

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки - 15 03 01 Машиностроение  
 Отделение электронной инженерии

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
<i>Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм</i>

УДК 621.791.75:622.691.4.073

#### Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Слободян Виталий Алексеевич		

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	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 ОСГН	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева И.Л.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Арышева Г.В.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина А.А.	к.т.н.		

## Планируемые результаты обучения по программе

<b>Планируемые результаты освоения ООП</b>	
<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации

ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен 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)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности

<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2022 г.	Описание сварной конструкции	10
08.04.2022 г.	Обзор материалов трубопроводов	10
15.04.2022 г.	Обзор существующих способов сварки	10
22.04.2022 г.	Подбор оборудования	15
29.04.2022 г.	Подбор режима сварки	15
08.05.2022 г.	Контроль качества сварных соединений	10
19.05.2022 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
28.05.2022 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2022 г.	Заключение	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина А.А.	к.т.н.		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Отделение электронной инженерии  
 Направление 15.03.01 Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Першина А.А.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Слободян Виталий Алексеевич

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 10.01.2022 №10-6/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2022 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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></p>	<p>Магистральный газопровод. Режим работы изделия – непрерывный. Материал изделия – марка полиэтилена ПЭ100. Требования к изделию и сварным швам – отсутствие дефектов.</p> <p>Рабочее место сварщика – полевые условия.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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></p>	<p>1 Описание изделия 2 Обзор оборудования для производства изделий 3 Конструкторская часть 4 Технологическая часть 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность 7 Заключение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p>Графический материал: 1 Презентация 2 Чертеж сварного изделия</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Т.Б.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева И.Л.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01 февраля 2022 г.</p>
--	---------------------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Слободян Виталий Алексеевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В71	Слободян Виталий Алексеевич

<b>Институт</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОТСП</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников предприятия
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент – 1,3; - норма амортизации – 10-15%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов.	Общая система налогообложения. Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%);

**Перечень вопросов, подлежащих разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Потенциальные потребители результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений
2. Планирование технического проекта	Формирование плана и графика разработки - определение структуры работ; - определение трудоемкости выполнения работ по проекту; - разработка графика.
3. Нормирование времени сварки и экономическая оценка сравниваемых способов сварки	Формирование операционных норм времени на сварку: - основное время на сварку; - вспомогательное время; - подготовительно-заключительное время; - штучное время; - штучно-калькуляционное время. Формирование текущих затрат на сварочные работы: - материальные затраты; - заработная плата; - отчисления во внебюджетные фонды; - амортизация оборудования.

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Диаграмма Ганта

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В71	Слободян Виталий Алексеевич		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3-1В71		Слободян Виталий Алексеевич	
<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОТСП</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:


<b>Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> Технология сборки и сварки полиэтиленового трубопровода  <i>Область применения:</i> нефтегазовая отрасль.  <i>Рабочая зона:</i> полевые условия.  <i>Климатическая зона:</i> Республика Казахстан, Карагандинская область, г. Темиртау. Местность холмистая. Климат резко-континентальный.  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> сварочный аппарат для полиэтиленовых труб, торцеватель.  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> сборка, торцевание кромок, сварка трубопроводов.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>СТО Газпром 2-2.1-411-2010 Проектирование, строительство и эксплуатация газопроводов давлением от 0,6 Мпа до 1,2 Мпа из полиэтиленовых труб; ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; ТК РФ от 30.01.2001 №197-ФЗ; Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 г. № 534).</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека;</li> <li>2. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.</li> <li>3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</li> <li>4. Действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых объектов на работающего</li> </ol>

	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;</li> <li>2. Повышенный уровень шума;</li> <li>3. Повышенный уровень общей вибрации;</li> <li>4. Производственные факторы, связанные с аномальными климатическими и погодными условиями на местонахождении работающего;</li> <li>5. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</li> <li>6. Длительное сосредоточенное наблюдение.</li> </ol> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> Контур заземления, спецодежда, респираторы, диэлектрические перчатки и обувь.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b> Отходы в сварочном производстве ПЭ труб и промышленного мусора;</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> выбросы химических прекурсоров (ацетон и т.д.).</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> выделение в воздух летучих продуктов термоокислительной деструкции, газообразного топлива.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b> Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (разгерметизация трубопровода с выбросом газообразного топлива в окружающую среду, пожар)</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> Разгерметизация трубопровода</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
11.01.2022 г.	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Слободян Виталий Алексеевич		05.04.2022

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 88 с., 13 рис., 24 табл., 42 источника, 15 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: полиэтилен, полиэтилен низкого давления, полиэтилен высокой плотности, магистральный газопровод, технология сварки, сварка нагретым инструментом.

Объектом исследования является процесс сварки и сборки полиэтиленовых трубопроводов.

Предмет исследования: магистральный газопровод из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм.

Целью работы является разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода для транспортировки газа на длительные расстояния.

В процессе исследования проводились: изучение полиэтиленовых материалов, способов сварки, подбор режима сварки, изучение используемого оборудования для сварки.

В результате исследования был изучен процесс сборки и сварки полиэтиленовых трубопроводов.

Область применения относится к нефтегазовой отрасли России.

Экономическая эффективность работы: сварка нагретым инструментом полиэтиленовых труб экономически выгоднее на 40 % чем механизированная сварка в защитном газе стальных трубопроводов аналогичного диаметра.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом Microsoft Word 2016 и графическом редакторе «КОМПАС-3D V16».

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

### Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Полиэтилен (ПЭ) – разновидность полиолефинов, которые представляют собой продукты полимеризации и сополимеризации непредельных углеводородов (этилена).

Полиэтилен низкого давления (ПНД), полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) – это разновидность полиэтилена, синтезирующимся полимеризацией этилена при низком давлении (3,5-4 МПа) на комплексных металлоорганических катализаторах.

### Обозначения и сокращения

ПЭ – полиэтилен

ПЭВП – полиэтилен высокой плотности

ПНД – полиэтилен низкого давления

### Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
- 2 ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
- 3 СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.
- 4 ГОСТ Р 58121.1-2018 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Часть 1. Общие требования.

- 5 ГОСТ Р 58121.2-2018 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Часть 2. Трубы.
- 6 ГОСТ Р 58121.3-2018 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Часть 2. Фитинги.

## Содержание

	С.
Введение.....	16
1 Описание сварной конструкции .....	18
1.1 Свойства и характеристика материала.....	18
1.2 Полиэтиленовые трубы для газопровода.....	20
1.3 Основные технические свойства ПНД-трубопроводов .....	22
2 Разработка технологии сварки.....	24
2.1 Существующие способы сварки полиэтиленовых трубопроводов .....	24
2.2 Последовательность сварки .....	25
2.3 Обоснование выбора основного сварочного оборудования.....	34
2.4 Режим сварки.....	39
3 Контроль качества и исправление дефектов .....	42
3.1 Дефекты сварных соединений .....	42
3.2 Проверка качества соединения .....	43
3.3 Неразрушающие методы контроля качества.....	43
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	50
4.1 Определение норм времени на сварку .....	50
4.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	56
4.2.1 Затраты на сварочные материалы.....	57
4.2.2 Затраты на защитный газ.....	58
4.2.3 Затраты на заработную плату рабочих .....	59
4.2.4 Затраты на отчисления на социальные цели .....	60
4.2.5 Затраты на электроэнергию.....	61
4.2.6 Затраты на ремонт оборудования .....	62
4.3 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва.....	63
5 Социальная ответственность .....	65
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	65
5.2 Производственная безопасность .....	66
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	68

5.3 Экологическая безопасность.....	73
5.3.1 Защита литосферы.....	73
5.3.2 Защита гидросферы.....	73
5.3.3 Защита атмосферы .....	74
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС).....	74
Заключение .....	78
Список использованных источников .....	79
Приложение А Операционная технологическая карта .....	83
Приложение Б ФЮРА.000001.001 СБ Сварное соединение .....	88

## Введение

Актуальность проблемы. Работа и обслуживание магистральных газопроводов сегодня - это применение современного оборудования и техники, соответствующих важности данного типа объектов. Газ – универсальное топливо, которое является основой российской экономики, широко применяясь в промышленности и быту. Справедливо можно сказать, что история газификации России еще не написана полностью, поскольку использование природного газа продолжается. Профессиональное отношение к каждому этапу работы, контроль безопасности трубопроводов и применение качественного оборудования - вот ориентиры для тех, кто трудится в газовой отрасли на благо России [1].

Задача магистрального газопровода – транспортировать сырье с места разработки потребителям либо соединять разные месторождения. Магистральные трубопроводы часто имеют ответвления, которые транспортируют часть газа в жилые дома и на промышленные предприятия. Для этого применяются трубы малого диаметра, а транспорт сырья осуществляется непрерывно. Отвод газа в жилой сектор нередко осуществляется с применением такого современного материала, как полиэтиленовые трубы для газопроводов.

Применение пластмасс в ряде случаев позволяет исключить проблему защиты от коррозии, в 10-15 раз продлить срок службы изделий по сравнению со стальными. Использование пластмасс позволяет в 8-10 раз уменьшить массу изделий и не менее чем на 15-20% снизить расходы на транспорт [2].

К началу 1998 г. в России эксплуатировалось около 11000 км полиэтиленовых газопроводов [3].

Трубопроводы, изготовленные из ПЭ, имеют ряд преимуществ перед трубами из традиционных материалов [4]:

- коррозионная стойкость;



- гарантийный срок службы не менее 50 лет (при использовании в сетях холодного водоснабжения и канализации в соответствии с ГОСТ 18599-2001);
- санитарно-гигиеническая и экологическая безопасность;
- низкая шероховатость и практическое отсутствие зарастания труб;
- высокая стойкость к гидроабразивному износу;
- высокая химическая стойкость;
- устойчивость к гидравлическим ударам;
- устойчивость к воздействию блуждающих токов (не проводит ток);
- небольшой вес труб;
- легкость транспортирования;
- прочность сварных соединений, превосходящая прочность самих труб;
- высокая ремонтпригодность.

