаления нагретого инструмента, должна быть минимальной, не более 6 с.

После удаления нагретого инструмента торцы труб и деталей сводятся и производится осадка стыка при давлении  $P_{oc} = 0,2 \pm 0,02$  МПа. Осадку стыка осуществляется плавным увеличением давления до заданного уровня.

Время нарастания давления осадки  $t_d$ , с, для труб из ПЭ 100 составит  $t_d = 8-12$  с.

Охлаждение стыка производится под давлением осадки в течение времени  $t_{охл}$ , величина которого принимается равной  $t_{охл} = 19-24$  с, оно зависит от толщины стенки свариваемых труб и деталей и температуры окружающего воздуха  $T_o$  [12].

Режимы сварки показаны в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Режимы сварки [12]

$T_n, ^\circ\text{C}$	$t_n, \text{с}$	$t_d, \text{с}$	$t_{охл}, \text{с}$
$220 \pm 10$	115-190	8-12	19-24

### 3.3 Выбор основного оборудования

Выбираем сварочное оборудование для стыковой сварки полиэтиленовых труб. Согласно СП 42-103-2003 выбираем стыковую

сварочную машину с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA* [14].

Предназначение – Стыковая сварка пластиковых труб и фитингов.

Отличительные особенности:

- машина с ЧПУ-управлением и ручным удалением нагревательного элемента из зоны сварки(средняя степень автоматизации);
- гидроагрегат снабжен электронным управлением нагревательным элементом, дисплеем для контроля давления на протяжении всего цикла сварки, блоком протоколирования процесса сварки, удобный цветной дисплей с сенсорным управлением, *USB*-порт для передачи данных;
- данный аппарат имеет съёмный нагревательный элемент с *PTFE*-покрытием;
- особенность конструкции гидравлических сварочных аппаратов позволяет сваривать фитинги;
- высокая степень защиты от загрязнения, удобна в транспортировке.

Технические характеристики стыковой сварочной машины с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA* приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Технические характеристики стыковой сварочной машины с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA* [14]

Параметр	Значение
1	2
Область применения	Наружные инженерные сети
Гарантия	1 год
Материалы свариваемых труб	ПЭ, ПП, ПВДФ
Блок протоколирования	Да
Габариты машины (ДхШхВ), мм	2240х1300х1500
Диапазон диаметров свариваемых труб, мм	200-500

Мощность нагревательного элемента, кВт	4
Мощность торцевателя, кВт	1,21

Продолжение таблицы 3.3

1	2
Мощность гидростанции, кВт	1,9
Общая мощность, кВт	7,2
Вес, кг	389
Напряжение, В	230/400
Вес нагревательного элемента, кг	32
Вес торцевателя, кг	68
Вес 4-х зажимного центратора, кг	238,5
Объём масляного бака, л	1

Внешний вид стыковой сварочной машины с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA* показан на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Внешний вид стыковой сварочной машины с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA* [14]

### 3.4 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 [15].

На рисунке 3.2 показаны варианты технологической схемы сварки стыка полиэтиленовых труб.

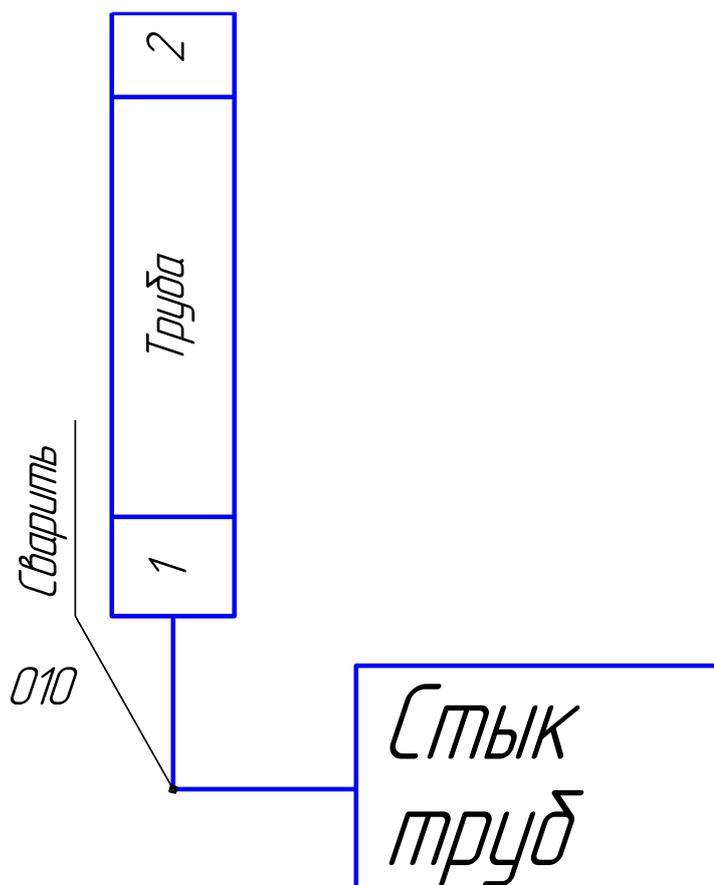


Рисунок 3.2 – Технологические схемы сварки стыка полиэтиленовых труб

### **3.5 Выбор методов контроля. Регламент проведения. Оборудование**

#### **3.5.1 Визуальный и измерительный контроль**

Внешнему осмотру подвергаются соединения, выполненные любым способом сварки. Рекомендуется иметь на предприятии контрольные образцы соединений, по которым можно вести наглядное сравнение внешнего вида сварных соединений трубопровода.

Внешний вид сварных соединений, выполненных сваркой нагретым инструментом встык, отвечает следующим требованиям [12]:

- валики сварного шва должны быть симметрично и равномерно распределены по окружности сваренных труб;
- цвет валиков должен быть одного цвета с трубой и не иметь трещин, пор, инородных включений;
- симметричность шва (отношение ширины наружных валиков грата к общей ширине грата) должна быть в пределах 0,3-0,7 в любой точке шва;
- смещение наружных кромок свариваемых заготовок не должно превышать 10% толщины стенки трубы;
- впадина между валиками грата К (линия сплавления наружных поверхностей валиков грата) не должна находиться ниже наружной поверхности труб;
- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать  $5^\circ$ .

Размеры валиков наружного грата швов зависят от толщины стенки и материала свариваемых труб и должны составлять: высота 5,5-9,0 мм; ширина 19,0-28,0 мм.

Определение размеров валиков производится непосредственно на сварном шве в условиях строительного производства. Допускается производить определение расположения впадины между валиками грата и замер самих валиков после срезания наружного грата по всему периметру трубы. Срезание

наружного грата должно производиться при помощи специальных приспособлений, не наносящих повреждений телу трубы и не выводящих толщину стенки за пределы допускаемых отклонений.

Отдельные наружные повреждения валиков сварного шва (срезы, сколы, вдавленности от клеймения стыка) протяженностью не более 20 мм и не затрагивающие основного материала трубы считать браком не следует [12].

Методика определения внешнего вида и размеров сварных соединений.

Внешний вид сварных соединений определяют визуально без применения увеличительных приборов путем сравнения оцениваемого соединения с контрольным образцом, а также путем измерения наружного сварочного грата с точностью  $\pm 0,1$  мм.

Измерения швов проводят как минимум в двух взаимоположенных зонах по периметру шва.

Контроль ширины и высоты наружного грата осуществляют штангенциркулем по ГОСТ 166. Допускается использование шаблонов с проходным и непроходным размерами.

Для контроля симметричности валиков наружного грата по ширине производят замер их с помощью измерительной лупы ЛИ-3х. Затем рассчитывают отношение замеренных размеров с округлением до целого значения процента. Расчет симметричности валиков наружного грата по высоте производят аналогично.

Для измерения смещения кромок может использоваться специальный шаблон. Шаблон устанавливают по образующей одной из труб, прижимая его к трубе в околошовной зоне. Из-за смещения кромок при этом на другом конце опорной площадки шаблона наблюдается его подъем над поверхностью трубы. С помощью щупа производят замер зазора между поверхностью заготовки и пяткой шаблона. Далее рассчитывают отношение (в процентах) измеренного абсолютного значения смещения кромок к номинальной толщине стенки трубы. Расчет производят с округлением до целого значения процента [16].

Для ВИК применяются, штангенциркуль ШЦ-2-1600, лупа измерительная 10-х, шаблон специальный, люксметр не менее 500 Лм.

### **3.5.2 Ультразвуковой контроль**

Ультразвуковому контролю подвергаются соединения полиэтиленовых труб, выполненные сваркой нагретым инструментом встык и соответствующие требованиям визуального контроля (внешнего осмотра).

Количество сварных соединений, подвергаемых ультразвуковому контролю, следует определять по нормам СНиП 42-01 в зависимости от условий прокладки газопровода и степени автоматизации сварочной техники.

К выполнению работ по ультразвуковому контролю допускаются специалисты, имеющие сертификат установленной формы на право проведения контроля не ниже второго уровня квалификации по акустическим методам контроля, а также удостоверение о дополнительном обучении по контролю сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов.

С помощью ультразвукового контроля должны выявляться внутренние дефекты типа несплавлений, трещин, отдельных или цепочек (скоплений) пор, включений.

Дефекты сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов по результатам ультразвукового контроля относят к одному из следующих видов [12]:

- одиночные (поры, механические включения, примеси);
- протяженные (несплавления, трещины, удлиненные поры и включения, цепочки или скопления пор, включений).

Оценка качества сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов производится по следующим признакам [12]:

- максимально допустимой площади дефекта (амплитудный критерий);

- по условной протяженности дефекта (амплитудно-временной критерий);
- по количеству допустимых дефектов на периметре стыка.

В случае определения разных значений условной протяженности дефекта при контроле сварного шва с двух его сторон оценка качества производится по большему из них [12].

Для ультразвукового контроля применяют ультразвуковой дефектоскоп А1212 МАСТЕР. Технические характеристики дефектоскопа А1212 МАСТЕР приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Технические характеристики дефектоскопа А1212 МАСТЕР [17]