Целью работы является разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода для транспортировки газа на длительные расстояния.

Для достижения поставленной цели предлагается решить следующие задачи:

- анализ технологии и техники сварки полиэтиленовых трубопроводов, сварочного оборудования, контроля сварных соединений, укладки трубопроводов;
- создание безопасных условий на рабочем месте сварщика.

Практическое значение ВКР заключается в разработке Операционной технологической карты сборки и сварки полиэтиленовых трубопроводов нагретым инструментом (шифр ТК-НИ-ПЭ-225/2022).

## 1 Описание сварной конструкции

Сварной конструкцией является труба для газообразного топлива из ПНД диаметром 225 мм и толщиной стенки 25,2 мм (рисунок 1).

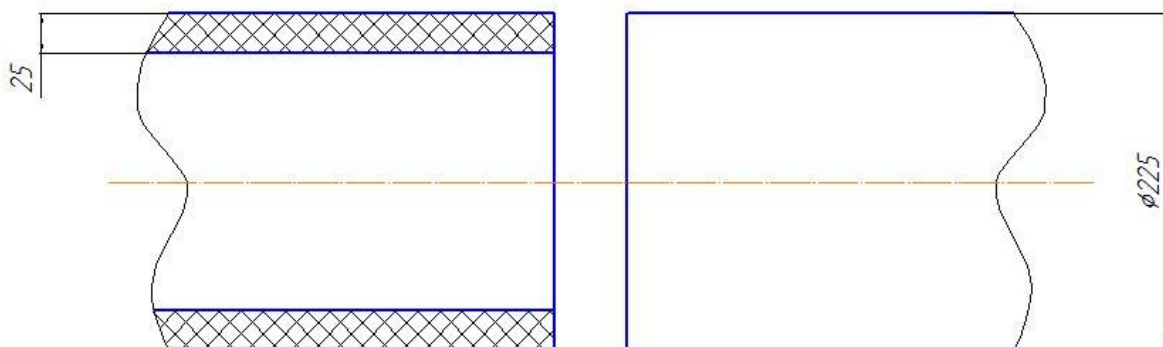


Рисунок 1 – Свариваемые трубы из ПЭ

### 1.1 Свойства и характеристика материала

Полиэтилен или ПЭ – это продукт полимеризации этилена. В зависимости от метода полимеризации получают полиэтилен высокого, среднего и низкого давления, которые различаются молекулярной массой, плотностью, степенью кристалличности, разветвленностью макромолекул. В зависимости от способа получения, назначения и методов переработки выпускаются различные марки полиолефинов (продуктов полимеризации и сополимеризации непредельных углеводородов) и композиции на их основе со стабилизаторами, красителями, наполнителями, антистатическими, полупроводящими, вулканизирующими и другими добавками [5].

Химические свойства полиэтилена:

1. Полиэтилен получается из простейшего непредельного углеводорода - газа этилена ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ).
2. Структурная формула полиэтилена:  $-\text{CH}_2-[\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n-\text{CH}_2-$ . Число звеньев «n» не имеет определенной величины и может колебаться в пределах одной до ста тысяч (1000-100000). Длина каждой цепочки в

тысячи раз превосходит ее толщину. На концах цепочек располагаются атомы или радикалы (группы атомов), отличающиеся по составу от внутренних звеньев [2].

3. По строению макромолекул полиэтилен относится к линейным полимерам.

Линейные полимеры (рисунок 2, а) представляет собой длинные зигзагообразные цепи. В разветвленных полимерах (рисунок 2, б) основная цепь имеет боковые ответвления, число и длина которых могут варьироваться в широких пределах. Пространственные полимеры (рисунок 2, в) представляют структуры, построенные из длинных цепей, соединенных друг с другом в трехмерную сетку поперечными химическими связями, образованными из атомов или групп атомов.

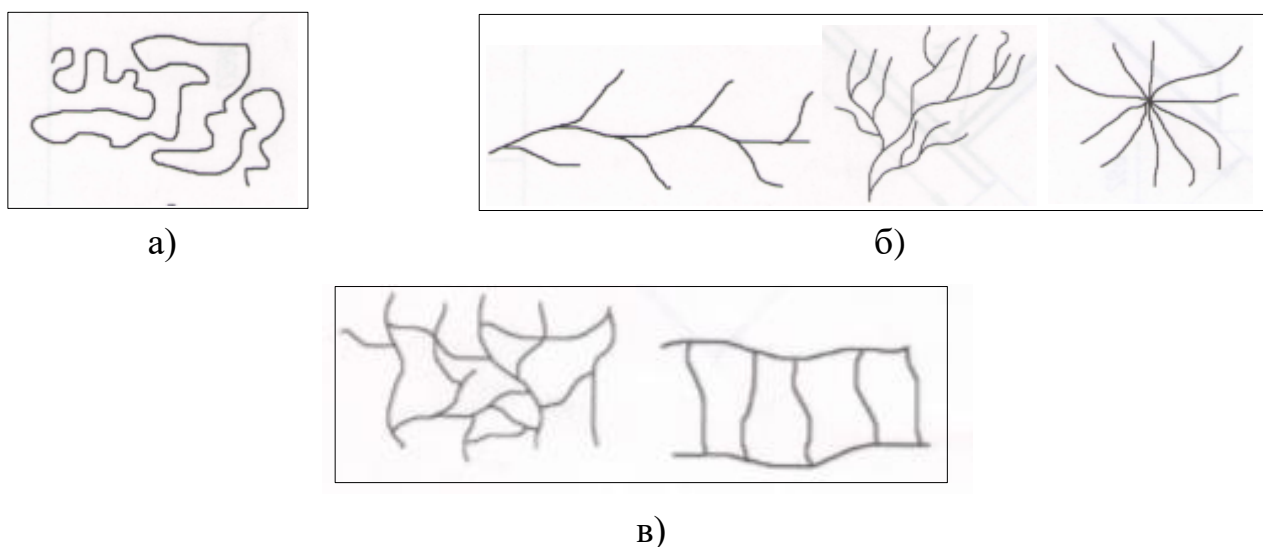


Рисунок 2 – Схематическое изображение макромолекул различной топологии:

а) – линейный полимер, б) – разветвленные, в) – пространственные [2]

Линейные и разветвленные полимеры обычно хорошо растворяются и плавятся (переходят в вязкотекучее состояние).

## 1.2 Полиэтиленовые трубы для газопровода

Для строительства газопроводов используются следующие материалы в зависимости от давления транспортируемой среды:

- полиэтиленовые трубы и соединительных детали, изготовленные из марки ПЭ100 SDR 11, при давлении газопровода свыше 0,6 до 1,0 МПа включительно, при условии, что максимальная величина давления газа от источника газораспределения не превышает значения 1,0 МПа;
- полиэтиленовые трубы, изготовленные из марки ПЭ100 SDR 9, и соединительных деталей, изготовленных из марки ПЭ100 и разрешенных к применению в установленном порядке, при давлении свыше 0,6 до 1,2 МПа включительно [6].

Подбор полиэтиленовых трубопроводов осуществляется исходя из следующих характеристик:

- стандартное размерное отношение SDR: числовое обозначение типа трубы, представляющее собой удобное округленное число, приблизительно равное отношению номинального наружного диаметра трубы  $d_n$  к ее номинальной толщине стенки  $e_n$ :

$$SDR = \frac{d_n}{e_n}. \quad (1)$$

- максимальное рабочее давление (MOP): максимальное эффективное давление газа в трубопроводе, допускаемое для постоянной эксплуатации, рассчитывается по формуле:

$$MOP = \frac{20 \times MRS}{C \times (SDR - 1)}, \quad (2)$$

где MRS – минимальная длительная прочность: значение нижнего доверительного предела прогнозируемой гидростатической прочности при 20°C для 50 лет эксплуатации;

C – коэффициент запаса прочности: коэффициент со значением больше 1, учитывающий условия эксплуатации, в том числе свойства элементов трубопровода, не учтенные при определении нижнего доверительного

предела [7].

В таблице 1 представлено соотношение между коэффициентом запаса прочности (С) и максимальным рабочим давлением (MOP).

Таблица 1 – Соотношение между коэффициентом запаса прочности и максимальным рабочим давлением

Максимальное рабочее давление MOP, МПа	Расчетное значение коэффициента запаса прочности С для максимального рабочего давления MOP	
	Трубы из ПЭ 100 (MRS=10,0 МПа)	
	SDR 11	SDR 9
0,3	6,7	8,3
0,4	5,0	6,2
0,6	3,3	4,2
1,0	2,0	2,5
1,2	-	2,1

Исходя из требований, указанных выше, для диаметра трубопровода 225 мм толщина стенок приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Минимальная толщина стенки полиэтиленового трубопровода [14]

Номинальный наружный диаметр $d_n$ , мм	Минимальная толщина стенки $e_{min}$ , мм	
	SDR 9	SDR11
225	25,2	20,5

В таблице 3 представлены физико-химические характеристики полиэтилена трубной марки ПЭ100.

Таблица 3 – Свойства полиэтилена трубной марки ПЭ100

Показатель	Значение
MRS (Минимальная длительная прочность) Мпа	10,0
Плотность при 23°C, кг/м <sup>3</sup>	960-970
Показатель текучести расплава при 190°C и нагрузке 5 кг, г/10 мин	0,1-0,5
Предел текучести при растяжении, МПа, не менее	21
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	700
Термостабильность при 200°C, мин, не менее	20
Температура хрупкости, °C, не выше	-70
Содержание сажи, % мас.	2,0-2,5

Показатель	Значение
Массовая доля летучих веществ, мг/кг, не более	350
Тип распределения технического углерода	I-II
Коэффициент теплового расширения, мм/м °К	0,15-0,20

### 1.3 Основные технические свойства ПНД-трубопроводов

При монтаже газопроводов используются ПНД-трубопроводы с цветовой маркировкой желтого цвета – полностью желтые, либо черные с желтыми (оранжевыми) продольными полосками. ПНД-трубопроводы обладают следующими характеристиками:

- высокой твердостью, объясняемой высокой кристалличностью вещества;
- высокой прочностью на растяжение и сжим;
- практически абсолютной паровой и жидкостной непроницаемостью;
- хорошей химической стойкостью по отношению к большинству агрессивных сред с содержанием кислот, щелочей, жиров и масел;
- отличными диэлектрическими свойствами;
- возможностью переработки термическими методами, легкостью сварки и склейки.
- малый вес (примерно в 5-7 раз меньший, чем аналогичные изделия из чугуна, бетона и стали), дающий легкие транспортировку и монтаж, а также отменяющий необходимость дополнительной опоры крепежа;
- гладкие внутренние поверхности, исключая засоры и не зарастающие взвесьями из транспортируемых жидкостей;
- простая сборка всех видов ПНД-трубопровода с помощью муфт, фитингов и сварки при сравнительно низких температурах плавления полиэтилена;
- долговечность труб – срок эксплуатации достигает 50 лет.

В настоящее время существуют специальные нормативные акты, регламентирующие качество полиэтиленовых труб – это ГОСТ 16338-85 [8] и ГОСТ Р 58121.2-2018 [9].

Несмотря на то, что ПНД-трубопроводы обладают множеством положительных свойств, есть и недостатки, которые нельзя игнорировать:

- низкая теплопроводность;
- фотодеструкция: трубы под воздействием солнечных лучей быстро приходят в негодность, поэтому они предназначены только для подземных коммуникаций;
- склонность к деформации;
- полиэтилен не эксплуатируется при высоких температурах – допустимое максимальное температурное воздействие плюс 40°С [10];
- для нормальной эксплуатации трубопровода температура окружающей среды не должна опускаться ниже минус 15°С [10];
- горючесть;
- максимальное рабочее давление не превышает 2 Мпа;
- ограничения по глубине прокладки газопровода – минимальная – 1 м;
- если коммуникация ведется под инженерными сооружениями, трубы необходимо помещать в закрытые стальные футляры;
- не подходят для монтажа газопровода в сейсмически активных районах.

Выводы по разделу

Рассмотрены полиэтиленовые материалы, их свойства, а также сортамент трубопроводов, изготовленных из этих материалов. Выбраны параметры свариваемых трубопроводов. Следующим шагом является анализ существующих способов сварки полиэтиленовых трубопроводов и подбор оптимального способа для строительства магистрального газопровода.

## 2 Разработка технологии сварки

### 2.1 Существующие способы сварки полиэтиленовых трубопроводов

В настоящее время существует несколько способов создания неразъёмного соединения полиэтиленовых трубопроводов большого диаметра [4]:

- сварка нагретым инструментом встык;
- сварка деталями с закладными электронагревателями (ЗН).

При сварке нагретым инструментом встык трубы соединяются между собой оплавленными торцами (рисунок 3, а). Этот способ сварки является доминирующим при соединении труб с толщиной стенки более 5 мм. Для нагрева инструмента используется электрический ток.

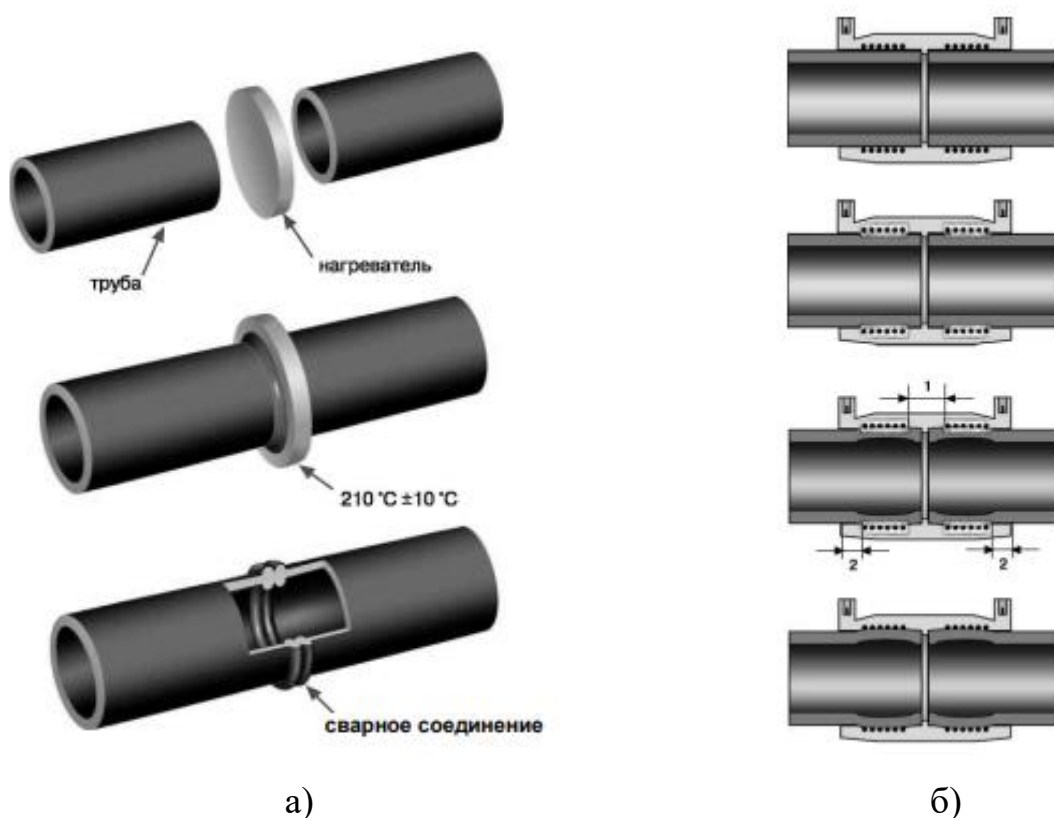


Рисунок 3 – Процесс получения неразъёмного соединения:

а) нагретым инструментом встык; б) с применением муфты с ЗН [4]



Важное место вслед за сваркой нагретым инструментом занимает сварка труб деталями с закладными нагревателями, которая показала наибольшую эффективность при соединении труб малого диаметра и при выполнении соединений в труднодоступных местах. При сварке деталями с закладными электронагревателями (ЗН) трубы соединяются между собой при помощи специальных полиэтиленовых соединительных деталей, имеющих на внутренней поверхности встроенную электрическую спираль из металлической проволоки (рисунок 3, б). Получение сварного соединения происходит в результате расплавления полиэтилена на соединяемых поверхностях труб и деталей за счет тепла, выделяемого при протекании электрического тока по проволоке спирали.

На рисунке 4 представлена разновидность сварки нагретым инструментом встык, с использованием профилированного инструмента вмято плоского.

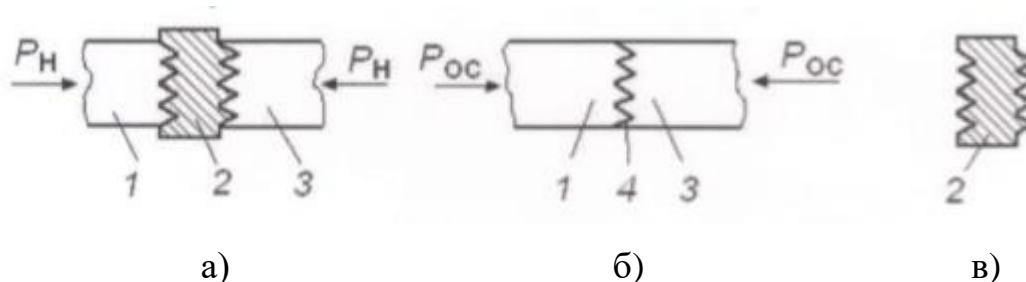


Рисунок 4 – Схема сварки встык нагретым профилированным инструментом: а – нагрев кромок; б – осадка; в – инструмент; 1,3 – соединяемые детали; 2 – инструмент; 4 – шов;  $P_n$  – давление нагрева;  $P_{oc}$  – давление осадки [11]

## 2.2 Последовательность сварки

Сварка нагретым инструментом встык заключается в следующем: при помощи нагревателя разогреть концы двух труб или фитинга (заготовок) до заданной температуры, соединить их под давлением и охладить соединение под давлением в течение определенного времени [13].

Процесс сварки включает следующие основные элементы:

- очистка концов труб, фитингов, поверхностей торцевателя и нагревателя;
- крепление соединяемых заготовок;
- торцовка концов труб;
- контроль качества сборки заготовок под сварку;
- измерение давления перемещения;
- оплавление концов трубы или фитинга;
- соединение концов труб или фитинга;
- выдержка концов трубы или фитинга под давлением в течение всего времени охлаждения в машине;
- охлаждение в машине без давления или вне машины, если это предусмотрено инструкцией.

Рассмотрим подробнее каждую операцию.

1) Очистка концов труб, фитингов, поверхностей торцевателя и нагревателя.

Прежде чем закрепить свариваемые заготовки в машине, следует очистить их внутри и снаружи, протереть совмещаемые поверхности чистой тканью без ворса. Из зоны сварки должны быть удалены все загрязнения.

Если труба имеет защитный внешний слой, он должен быть очищен так, чтобы труба могла быть надлежащим образом зажата в сварочной машине, если иное не предусмотрено производителем труб.