Параметр		Значение
1		2
Диапазон установки скорости ультразвука		500-14 999 м/с
Рабочие частоты		0,5-15 МГц
Допустимые расхождения рабочих и номинальных частот		$\pm 10\%$
Пределы возможной абсолютной погрешности измерения глубины дефекта Н с прямым преобразователем		$\pm(0,02Н+1,00)$ мм
Диапазоны измерения координат дефекта (по стали) наклонным преобразователем 65°:	глубины Н	3-1300 мм
	дальности по поверхности L	5-2800 мм
Пределы допустимой абсолютной погрешности измерения координат дефекта с наклонным преобразователем 65°:	глубины Н	$\pm(0,03Н+1)$ мм
	дальности по поверхности L	$\pm(0,03L+1)$ мм
Диапазоны измерения координат дефекта (по стали) с наклонным преобразователем 70°:	глубины Н	3-500 мм
	дальности по поверхности L	7-1400 мм
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения координат дефекта с наклонным преобразователем 70°:	глубины Н	$\pm(0,03Н+1)$ мм
	дальности по поверхности L	$\pm(0,03L+1)$ мм
Пределы допустимой абсолютной погрешности измерения отношений амплитуд сигналов на входе приемника		$\pm 0,5$ дБ
Источник питания		аккумулятор
Продолжительность работы от аккумулятора		8-12
с минимальным. уровнем свечения экрана, ч		12
с максимальным уровнем свечения экрана, ч.		8
С включенным подогревом и подсветкой, ч.		-
Габариты электронного блока		260x157x43 мм

Продолжение таблицы 3.4

1	2
Масса электронного блока, не более	0,8 кг
Тип дисплея	цветной TFT
Размер рабочей площади экрана, мм	77x58
Разрешение экрана	640x480
Заявленная наработка на отказ, не менее	35 000 ч
Заявленный срок службы, не менее	8 лет
Диапазон рабочих температур	от -30 до +55 °С

Ультразвуковой дефектоскоп А1212 МАСТЕР это модернизированный вариант дефектоскопа А1212 Мастер Профи. Обновленная модель А1212 представляет собой современный, полностью цифровой, дефектоскоп обеспечивающий реализацию типовых и специализированных методик УЗК, высокую производительность и точность измерений. Дефектоскоп А1212 МАСТЕР предназначен для поиска и оценки дефектов, в объектах из металлов и пластмасс, с возможностью построения функции ВРЧ по 32-м точкам и АРД – диаграмм.

А1212 сделан в России и готов к работе, как в лабораторных условиях, так и на объектах подверженных агрессивным воздействиям окружающей среды - температуры, грязи, осадков. Данный прибор входит в реестр средств НК ПАО «Газпром» и табель технической оснащенности лабораторий контроля качества ПАО «Транснефть». Надежность дефектоскопа подтверждается сертификатом Госстандарта и положительными отзывами российских дефектоскопистов. Пройти обучение работе с УЗ дефектоскопом А1212 Мастер, можно в нашем учебном центре оснащенном данным прибором.

Дефектоскоп А1212 Мастер имеет полностью цифровой тракт, поэтому он имеет ряд отличительных функций, присущих только приборам данного типа.

## Особенности дефектоскопа А1212 МАСТЕР.

Полный цифровой тракт (ПЦТ). Данная особенность предполагает оцифровку сигнала до его детектирования. С помощью ПЦТ достигается высокая линейность измерения амплитуды, качественная цифровая фильтрация и обработка сигналов. Применение цифровой обработки позволяет отслеживать длинные временные интервалы без пропусков коротких импульсов.

Высокая частота зондирования. Данная особенность предполагает запоминание быстропротекающих процессов и вывод их на экран с определенной скоростью, доступной для нормального восприятия человеком.

Большой энергетический потенциал. Позволяет зарегистрировать более далекие и малые дефекты. С помощью цифрового фильтра и программируемого многопериодного генератора сигналов возбуждения дефектоскопа можно дополнительно поднять уровень сигнала над шумом на 15-20 дБ.

Удобная конструкция. Эргономичный корпус, небольшой вес (800 грамм), малые габариты, ударопрочный пластик в корпусе прибора. Защита от грязи и пыли с помощью специальных пазов, уплотнителей и особой герметизации соответствует нормам не ниже *IP65*. Дефектоскоп А1212 МАСТЕР оптимален для работы в труднодоступных местах, ограниченных пространствах и командировках.

Многообразие энергопитания прибора. Дефектоскоп А1212 Мастер питается от встроенного аккумулятора, от сети или от пальчиковых элементов. Непрерывная работа дефектоскопа на заряженном аккумуляторе составляет не менее 8 часов.

Жидкокристаллический дисплей (640 x 480 точек) с белой подсветкой и системой подогрева экрана. Обеспечивает высокую контрастность, возможность работы в условиях низких температур, большой угол обзора и малое потребление энергии.

Интуитивный интерфейс. Управление прибором можно осуществлять интуитивно с помощью понятных меню, ассоциативных, пояснительных рисунков, схематичных обозначениях клавиш.

Возможность работы с внешним компьютером. Предполагает наличие востренной памяти и возможность подключения к внешнему компьютеру. Данная особенность позволяет анализировать и документировать собранную информацию.

Возможность записи голосовых комментариев к сохраняемым кадрам с помощью беспроводной *Bluetooth* гарнитуры [17].

### **3.5.3 Пневматические испытания сварных соединений**

Пневматическим испытаниям подвергаются сварные соединения, выполненные как сваркой нагретым инструментом встык. Пневматические испытания соединений проводятся одновременно с испытаниями всего построенного газопровода в соответствии с требованиями СНиП 42-01 и положениями раздела "Испытания и приемка газопроводов" настоящего СП и СП 42-101.

### **3.6 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, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов.

Разработка технологических процессов включает [18]:

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 стыка магистрального полиэтиленового газопровода из труб диаметром 500 мм приведена в приложении Б.

### **3.7 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.

Рассчитаем норму времени сварки стыка полиэтиленовых труб магистрального газопровода.

Масса дет. поз. 1 (2 шт.)  $m_1= 4793,85$  кг; установка краном на площадку  $t_1=6,4 \times 2=12,8$  мин.; установка сварочного аппарата на трубу  $t_2= 3,2$  мин.; продолжительность нагрева  $t_3= 3$  мин.; удаление нагретого инструмента  $t_4= 0,1$  мин.; время нарастания давления осадки  $t_5= 0,1$  мин.; время охлаждения сваренного стыка под давлением осадки  $t_6= 0,3$  мин.; снятие сварочного аппарата с трубы  $t_7= 3,2$  мин.

Найдем общее время на сварку:

$$1. t_{в.и} = 12,8+3,2+3+0,1+0,1+0,3+3,2= 22,7 \text{ мин.}$$

### 3.8 Материальное нормирование

#### 3.8.1 Расход основного материала

Количество полиэтилена, идущего на изготовление одного сварного стыка (двухтрубки) составляет  $m_m = 9587,7$  кг.

#### 3.8.2 Расход электроэнергии

С учетом полевых условий работы, в данный расчет следует включить:

- расход дизельного топлива, потребляемого генератором [18]:

$$C_{\text{топ}}=t_{\text{дг}} \times M_{\text{топ}} \times \text{Ц}_{\text{топ}}, \text{ руб}, \quad (3.17)$$

где  $t_{\text{дг}}$  – продолжительность работы дизельного генератора во время сварки одного стыка, при нагрузке 70%,  $t_{\text{дг}}=0,378$  ч (см. пункт 3.7);

$M_{\text{топ}}=34$  л/час – расход топлива за час работы при нагрузке 70% [19];

$\text{Ц}_{\text{топ}}=53,5$  руб/л – цена дизельного топлива [20];

$$C_{\text{топ}}=0,378 \times 34 \times 53,5= 456,65 \text{ руб},$$

- расход масла [18]:

$$C_{\text{мас}}=t_{\text{дг}} \times M_{\text{мас}} \times \text{Ц}_{\text{мас}}, \text{ руб}, \quad (3.18)$$

где  $M_{\text{мас}}=0,07$  л – расход масла за час работы при нагрузке 70% [19];

$C_{\text{мас}}=75$  руб/л – цена масла [21].

$$C_{\text{мас}}=0,378 \times 0,07 \times 75 = 1,99 \text{ руб,}$$

Затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{\text{тэ}} = 456,65 + 1,99 = 458,63 \text{ руб.}$$

## 4 Проектирование участка сборки сварки

### 4.1 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 [22]:

- 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 [22]:

- 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 изоляция-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 балластирования (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 (вдольтрассовый проезд) 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 вечномерзлых 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, тягач с дизельгенератором, стыковая сварочная машина с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA*. Планировка участка представлена в приложении В.

## 4.2 Расчёт основных элементов производства

К основным элементам производства относятся рабочие, ИТР, контролеры, оборудование, материалы и энергетические затраты [18].

### 4.2.1 Определение количества необходимого числа оборудования

Необходимое число оборудования рассчитаем по формуле [18]:

$$n_p = \frac{T_r}{\Phi_d}, \quad (4.1)$$

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

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

$$T_r = N \times T, \quad (4.2)$$

где,  $N$  – годовая программа выпуска продукции,  $N = 4000$  шт.;

$T$  – длительность одной операции, мин.

Рассчитаем время необходимое для выполнения годовой программы продукции.

$$T_r = 4000 \times \frac{22,7}{60} = 1513 \text{ ч.},$$

$\Phi_n$  – номинальный фонд рабочего времени при односменной работе равен 1980 часов, найдем действительный отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - 5\% = 1980 - 5\% = 1881 \text{ ч.},$$

$$n_p = \frac{1513}{1881} = 0,8,$$

округляем  $n_p$  в большую сторону и принимаем  $n_p = 1$ .

Найдем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p} = \frac{0,8}{1} = 0,8.$$

#### 4.2.2 Определение состава и численности рабочих

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

$$\Sigma T_r = 1513 \text{ ч.},$$

$\Phi_{\text{н}}$  – номинальный фонд рабочего времени равен 1976 часов, найдем действительный, отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - 12\% = 1976 - 12\% = 1734 \text{ ч.}$$

Определим количество рабочих явочных [18]:

$$P_{\text{яв}} = \frac{T_r}{\Phi_{\text{н}}} = \frac{1513}{1976} = 0,77. \quad (4.3)$$

Примем число сварщиков равным  $P_{\text{яв}} = 1$ .

Определим количество рабочих списочных [17]:

$$P_{\text{сп}} = \frac{T_r}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{1513}{1739} = 0,87. \quad (4.4)$$

Примем число сварщиков равным  $P_{\text{сп}} = 1$ .

На основе произведенных расчетов было установлено, что для выполнения годовой программы требуется одна бригада. Численность/состав одной сварочно-монтажной бригады полуавтоматической сварки на объекте составляет:

- вспомогательный рабочий 1 чел;
- сварщик 1 чел;

- стропальщик 1 чел;
- машинист трубоукладчика 1 чел;
- наладчик сварочного оборудования 1 чел;
- электрик 1 чел.
- ИТР 1 чел.
- контролер качества продукции 1 чел.

## **5 Финансовый менеджмент**

### **5.1 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.

### **5.2 Экономический анализ техпроцесса**

Разработка технологического процесса сварки кольцевого стыка труб 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 сварки кольцевого стыка труб в качестве способа сварки предложена сварка встык нагретым инструментом. Для выполнения сварки принято следующее оборудование: сварочная машина с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA*.