Поверхности торцевателя и нагревателя следует очистить чистой тканью без ворса. Нагреватель при этом должен быть холодным и отключен от электросети [13].

2) Крепление заготовок.

Свариваемые части трубопровода должны быть зафиксированы в центраторе (рисунок 5) сварочного аппарата. Как правило, центратор жестко крепит одну трубу и обеспечивает осевое перемещение второй трубы. Для устранения трения подвижной трубы о землю целесообразно пользоваться,

например, роликовыми упорами. Наиболее распространенные способы создания усилия – механический (вращение ручки привода) и гидравлический.

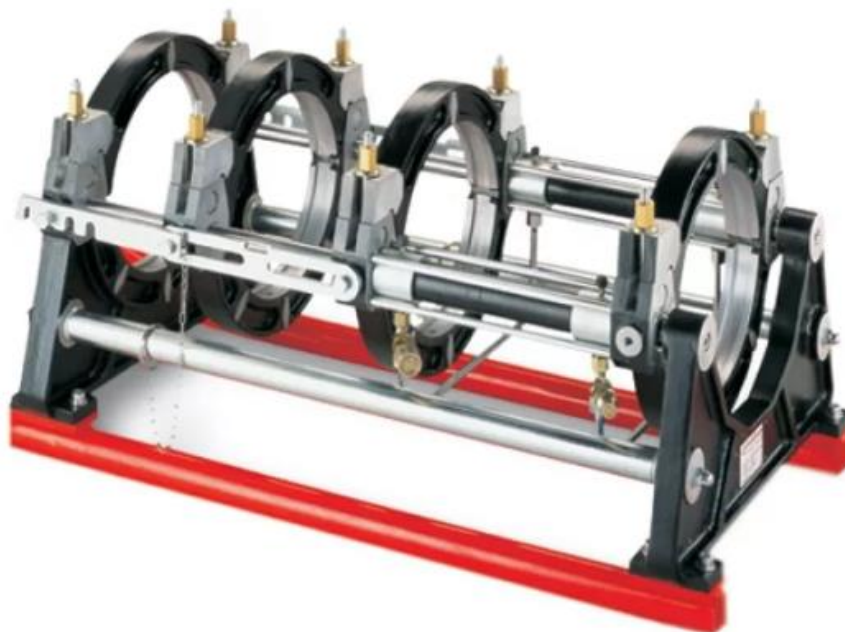


Рисунок 5 – Центратор для фиксации полиэтиленовых труб [38]

После фиксации заготовок в машине нужно проконтролировать их подготовку и устранить смещения кромок. Для надлежащей центрировки труб могут потребоваться подставки и опоры роликовые, позволяющие уменьшить трение труб о грунт и, таким образом, снизить давление перемещения [13].

### 3) Торцовка концов труб.

Свариваемые поверхности необходимо прижать к рабочим поверхностям торцевателя и обработать до достижения нужного результата (рисунок 6). Для максимального приближения формы готовой поверхности к идеальной плоскости глубина торцевания за один проход ножа торцевателя не должна превышать 0,2 мм. Торцеватель обеспечивает последующее плотное прилегание свариваемых торцов труб к поверхности нагретого инструмента, а также удаляет возможные загрязнения и оксидный слой. Момент окончания торцевания легко определить визуально по появлению сплошной кольцевой стружки с обеих сторон торцевателя. Без остановки торцевателя, ослабляется усилие прижима и

отводится подвижную трубу от торцевателя. Это позволяет плавно и без задиrow закончить торцевание.



Рисунок 6 – Установка торцевателя между свариваемыми торцами труб [39]

4) Контроль качества сборки заготовок под сварку.

После торцевания необходимо чистым инструментом удалить стружку из зоны сварки, особенно – изнутри трубы. После очистки от стружки нужно свести трубы и проверить плотность прилегания свариваемых поверхностей. Зазор не должен превышать значения, указанного в таблице 4.

Таблица 4 – Максимально допустимая величина зазора между торцами труб

Наружный диаметр трубы, мм	Ширина зазора, мм
$\leq 355$	0,5

Несовпадение стенок свариваемых труб должно быть не более 10% толщины трубы. Концы труб или фитингов должны быть круглыми и подготовлены к сварке с соблюдением ИСО/ТС 10839, национальных норм и

указаний, утвержденных в установленном порядке. Отторцованные трубы должны выступать из фиксирующих зажимов центратора, но при этом расстояние не менее толщины стенки этих труб.

5) Измерение давления перемещения.

По показаниям манометра машины определяется давление в гидросистеме машины, необходимое для преодоления сил трения при перемещении подвижного зажима машины, с закрепленной трубой или фитингом. Это давление должно быть добавлено к расчетному давлению на стадии выравнивания и давлению при сварке.

б) Оплавление концов трубы.

Сварка встык происходит благодаря нагреву торцов свариваемых труб до расплавления материала и в последующем сжатии нагретых торцов, после чего даём остыть.

Выполнение этой процедуры требует аккуратного выполнения целого ряда условий для получения качественного сварного соединения.

Современные автоматизированные аппараты для стыковой сварки существенно снижают влияние человеческого фактора на качество стыкового сварного соединения, но полностью его не устраняют.

Нагревательный элемент (сварочное зеркало), нагретый до нужной температуры располагается между свариваемыми торцами труб, затем торцы их прижимаются к нагревательному элементу для предварительного нагрева.

Для достижения равномерного нагрева свариваемых торцов необходимо в первый момент эти торцы прижать к нагретому элементу (сварочному зеркалу) с существенным усилием. Довольно быстро материал свариваемых поверхностей оплавляется и плотно прижимается к поверхности сварочного зеркала, увеличиваем площадь теплопереноса до 100% площади торца трубы.

Усилие прижима при предварительном нагреве ограничено двумя условиями: Создаваемое давление должно быть как можно больше, чтобы 100% - ный тепловой контакт между торцом трубы и сварочным зеркалом был достигнут максимально быстро. Создаваемое давление должно быть не очень

большим, чтобы выдавливаемый материал был достаточно расплавленным и текучим, пластичным.

Для каждой трубы усилие прижима рассчитывается с учетом толщины стенки. При нагреве под давлением по внешнему и внутреннему периметру торца трубы выступает валик пластифицированного материала, который называется гратом (рисунок 7). Не лучшей особенностью грата является некоторое уменьшение условного прохода трубы после завершения сварки, поэтому, в частности, детали безнапорной канализации не рекомендуется соединять с помощью сварки.

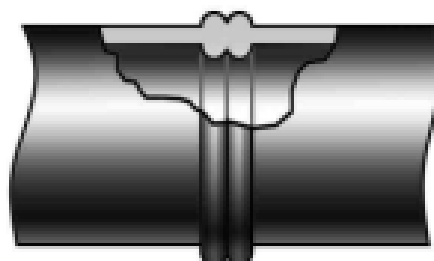


Рисунок 7 – Внешний вид грата [39]

Грат увеличивает толщину стенки трубы в месте сварного шва. Как известно, любой полимер при нагреве до пластического состояния в большей или меньшей степени подвергается термическому шоку, то увеличение толщины стенки в зоне сварного шва – это единственный способ достичь здесь прочности не хуже прочности исходной трубы. Поэтому нагрев с приложением усилия продолжают и после того, как достигнут 100% тепловой контакт между сварочным зеркалом и торцом трубы – пока грат не достигнет рекомендуемой величины. Очевидная закономерность: необходимая высота грата тем больше, чем больше толщина стенки свариваемых труб (или толщина свариваемых листов).

Занижение давления прижима при создании грата ведет лишь к отсрочке момента 100%-ного контакта между торцом трубы и поверхностью зеркала. Дополнительное время, которое в этом случае требуется на создание грата,

нельзя считать потерянными, т.к. большая его часть – это уже, фактически, начало основного нагрева. Превышение давления при создании грата ведет к выдавливанию не до гретого материала, который формирует грат неправильной формы и не обеспечивает должного усиления шва.

В процессе нагревания, которое начинается после создания грата нужной высоты, давление прижима – почти нулевое: это давление должно быть максимально мало, чтобы не вызывать дальнейшего увеличения грата, однако это давление должно быть достаточным для того, чтобы гарантировать контакт торцов трубы со сварочным зеркалом.

Отличительной особенностью стыковой сварки является медленный глубокий нагрев поверхностей сварочным зеркалом, нагретым до сравнительно невысокой температуры (около 200-210°C).

В теории, для сварки более толстостенных изделий рекомендуется применять более низкую температуру зеркала в течение более длительного времени (рисунок 8), чтобы прогреть трубопровод на большую глубину. С другой стороны, погрешности оборудования и окружающая среда вносят отклонения температурного режима больше, чем рекомендуемые изменения настроек температуры в зависимости от толщины стенки трубы. Поэтому на практике температура зеркала вообще не зависит от толщины стенки трубы.

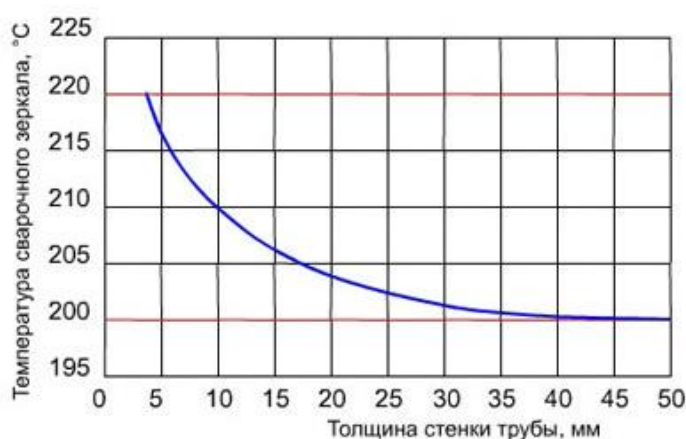


Рисунок 8 – Зависимость температуры сварочного зеркала от толщины труб из ПНД [40]

Рекомендуемые и общепринятые режимы нагрева труб и листов (температура и время) подобраны таким образом, чтобы обеспечивать плавный прогрев материала на глубину, приблизительно равную толщине стенки трубы или толщине листа (рисунок 9). Это рекомендуется учитывать при фиксации труб и торцевании. Отторцованная труба должна выступать из зажимов центриатора на длину не менее толщины стенки трубы.