Проведем технико-экономический анализ разработанного технологического процесса сварки кольцевого стыка труб.

Показатель приведенных затрат является обобщенным показателем. Расчет приведенных затрат  $Z_{п}$ , руб/изд. производят по формуле [33]:

$$C_{прив} = C_{год} + E_n \times K, \quad (5.1)$$

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

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

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

### 5.2.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды

При расчете приведенных затрат капитальные вложения определяют, как сумму следующих расходов [18]:

$$K = K_o + K_{п} + K_{зд}, \quad (5.2)$$

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

$K_{п}$  – капитальные вложения в сборочно-сварочные приспособления и другую оснастку, руб.;

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

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

Капитальные вложения в оборудование определяем по формуле [18]:

$$K_{co} = \sum_{i=1}^n \Pi_{oi} \times O_i \times \mu_{oi}, \quad (5.3)$$

где  $\Pi_{oi}$  – оптовая цена единицы оборудования  $i$ -го типоразмера с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб.;

$O_i$  – количество оборудования  $i$ -го типоразмера, ед.;

$\mu_{oi}$  – коэффициент загрузки оборудования  $i$ -го типоразмера.

Цены на оборудование берутся за 01.01.2022 (смотри таблицу 5.1).

Таблица 5.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [23]

Наименование оборудования	Цо, руб
<i>ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA</i> 1 шт.	2020593

$$K_{CO}=2020593 \times 1 \times 0,804 = 1635641 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в сварочное оборудование приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования	Kco, руб.
<i>ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA</i> 1 шт.	1635641
Итого	1635641

### 5.2.2 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 [18]:

$$C_{\text{год}}=N_{\text{г}} \times (C_{\text{М}}+C_{\text{В}} + C_{\text{З}}+C_{\text{Э}}+ C_{\text{а}}+ C_{\text{и}} +C_{\text{п}}), \text{ руб./год.} \quad (5.4)$$

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

- $C_B$  – затраты на вспомогательные материалы, руб;
- $C_3$  – затраты на заработную плату, руб;
- $C_Э$  – затраты на электроэнергию, руб;
- $C_a$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;
- $C_{и}$  – затраты на амортизацию приспособлений, руб.;
- $C_{п}$  – затраты на содержание помещения, руб.

### 5.2.2.1 Определение затрат на основные материалы

Стоимость одной трубы из полиэтилена ПЭ100 составляет 271380 руб./изд.

### 5.2.2.2 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле [18]:

$$C_3 = (C_{чi} \times T_o \times K_{доп} \times K_{сс} \times K_{рай.})/60, \quad (5.5)$$

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.;

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

$K_{сс}$  – 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.

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

$$C_3 = (110,47 \times 22,7 \times 1,2 \times 1,3 \times 1,3)/60 = 84,76 \text{ руб./изд.}$$

### 5.2.2.3 Определение затрат на силовую электроэнергию

С учетом полевых условий работы, в данный расчет следует включить:

- расход дизельного топлива, потребляемого генератором [18]:

$$C_{\text{топ}} = t_{\text{дг}} \times M_{\text{топ}} \times \text{Ц}_{\text{топ}}, \text{ руб}, \quad (3.17)$$

где  $t_{\text{дг}}$  – продолжительность работы дизельного генератора во время сварки одного стыка, при нагрузке 70%,  $t_{\text{дг}} = 0,378$  ч (см. пункт 3.7);

$M_{\text{топ}} = 34$  л/час – расход топлива за час работы при нагрузке 70% [19];

$\text{Ц}_{\text{топ}} = 53,5$  руб/л – цена дизельного топлива [20];

$$C_{\text{топ}} = 0,378 \times 34 \times 53,5 = 456,65 \text{ руб},$$

- расход масла [18]:

$$C_{\text{мас}} = t_{\text{дг}} \times M_{\text{мас}} \times \text{Ц}_{\text{мас}}, \text{ руб}, \quad (3.18)$$

где  $M_{\text{мас}} = 0,07$  л – расход масла за час работы при нагрузке 70% [19];

$\text{Ц}_{\text{мас}} = 75$  руб/л – цена масла [21].

$$C_{\text{мас}} = 0,378 \times 0,07 \times 75 = 1,99 \text{ руб},$$

Затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{\text{тэ}} = 456,65 + 1,99 = 458,63 \text{ руб}.$$

### 5.2.2.4 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Затраты на амортизацию и ремонт оборудования при заданном объеме производства определяются по формуле [18]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n \frac{\text{Ц}_{\text{oi}} \times \text{Oi} \times \mu_{\text{oi}} \times a_i \times r_i}{N_{\Gamma}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (5.6)$$

где  $a_i$  – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования  $i$ -го типоразмера,  $a_i = 0,15$  % [33],

$r_i$  – коэффициент затрат на ремонт оборудования,  $r_i = 1,15 \dots 1,20$  [33],

$$C_3 = \frac{2020593 \times 1 \times 0,804 \times 0,15\% \times 1,15}{4000} = 468,07 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

Амортизация оборудования представлена в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Амортизация оборудования

Наименование оборудования		С <sub>з</sub> , руб/изд.
<i>ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA</i>	1 шт.	468,07
ИТОГО		468,07

Результаты расчетов по определению технологической себестоимости сводятся в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Технологическая себестоимость

№ п/п	Затраты	Сумма, руб.
1	Затраты на основной материал	271380
2	Заработная плата	84,76
3	Затраты на электроэнергию	458,63
4	Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	468,07
ИТОГО технологическая себестоимость:		272391,46

### 5.3 Расчет технико-экономической эффективности

Определим себестоимость продукции:

$$C_{\text{год}} = 4000 \times (271380 + 84,76 + 458,63 + 468,07) = 1089565848,26 \text{ руб/изд.} \times \text{год.}$$

Определим капитальные вложения:

$$K = 1635641 \text{ руб.}$$

Определим количество приведенных затрат:

$$C_{прив} = 1089565848,26 + 0,15 \times 1635641 = 1089809694,41 \text{ руб/изд.} \times \text{год.}$$

#### 5.4 Основные технико-экономические показатели участка

Основные технико-экономические показатели участка представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – 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.	1089809694,41
7	Себестоимость одного изделия, руб.	272391,46

Вывод. В ходе исследования финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения были определены цены на оборудование, основные материалы; рассчитаны капитальные вложения в сварочное оборудование, так же затраты на основной материал, зарплату рабочим, расходы на электроэнергию, амортизацию и ремонт оборудования, в ходе чего мы получили следующие цифры:

- капитальные вложения 1635641 руб;
- себестоимость продукции 1089565848,26 руб.

В результате проведенных расчетов было определено количество приведенных затрат 1089809694,41 руб/изд.×год.

## **6 Социальная ответственность**

### **6.1 Описание рабочего места**

В данной выпускной квалификационной работе производится сборка и сварка кольцевого стыка труб. По предлагаемому технологическому процессу производится сварка встык нагретым инструментом. В качестве сварочного оборудования используется сварочная машина с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA*. В качестве контролирующих методов используются: визуально-измерительный; метод ультразвукового контроля.

### **6.2. 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.

### **6.3 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 выполнении сборки и сварки кольцевого стыка труб встык нагретым инструментом. Полиэтилены низкого и высокого давления, а также пропилен выделяют при сварке монооксид углерода, непредельные углеводороды, органические кислоты, формальдегид.

Концентрация вредных паров, газов и пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать предельно допустимую,

установленную требованиями ГОСТ 12.1.005-76 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования». Вредные вещества, выделяемые при переработке основных видов пластмасс, применяемых для изготовления труб и их предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.3.030-80 [25].

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не превышает предельно-допустимой концентрации, так как работы производятся на открытом воздухе и не требуют применения вентиляции.

## 2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются: сварочная машина с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA*.

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 [26].

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещения 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 [27].

### 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  $172 \div 293$  Дж/с ( $150 \div 250$  ккал/ч) [28].

Нагрузку создает необходимость придержать детали при установке и т. п. Предлагается использовать машину сварочную с центратором и гидравлическим приводом.

### 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.

Вибрацию создает насос гидропривода.

### **6.3.1 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.

При сварке неповоротного кольцевого сварного стыка применимо только световое время суток. В разные времена года оно различно. Так в летний период времени рабочий день составляет 12 часов, а в зимний – не более 8 часов, поэтому практический расчет освещения производится не будет.

#### **6.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды**

##### 1. 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.

##### 2. 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 [29]:

$$R_{TP} = \frac{\rho}{2 \times \pi \times l_T} \times \ln \frac{2 \times l_T}{d}, \quad (6.1)$$

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:

$$n = \frac{R_{TR}}{R_3 \times \eta_3}, \quad (6.2)$$

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:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \times h \times l} \times \ln \frac{2 \times l_{II}^2}{b/n}, \quad (6.3)$$

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 [29]:

$$l_n = 1,05 \times a \times (n-1), \quad (6.4)$$

где  $a$  – расстояние между заземлениями, см;

$$\begin{aligned} a &= 2 \times l_{mp} = 2 \times 2 = 4 \text{ см}, \\ l_n &= 1,05 \times 4 \cdot (4-1) = 13 \text{ м}. \end{aligned} \quad (6.5)$$

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

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

$$R_C = \frac{R_{TP} \times R_{II}}{R_{TP} \times h_{II} + R_{II} \times \eta_{\Theta} \times n}, \quad (6.6)$$

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

$n$  – число труб заземлений, шт;

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

$h_{II}$  – коэффициент использования соединительной полосы,  $h_{II} = 0,7$ .

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

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.

## 6.5 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 о целесообразности охраны окружающей среды вопрос не стоит. 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.

## **6.6 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.

ЧС военного времени. Особенности опасностей (чрезвычайных ситуаций) военного времени:

- они планируются, подготавливаются и реализуются человеком, его разумом и поэтому имеют более сложный и изощрённый характер, чем природные и техногенные опасности;
- в реализации опасностей военного времени меньше стихийного и случайного; оружие применяется, как правило, в самый неподходящий момент для жертвы агрессии и в самом уязвимом для неё месте;
- развитие средств поражения всегда опережает развитие адекватных

средств защиты;

- для создания средств поражения всегда используются последние научные достижения, привлекаются лучшие научные силы, лучшая научно-производственная база; всё это ведёт к тому, что от некоторых средств нападения практически невозможно найти средств и методов защиты (например, ракетно-ядерное оружие);

- современные и будущие войны всё чаще носят террористический, антинациональный характер; мирное население воюющих стран превращается в один из объектов вооружённого воздействия с целью подрыва воли и способности противника оказывать сопротивление.

Основные принципы защиты населения при ЧС мирного и военного 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 углекислотный ОУ-5 для тушения небольших поверхностей горючих жидкостей, электрооборудования и установок, находящихся под напряжением.