Рисунок 9 – Сравнение рассеивание тепла у труб с различной толщиной стенок [40]

#### 7) Соединение концов труб.

Решающим значением, после нагрева поверхностей имеет быстрое удаление нагретого инструмента и совмещение нагретых свариваемых поверхностей. При этом необходимо не смять, не запачкать и не повредить другим способом нагретые поверхности. Максимально допустимое время на отведение подвижной трубы, удаление сварочного зеркала и сведение торцов труб называется временем перестановки и указывается в сварочных таблицах. Превышение этого времени ведет к остыванию оплавленных торцов, а в итоге к плохому качеству шва. Для толстостенных изделий допустимое время перестановки выше. Во время перестановки нагретый материал, контактируя с воздухом, быстро окисляется. Кроме того, тонкий слой нагретой поверхности успевает немного остыть. Поэтому следует стремиться к уменьшению времени перестановки.



Скорость сведения труб в момент их контакта должна быть как можно ближе к нулю. Приложение значительного давления в первый момент контакта приведет к выдавливанию расплавленного материала из зоны шва и, к тому же, сильно увеличит высоту грата.

От момента контакта свариваемых поверхностей, по мере остывания материала, давление прижима поверхностей необходимо медленно и плавно увеличивать до рекомендуемого давления охлаждения. При увеличении давления расплавленный материал частично выдавливается из зоны шва и течет в направлении наружного и внутреннего грата, при этом тонкий слой материала, окислившийся и остывший во время перестановки, смешивается с более глубокими слоями и не оказывает отрицательного влияния на качество шва.

Экспериментально определенное оптимальное время, в течение которого должно быть плавно достигнуто давление охлаждения, известно, как время осадки и указывается в сварочных таблицах. Во время осадки и на первом этапе последующего охлаждения происходит окончательное формирование грата.

#### 8) Охлаждение соединения.

При охлаждении окончательно формируется зона сварного соединения. Основная идея этого процесса состоит в том, чтобы толщина стенки трубы в зонах, прилегающих к сварному шву, увеличилась. Причем это увеличение должно быть тем больше, чем больше был нагрет (подвергся термической деградации) материал в данной точке. Рекомендуемые режимы нагрева и осадки подобраны таким образом, что оптимальным для охлаждения является усилие прижима, равное усилию при предварительном нагреве.

После осадки давление прижима деталей сохраняется постоянным до полного охлаждения при комнатной температуре. Время охлаждения зависит от материала и толщины стенки свариваемых труб (или толщины листов) и указывается в сварочных таблицах.

Ускорение охлаждения (применение холодной воды или пр.) приведет к созданию внутренних напряжений в материале и, как результат, к снижению прочности шва. После остывания сваренные части необходимо вынуть из

аппарата. Перед раскрытием зажимов, фиксирующих трубы в фиксаторе, необходимо сбросить усилие прижима до нуля.

### **2.3 Обоснование выбора основного сварочного оборудования**

В составе основного сварочного оборудования должно быть следующее:

- центратор с одним или двумя неподвижными зажимами для трубы (1) и одним или двумя подвижными зажимами (2);
- торцеватель (5).

Подвижные хомуты передвигаются с помощью давления масла в системе, производимого гидравлическим агрегатом, а также можно это делать с помощью ручки механического привода (4). Для того чтобы очистить и выровнять торцы свариваемых труб используется торцеватель (5) Торцеватель может быть электрическим или механическим. Сварочное зеркало необходимо для нагрева свариваемых торцов (6). Торцеватель и зеркало, как правило, крепятся на раме центратора, а хранятся на подставке (7). Фиксировать трубы различных диаметров помогают сменные вкладыши для подвижного и неподвижного зажимов центратора.

Необходимый минимум сварочного оборудования показан на рисунках 10 и 11 и зависит от типа привода аппарата.

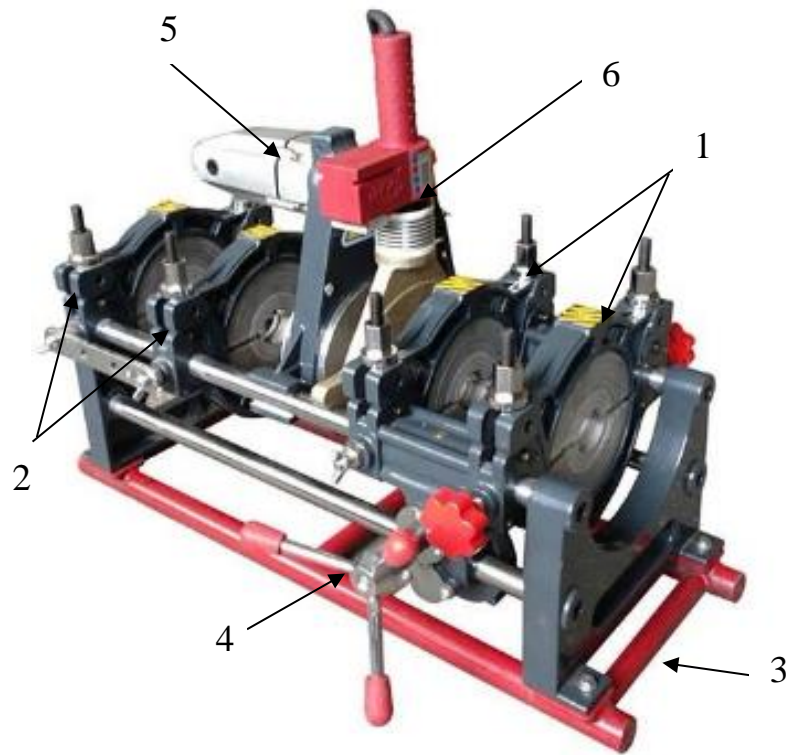


Рисунок 10 – Состав оборудования с механическим приводом для стыковой сварки [41]

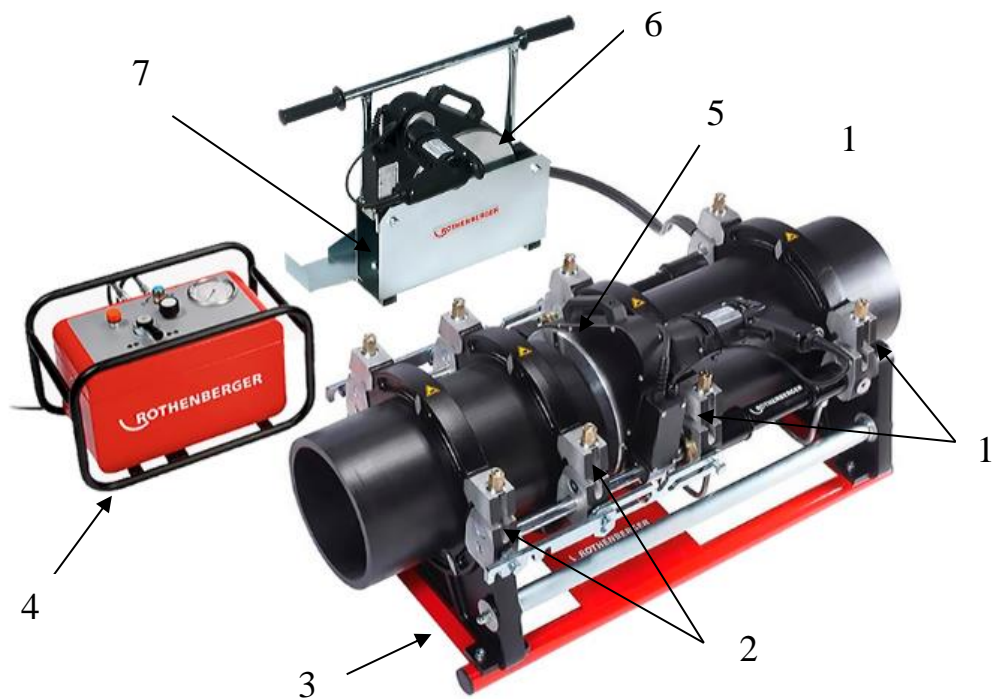


Рисунок 11 – Состав оборудования с гидравлическим приводом для стыковой сварки [42]

Одним из методов, наиболее часто применяемых для соединения труб, является стыковая сварка. Особенности этого процесса обеспечивают сохранение гибкости трубопровода по всей его протяженности; это обстоятельство послужило причиной широкого распространения и высокого спроса на сварочный аппарат для стыковой сварки.

Эти устройства, применяемые для сварки полипропиленовых и полиэтиленовых труб, работают по принципу одновременного оплавления концов труб и их сопряжения под высоким давлением. Между торцами сопрягаемых труб при такой разновидности сварки располагают термоэлемент. После выполнения прогрева труб термоэлемент извлекается, а торцы труб за счет давления, развиваемого гидроагрегатом, плотно прижимаются друг к другу до остывания сварного шва.

Отличительной особенностью сварного шва, который получается при использовании описанной технологии, является высокая прочность – это свойство, наряду с сохранением гибкости трубопровода, обусловило популярность и желание многих наших клиентов купить стыковые сварочные аппараты. С помощью специального инструмента сварочный шов при необходимости может быть удален.