## **6.7 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 и сварки кольцевого стыка труб.

Для сборки-сварки кольцевого стыка труб применено специализированное оборудование, определены режимы сварки, разработана технологическая карта.

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

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

Годовая производственная программа составляет 4000 изделий.

Средний коэффициент загрузки оборудования – 80 %.

Количество приведенных затрат – 1089809694,41 руб./изд.·год.

## Библиография

1. Подокшина Д.И. Учебное пособие для обучающихся III-IV курсов ПМ.ВЧ. 01 Организация и выполнение работ по строительству и монтажу систем газораспределения и газопотребления. Строительство и монтаж газопроводов из полиэтиленовых труб. Специальность: 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения для среднего профессионального образования. – Бахчисарай: БКСАиД (филиал) ФГАОУ КФУ «им. В.И. Вернадского», 2016. – 67 с.

2. К.А. Хохлов / Применение многослойных полиэтиленовых труб марки мультипайп при строительстве газопроводов / Сборник трудов конференции. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, 2018 г. – С. 316-320.

3. В.И. Кимельблат, И.В. Волков. Гармонизация образовательной деятельности в области сварки полимерных Вестник Казанского технологического Университета. – Изд-во Казан. гос. технол. ун-та-2013.-т.16, №7 – С.315-318.

4. ISO 12176-1:2006 «*Plastics pipes and fittings – Equipment for fusion jointing polyethylene systems – Part 1: Butt fusion*».

5. ГОСТ 12176-1-2011 Трубы и фитинги пластмассовые. Оборудование для сварки полиэтиленовых систем. Часть 1. Сварка нагретым инструментом встык.

6. В.И. Кимельблат Сварка ПЭ труб: тенденции развития Пластикс №6(135) 2014, с.38-43

7. ISO 21307:2011 *Plastics pipes and fittings – Butt fusion jointing procedures for polyethylene (PE) pipes and fittings used in the construction of gas and water distribution systems (MOD)*.

8. ГОСТ Р 55276-2012(ISO 21307:2011) Национальный стандарт Российской Федерации. Трубы и фитинги пластмассовые. Процедуры сварки

нагретым инструментом встык полиэтиленовых (ПЭ) труб и фитингов, используемых для строительства газо- и водопроводных распределительных систем.

9. В.И. Кимельблат, Салахов М.Ш., Надиев Ф.П. Новые установки для сварки полиэтиленовых труб встык. Трубопроводы и экология. №4 (24) – 2002 г. С. 31-32.

10. И.В. Волков, В.И. Кимельблат / Современное состояние и актуальные новации техники для сварки полиэтиленовых труб нагретым инструментом встык // Вестник казанского технологического университета – № 16 (17) – 2014 г. – С. 175-178

11. НАКС URL: <http://www.naks.ru/>? (дата обращения: 22.05.2022)

12. СП 42-103-2003 «Система нормативных документов в строительстве свод правил по проектированию и строительству проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов».

13. ГОСТ Р 58121.1 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива.

14. Стыковая сварочная машина с гидравлическим приводом *ROWELD P500 B PREMIUM CNC SA* URL: [https://www.rothenberger.ru/catalog/oborudovanie\\_instrument\\_dlya\\_svarki\\_i\\_obraботki\\_polimernykh\\_trub/stykovye\\_svarochnye\\_apparaty\\_dlya\\_plastikovykh\\_trub/svarochnye\\_apparaty\\_dlya\\_stykovoy\\_svarki\\_s\\_gidravlicheskim\\_privodom\\_razlichnoy\\_stepeni\\_avtomatizatsi/1000000565-stykovaya-svarochnaya-mashina-s-gidravlicheskim-privodom-roweld-p500-v-premium-cnc-sa/](https://www.rothenberger.ru/catalog/oborudovanie_instrument_dlya_svarki_i_obraботki_polimernykh_trub/stykovye_svarochnye_apparaty_dlya_plastikovykh_trub/svarochnye_apparaty_dlya_stykovoy_svarki_s_gidravlicheskim_privodom_razlichnoy_stepeni_avtomatizatsi/1000000565-stykovaya-svarochnaya-mashina-s-gidravlicheskim-privodom-roweld-p500-v-premium-cnc-sa/) (дата обращения: 22.05.2022)

15. 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.

16. СП 42-103-2003 Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов

17. Ультразвуковой дефектоскоп А1212 МАСТЕР URL: <https://ntcexpert.ru/uc/ultrazvukovoi-defektoskop/576-ultrazvukovoj-defektoskop-a1212-master> (дата обращения: 22.05.2022)

18. 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.

19. Дизельный генератор TEKSAN TJ9PE5L-1 URL: <https://1kwt.com/katalog/dizelnye-generatory/dizelnyj-generator-teksan-tj9pe5l-1-1330/> (дата обращения: 22.05.2022)

20. Цены на бензин, ДТ и газ в Юрге (на карте) URL: <https://azsprice.ru/yurga> (дата обращения: 22.05.2022)

21. Масло моторное M8B Sibi Motor 4л URL: <https://satom.ru/p/619101394-maslo-motornoe-m8b-sibi-motor-4l/> (дата обращения: 22.05.2022)

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

23. Аппарат для стыковой сварки *Rothenberger Roweld P 500 B Professional* URL: <http://rothenbergertools.ru/catalog/apparaty-dlya-svarki-polimernykh-trub/apparaty-dlya-stykovoy-svarki-s-gidravlicheskim-privodom/apparat-dlya-stykovoy-svarki-rothenberger-roweld-p-500-b-professional/> (дата обращения: 05.06.2022)

24. 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.