Сварочные аппараты KWH Tech являют собой образец несравненного немецкого качества. Конструкционные и технические характеристики сварочных машин KWH Tech целиком соответствуют требованиям всех, как национальных, так и международных стандартов качества (DVS, DVGW, ISO).

Качественные сварочные аппараты KWH Tech находят применение везде, где требуется соединить методом встык трубопроводы из термопластов типа ПНД, ПВД, ПП, ПБ, ПВДФ и даже ПВХ. Программное обеспечение сварочных устройств делает работу еще более удобной и сверхкачественной. Автоматизация и возможность протоколирования разработаны с учетом всех популярных стандартов (DVS 2207-1, UNI 10967, INSTA, WIS, V.G). Прочность сварного шва, который образуют сварочные аппараты KWH Tech, гарантированно превосходит степень прочности исходного образца трубы.

Сегодня нельзя представить современный город, село или крупное предприятие без трубопроводов различного назначения: газо- и водопроводы, канализационные сети и т. д. Любой трубопровод должен быть надежным и долговечным. Эти качества обеспечиваются применением современных материалов, нормативно-технической документацией и квалифицированными кадрами, владеющими передовыми технологиями.

В настоящее время полимерные материалы являются оптимальными для современных трубопроводов газо- и водоснабжения. Полимерные материалы в наилучшей степени сочетают все свойства, необходимые для этих целей: длительный срок эксплуатации, стойкость к давлению и температуре, коррозионную стойкость к внешней среде и транспортируемому носителю, высокую эластичность и ударопрочность, низкую газопроницаемость, простоту и надежность соединения, технологичность и экономичность в изготовлении как самих труб, так и соединительных деталей к ним, легкость монтажа. Поэтому на сегодняшний день трубы из полимеров (полиэтилена, полипропилена и др.) заняли ведущее место в мире во многих отраслях промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. В связи с этим для обеспечения высокого качества монтажа полимерных трубопроводов необходимо использовать только современную сварочную технику, позволяющую получать качественные сварные соединения.

Все необходимые характеристики для получения качественного сварочного соединения обеспечиваются с помощью сварочного оборудования производства фирмы Rothenberger (Германия).

Сварочными машинами и инструментом фирмы Rothenberger возможно сваривать и обрабатывать пластмассовые трубы диаметром от 16 до 1200 мм.

Все ножницы имеют возможность замены режущего ножа, что позволяет восстанавливать их после длительной эксплуатации.

Полезным инструментом для монтажа пластмассовых труб является фаскосниматель. Фаскосниматель предназначен для снятия фаски наружного

диаметра пластмассовой трубы, что, несомненно, облегчит сам процесс сварки и монтажа.

У сварочных машин с гидравлическим приводом движение подвижного зажима центратора и давление при сварке создается с помощью переносной гидравлической станции. Данные гидроагрегаты дают возможность с помощью манометра, установленного на нем, точно регулировать давление при сварке пластмассовых труб. Хотелось бы подчеркнуть, что в конструкции гидростанции предусмотрено поддержание постоянного давления (до 120 атм.) даже при выключенном гидравлическом насосе. Ассортимент сварочных машин с гидравлическим приводом, выпускаемых фирмой Rothenberger, представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Ассортимент сварочных машин с гидравлическим приводом, выпускаемых фирмой Rothenberger

Наименование сварочной машины	Диапазон свариваемых диаметров, мм	Суммарная потребляемая мощность, Вт
Ровелд Р250В	90-250	2500
Ровелд Р315В	90-315	3500

Конструкция всех сварочных машин ROWELD® полностью обеспечивает необходимую точность поддержания требуемых технологических параметров в течение всего срока эксплуатации. Машины характеризуются хорошей износоустойчивостью.

Центратор сварочных машин ROWELD® обеспечивает абсолютную параллельность торцов труб при сварке за счет жесткости конструкции на кручение. К тому же у центратора есть возможность быстро, без переоборудования и потери жесткости, сваривать фасонные изделия с трубой при их легкой осевой и радиальной подгонке. Движение подвижных зажимов производится с минимальным усилием сопротивления благодаря встроенным линейным подшипникам.

## 2.4 Режим сварки

Сварное соединение полиэтиленовых трубопроводов диаметром 225 мм с толщиной стенки 25,2 мм представлено на рисунке 12.

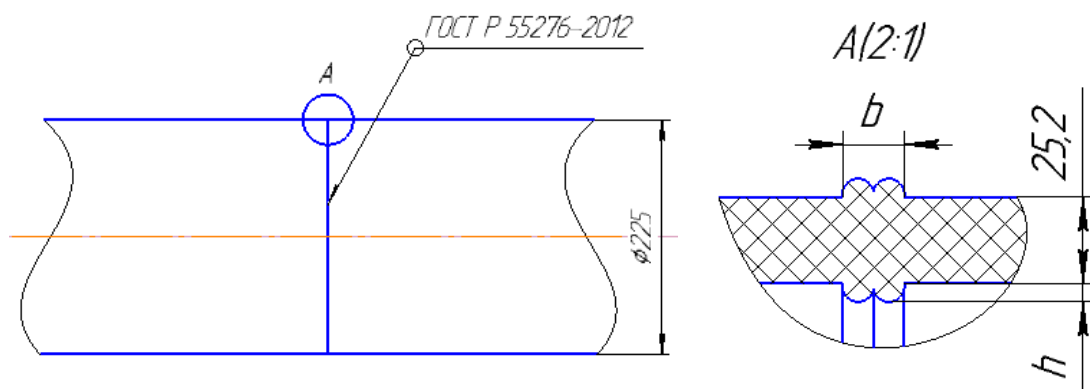


Рисунок 12 – Сварное соединение

Минимальные и максимальные значения геометрии грата представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Параметры грата сварного соединения

№ п/п	Параметр	Мин.	Макс.
1	Высота грата, $h$ , мм	4,5	8
2	Ширина грата, $b$ , мм	14	25

Стыковая сварка нагретым инструментом при единственном низком давлении выполняется в соответствии со значениями, указанными в таблице 7 [13].

Таблица 7 – Основные и вспомогательные параметры процедуры сварки при единственном низком давлении

Параметр	Значение
Температура нагревателя, °С	200
Давление выравнивания, МПа	0,17±0,02
Минимальный размер первичного валика, мм	3
Минимальное время прогрева, с	252
Давление при прогреве, МПа	0,015

Параметр	Значение
Максимальное время технологической паузы, с	7
Давление при сварке, Мпа	$0,17 \pm 0,02$
Максимальное время достижения сварочного давления, с	12
Минимальное время охлаждения в машине под давлением, мин	28
Минимальное время охлаждения вне машины, мин	28

Циклограмма, показывающая изображение всех этапов сварки, указанных в подразделе 2.2, представлено на рисунке 13 [5].

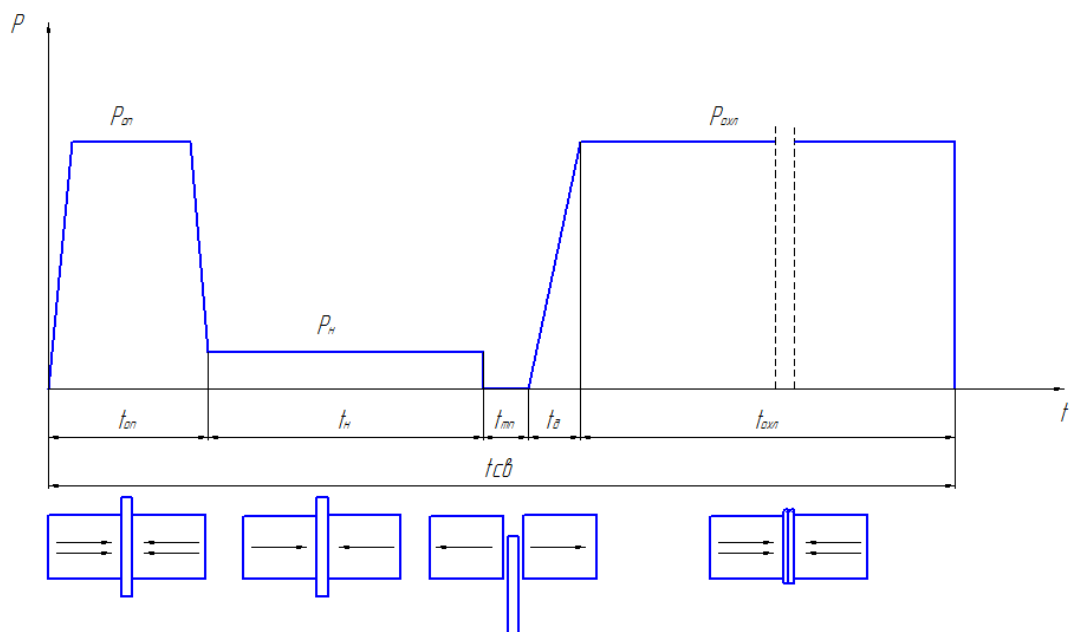


Рисунок 13 – Циклограмма сварочного процесса:  $t_{оп}$  – время оплавления торцов;  $t_н$  – время нагревания (прогрева);  $t_{пт}$  – время технологической паузы на удаление нагревателя;  $t_д$  – время подъёма давления осадки;  $t_{охл}$  – время охлаждения сварного соединения под давлением;  $t_{св}$  – общее время сварки;  $P_{оп}$  – давление нагревательного инструмента на торцы труб при оплавлении;  $P_н$  – давление нагревательного инструмента на торцы труб при нагревании (прогреве);  $P_{охл}$  – давление на торцы труб при осадке

Выводы по разделу

Рассмотрены этапы, обеспечивающие создание сварного соединения



полиэтиленовых труб, в которые входят: подготовка к сварке; создание грата; основной нагрев поверхностей; перестановка; осадка; охлаждение.

Выбран способ сварки - нагретым инструментом встык, т.к. он является наиболее производительным.

Выбрано основное сварочное оборудование в состав которого входят:

- аппарат для сварки труб марки Ровелд Р250В;
- центратор с двумя неподвижными зажимами для трубы и с двумя подвижными зажимами;

Расписаны последовательные этапы формирования сварного соединения.

### **3 Контроль качества и исправление дефектов**

Качество сварных соединений пластмасс определяется степенью соответствия соединений установленным нормативным требованиям для заданных условий их эксплуатации, включающим требования к качеству основных и вспомогательных материалов, качеству подготовки элементов конструкции для сборки под сварку и качеству сборки и сварки элементов конструкции.

Оценка качества сварных соединений из пластмасс предполагает серию испытаний на кратковременную и длительную нагрузки, в том числе и в рабочих средах, позволяющих оценить предельные механические или физикомеханические показатели соединений, а также влияние возможных дефектов соединения на эти показатели.

#### **3.1 Дефекты сварных соединений**

Основные признаки, характеризующие влияние дефектов на свойства сварного соединения:

- геометрические размеры дефектов;
- форма дефектов;
- положение дефектов в сечении шва;
- их массовость.

К наиболее распространенным видам дефектов сварных соединений термопластов относятся несоответствие шва требуемым геометрическим размерам, непровары, трещины, перегрев материала, несплавления, коробление сварного шва в результате усадки при сварке ориентированных материалов, поры при термомоментной сварке. Кроме того, при сварке пленочных термопластов характерным дефектом являются прожоги, структурные изменения шва и околошовной зоны, подвергающихся термическому воздействию [10].

### **3.2 Проверка качества соединения**

Для контроля качества сварки соединений нагретым инструментом встык применяются следующие методы испытаний [13]:

- испытания на растяжение в соответствии с ИСО 13953 (или другие тесты в соответствии с национальными или локальными стандартами);
- испытания гидростатическим давлением при 80°С в течение 1000 часов в соответствии с ISO 1167-1, ISO 1167-3 и ISO 1167-4 (или другие испытания в соответствии с национальными или местными стандартами);
- испытания на высокоскоростное растяжение в соответствии с АСТМ Ф 2634 (или другие испытания в соответствии с национальными или локальными стандартами).

### **3.3 Неразрушающие методы контроля качества**

Для обеспечения качества рекомендуется проводить оценку качества соединений непосредственно на месте сварки. Контроль может осуществляться путем оценки ширины сварного шва и его формы. Показатели шва должны быть в заданных пределах, которые зависят от свойств ПЭ и погодных-климатических условий сварки. В некоторых странах внешние валики удаляются для дальнейшего осмотра, выявления возможных дефектов, таких как загрязнение, в результате чего валик разъединяется [13].

Контролю качества подвергаются сварные соединения полиэтиленовых (в том числе профилированных) труб, соответствующих требованиям СНиП 42 - 01 и положениям СП 42-103-2003 [10].

Перечень методов испытаний, обязательных при проведении контроля качества сварных соединений нагретым инструментом:

- Внешний осмотр;
- Испытание на осевое растяжение;

- Ультразвуковой контроль;
- Пневматические испытания.

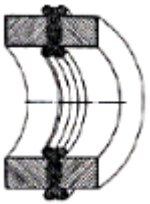
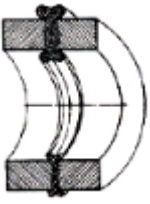
Все сварные соединения подвергаются визуально-измерительному контролю (контролю внешним осмотром) независимо от применения других методов контроля.

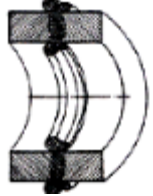
Внешний осмотр соединения позволяет установить искажение формы шва, выявить трещины, непровары, смещение деталей, прожоги, деформации, уменьшение толщины шва, подрезы, вмятины, несовпадение кромок. Вид сварных швов должен сохраняться постоянным по всей их длине. Сравнение цвета шва и основного материала позволяет в отдельных случаях судить о соблюдении технологического режима, о деструкции материала при сварке.

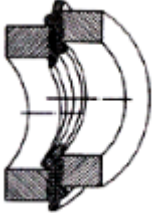
Визуально-измерительный контроль служит для выявления поверхностных или сквозных дефектов сварного соединения.

В таблице 8 приведены примеры дефектов, выявляемых с помощью ВИК [10].

Таблица 8 – Оценка внешнего вида сварных стыков соединений

№ п/п	Краткое описание	Критерии оценки	Соблюдение параметров сварки	Графическое изображение соединения
1	Хороший шов с гладкими и симметричными валиками грата округлой формы	Размеры наружного грата и внешний вид шва соответствуют требованиям [10]	Соблюдение всех технологических параметров сварки в пределах нормы	
2	Брак. Шов с несимметричными валиками грата одинаковой высоты в одной плоскости, но различной в противоположных точках шва	Различие по высоте более 50% в противоположных точках шва	Превышение допустимого зазора между торцами труб перед сваркой	

№ п/п	Краткое описание	Критерии оценки	Соблюдение параметров сварки	Графическое изображение соединения
3	Брак. Малый грат округлой формы	Величина наружного грата по высоте и ширине меньше верхних предельных значений, приведенных в таблице 6	Недостаточное давление при осадке шва или малое время прогрева	
4	Брак. Большой грат округлой формы	Величина наружного грата по высоте и ширине больше верхних предельных значений, приведенных в таблице 6	Чрезмерное время прогрева или повышенная температура нагревателя	
5	Брак. Несимметричный грат по всей окружности шва	Различие по высоте и ширине валиков грата по всей окружности шва превышает 40%	Различный материал свариваемых труб или деталей (ПЭ 63 с ПЭ 80) или различная толщина стенки труб ПЭ 80 с ПЭ 100	
6	Брак. Высокий и узкий грат, как правило, не касающийся краями трубы	Высота валиков грата больше или равна его ширине	Чрезмерное давление при осадке стыка при пониженной температуре нагревателя	
7	Брак. Малый грат с глубокой впадиной между валиками	Устье впадины расположено ниже наружной и выше внутренней образующих труб	Низкая температура нагревателя при недостаточном времени прогрева	

№ п/п	Краткое описание	Критерии оценки	Соблюдение параметров сварки	Графическое изображение соединения
8	Брак. Неравномерность (асимметричность) валиков грата	Различие по высоте валиков грата в одной плоскости более 40% с одновременным смещением образующих труб более 10% толщины стенки	Смещение труб относительно друг друга	
9	Брак. Неравномерное распределение грата по периметру шва	Высота грата в месте неравномерного выхода больше его ширины, впадина между валиками грата нечетко выражена или отсутствует. В противоположной точке шва грат имеет размеры, меньшие на 50% и более	Смещение нагревателя в процессе прогрева	
10	Брак. Шов с многочисленными наружными раковинами по всему периметру с концентрацией по краям грата с возможными следами поперечного растрескивания	Многочисленные раковины, расположенные вплотную друг к другу	Чрезмерная температура нагревателя, значение которой выше температуры деструкции данной марки полиэтилена	

### 3.3.1 УЗК полиэтиленовых труб

Внутренние дефекты (поры, посторонние включения, нарушения внутренней геометрии и т.д.) обнаружены ВИКом быть не могут. Для контроля внутренних областей сварного соединения применяются различные физические неразрушающие методы испытаний.

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

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:

- 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:

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

Ультразвуковой контроль сварных стыковых соединений осуществляют в ручном, механизированном или автоматизированном вариантах, а также в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86.

При проведении ультразвукового контроля применяют:

- ультразвуковые эхо-импульсные дефектоскопы УИУ «СКАНЕР»;

- стандартные образцы предприятия (СОП) с эталонными отражателями для настройки параметров контроля, размеры которых в зависимости от диаметра и толщины стенки контролируемого газопровода определены в приложении С СП 42-103-2003;
- пьезоэлектрические преобразователи на рабочую частоту в диапазоне от 1 до 5 МГц, работающие по совмещенной, отдельно совмещенной, отдельной или комбинированной схемам.

Применяемое для проведения ультразвукового контроля оборудование УИУ серии «СКАНЕР» сертифицировано в установленном порядке и разрешено к применению Федеральной службой по экологическому, техническому и атомному контролю.

Ультразвуковой контроль сварного стыкового соединения должен проводиться при температуре околошовной зоны стыка не выше 30 °С.

Перед проведением контроля околошовные поверхности сварного стыкового соединения тщательно очищаются от грязи, снега и т.п. Ширина зоны очистки определяется конструкцией применяемых пьезоэлектрических преобразователей и технологией контроля.

Подготовленные для ультразвукового контроля поверхности непосредственно перед проведением прозвучивания стыкового соединения покрываются слоем контактирующей жидкости. В качестве контактирующей жидкости в зависимости от температуры окружающего воздуха следует применять: при положительных температурах - специальные водорастворимые гели типа "Ультрагель", обойный клей, глицерин, при отрицательных температурах окружающего воздуха - моторные масла, разведенные до необходимой концентрации дизельным топливом. При применении глицерина и моторных масел поверхность трубы после проведения ультразвукового контроля должна быть очищена и обезжирена.



Контроль качества стыкового соединения проводят на двух уровнях чувствительности: браковочном и поисковом. Поисковая чувствительность отличается от браковочной на 6 дБ.

Настройку чувствительности контроля осуществляют при температуре, соответствующей температуре окружающего воздуха в месте проведения контроля.

Оценка качества стыковых сварных соединений полиэтиленовых газопроводов производится по альтернативному признаку - "годен" или "не годен".