25. Вредные факторы при сварке полиэтиленовых труб URL: <https://36doors.ru/svarka/vrednye-factory-pri-svarke-polietilenovyh-trub/> (дата обращения: 08.06.2022)

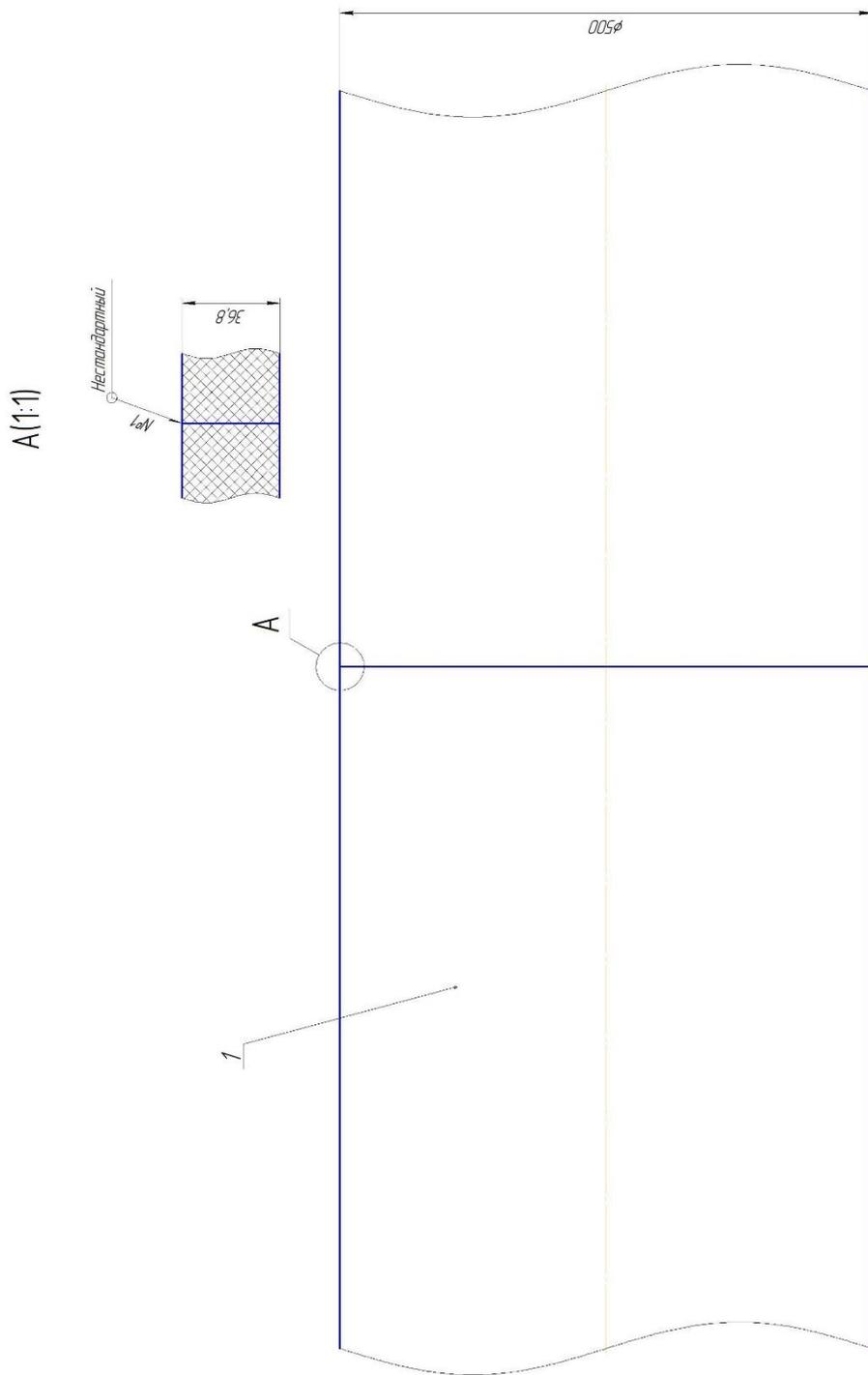
26. ГОСТ 12.0.0030-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)».

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

28. 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.

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

Приложение А  
(Обязательное)  
Стык магистрального полиэтиленового газопровода



1. Труба ПЭ 100 ГАЗ SDR 13,6 500x36,8 ГОСТ Р 58121.2-2018

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**(Обязательное)**

Операционно-технологическая карта

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА СВАРКИ СТЫКОВ ТРУБ, ВЫПОЛНЕННЫХ КОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ ОПЛАВЛЕНИЕМ						
Организация	Наименование газопровода	Диаметр, толщина стенки, мм		Способ сварки	Конструктивные элементы сварных соединений	Шифр карты
-	-	500 (36,8)		СС	Труба + труба	-
Характеристика труб					Подготовка под сварку, сборка и параметры сварного шва	
Марка материала, номер ТУ	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности	Нормальный предел прочности, Мпа, (кгс/мм <sup>2</sup> )	Эквивалент углерода, %	
ПП100	500	36,8	-	-	-	
Режимы сварки						
Температура нагретого инструмента, °С		Продолжительность нагрева, с			Время нарастания давления осадки, с	Время охлаждения, м
220±10		115-190			8-12	19-24



Приложение В  
(Обязательное)  
План участка