Сварное стыковое соединение считается "не годным", если в нем обнаружены:

- дефекты, амплитуда отраженного сигнала от которых превышает амплитуду сигнала от эталонного отражателя в СОП на браковочном уровне чувствительности;
- дефекты, амплитуда отраженного сигнала которых превышает амплитуду сигнала, отраженного от эталонного отражателя в СОП на поисковом уровне чувствительности, если условная протяженность дефекта или количество дефектов превышают нормативные значения.

Выводы по разделу

В качестве основных методов контроля качества сварных швов принимаются пооперационный метод контроля, визуально-измерительный и ультразвуковой метод. Рассмотрена технология контроля, выбрано необходимое оборудование для УЗК. Описаны типичные дефекты возникающие в сварных соединениях трубопроводов из полиэтилена.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сварки ПНД-труб нагретым инструментом в сравнении с механизированной сваркой стальных труб аналогичного диаметра.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать конкурентные технические решения;
- провести расчет норм времени на сварку;
- рассчитать годовой экономической эффект от внедряемого способа сварки.

### **4.1 Определение норм времени на сварку**

Техническое нормирование производится в целях установления необходимых затрат времени на выполнение заданной работы в определенных организационно-технических условиях при полном и эффективном использовании средств в производстве и с учетом опыта передовых рабочих.

Согласно обзору литературы, на сегодняшний день рационально использовать несколько способов сварки для изготовления трубопроводов: механизированная сварка в защитном газе плавящимся электродом для стальных трубопроводов, сварка нагретым инструментом – для ПНД-труб.

В качестве свариваемого материала для механизированной сварки в среде защитных газов согласно ГОСТ 31447-2012 [14] подберем близкую по размерам прямошовную стальную трубу диаметром 219 мм с толщиной стенки 6 мм, изготовленную из стали 20 класса прочности К42.

Принимаем рекомендованные режимы для механизированной сварки в среде защитных газов, согласно [16]. В таблице 9 представлены параметры и режим сварки для данного способа.

Таблица 9 – Характеристика механизированной сварки в среде защитных газов

Материал	Сталь 20 (К42)
Диаметр трубы, мм	219
Длина шва, мм	688
Толщина стенки, мм	5
Зазор (согласно ГОСТ 14771-76)	2
Площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>	22
Число слоев	Один
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6
Сила тока, А	200
Напряжение, В	30
Скорость сварки, м/ч (м/мин)	22 (0,37)
Расход защитного газа, л/мин	15
Сварочное оборудование: Сварог Tech MIG 350 (N258), руб.	150 000

Нормирование сварки проводим по методике, изложенной в [16]. В таблице 10 представлены показатели сварки нагретым инструментом (НИ) и механизированной сварки в защитном газе (МСЗГ).

Таблица 10 – Определение основного времени на сварку

Показатели	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Длина шва, м	0,71	0,69
Время сварки, мин	4,5	1,86
Скорость сварки, м/мин	0,15	0,37

Определение основного времени на сварку для обоих процессов вычисляется по формуле:

$$t_0 = \frac{1}{V_{св}}, \quad (1)$$

где  $V_{св}$  - скорость сварки шва для данного типоразмера, м/ч.

Подставляем значения в формулу (1) и получаем для НИ:

$$t_0 = \frac{1}{0,15} = 6,7 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (1) и получаем для МСЗГ:

$$t_0 = \frac{1}{0,37} = 2,7 \text{ мин.}$$

Разница во времени основной сварки между НИ и МСЗГ, составляет 4 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 140 %.

В таблице 11 указаны длительности вспомогательных процессов двух рассматриваемых способов сварки.

Таблица 11 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Этапы работы	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
	Время на 1м/мин	Время на 1м/мин
Зачистка свариваемых кромок от налета и ржавчины перед сваркой	-	0,3
Зачистка сварного шва от окисных пленок	-	0,3
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	-	0,4
Осмотр и промер шва	0,3	0,3
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку полуавтомата	-	0,1
Подтягивание проводов	-	0,25
Откусывание огарков проволоки	-	0,1
Итого	0,3	1,75

Разница во вспомогательном времени сварки между НИ и МСЗГ, составляет 1,45 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 82 %.

В таблице 12 приведено сравнение длительности осуществления вспомогательных процессов, связанных с подготовкой изделия и работой оборудования процессов НИ и МСЗГ.

Таблица 12 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Этапы работы	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
	Время, мин	Время, мин
Установка полуавтомата в начале шва, возврат, отключение	-	2,7
Крепление трубы прижимными приспособлениями и их открепление в сварочном аппарате	0,4	-
Установка, снятие и транспортировка изделия	3,2	3,2
Закрепление, открепление	-	0,5
Перемещения сварщика в исходное положение	-	0,21
Клеймение шва	0,21	0,21
Итого	3,81	6,82

Разница во вспомогательном времени, связанном с изделием и работой оборудования между НИ и МСЗГ, составляет 3,01 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 44 %.

В таблице 13 представлено сравнение длительности заключительных операций процессов НИ и МСЗГ.

Таблица 13 – Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

Этапы работы	Сравниваемые способы сварки		
	НИ	МСЗГ	Разница, мин
	Время, мин	Время, мин	
Получение производственного задания, документации, указаний и инструктажа мастера, получение инструмента	4	4	-
Ознакомление с работой	2	3	-
Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов	-	4	-

Этапы работы	Сравниваемые способы сварки		
	НИ	МСЗГ	Разница, мин
	Время, мин	Время, мин	
Установка, настройка и проверка режимов сварки	-	3	-
Подготовка рабочего места и приспособлений к работе	2	4	-
Сдача работы	2	2	-
Итого	10	20	-10

Разница в подготовительно-заключительном времени между НИ и МСЗГ, составляет 10 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 50 %.

Необходимые значения времени, для расчета  $t_{в.ш.}$ ,  $t_{в.и.}$  и  $k_{об}$  для механизированной сварки в  $CO_2$  получены из [16]. В таблице 14 представлены этапы работы для определения штучного времени сварки.

Таблица 14 – Штучное время

Этапы работы	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м	6,7	2,7
Вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м	0,3	1,75
Протяженность сварочного шва, м	0,71	0,69
Вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие	3,81	6,82
Коэффициент обслуживания	1,1	1,12

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{вш}) \times l + t_{ви}] \times k_{об}, \quad (2)$$

где  $t_0$ - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{вш}$ - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

$l$  - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{ви}$  - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$k_{об}$  - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

Подставляем значения в формулу (2) и получаем для НИ:

$$T_{шт} = [(6,7 + 0,3) \times 0,71 + 3,81] \times 1,1 = 9,7 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для МСЗГ:

$$T_{шт} = [(2,7 + 1,75) \times 0,69 + 6,82] \times 1,12 = 11,1 \text{ мин.}$$

Разница в штучном времени сварки между НИ и МСЗГ, составляет 1,4 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 13 %.

В таблице 15 представлены значение этапов работ для определения размера партии стыков, сваренных за рабочую смену.

Таблица 15 – Количество сваренных деталей на рабочую смену

Этапы работы	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Продолжительность одной рабочей смены, ч	8	8
Штучное время, мин	9,7	11,1

Определение размера партии стыков производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \times 60}{T_{шт}}, \quad (3)$$

где  $T_{см}$  - продолжительность одной рабочей смены, ч;

$T_{шт}$  – штучное время, мин.

Подставляем значения в формулу (3) и получаем для НИ:

$$n = \frac{8 \times 60}{9,7} = 49 \text{ шт.}$$

Подставляем значения в формулу (3) и получаем для МСЗГ:

$$n = \frac{8 \times 60}{11,1} = 43 \text{ шт.}$$

Разница в размере партии между НИ и МСЗГ, составляет 7 шт., что в процентном соотношении дает увеличение количества изделий на 16 %.

В таблице 16 представлены значения параметров процессов НИ и МСЗГ для определения штучно-калькуляционного времени.

Таблица 16 – Штучно-калькуляционное время

Наименование параметра	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Штучное время, мин	9,7	11,1
Подготовительно - заключительное время, мин	10	20
Размер партии, шт.	49	43

Для дуговой сварки в условиях серийного производства норма времени рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{шт}}$  – штучное время, мин;

$t_{\text{п.з.}}$  – подготовительно-заключительное время, мин;

$n$  – размер партии, шт.

Подставляем значения в формулу (4) и получаем для НИ:

$$T_{\text{шк}} = 9,7 + \frac{10}{49} = 9,9 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (4) и получаем для МСЗГ:

$$T_{\text{шк}} = 11,1 + \frac{20}{43} = 11,6 \text{ мин.}$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между НИ и МСЗГ, составляет 1,7 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 17 %.

#### 4.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается себестоимость получения стыковых швов из ПНД-труб сваркой нагретым инструментом.



Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат.

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- сварочные материалы;
- защитный газ;
- основная зарплата;
- социальные цели;
- электроэнергия;
- ремонт оборудования.

#### 4.2.1 Затраты на сварочные материалы

В таблице 17 приведена стоимость сварочных материалов для процессов НИ и МСЗГ.

Таблица 17 – Затраты на сварочные материалы

Наименование параметра	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Масса наплавленного металла, кг/изд.	-	0,1
Коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	-	1,08
Цена электродной проволоки, руб/кг СВ-08Г2С	-	- 226

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{\text{см}} = g_{\text{нм}} \times k_n \times C_{\text{см}}, \quad (5)$$

где  $g_{\text{нм}}$  – масса наплавленного металла, кг/изд;

$k_n$  – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла;

$C_{cm}$  – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Подставляем значения в формулу (38) и получаем для МСЗГ:

$$C_{cm} = 0,1 \times 1,08 \times 226 = 24,4 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между НИ и МСЗГ, составляет 24,4 руб., что в процентном соотношении дает снижение затрат на 100 %.

#### 4.2.2 Затраты на защитный газ

В таблице 18 указаны параметры для расчета затрат на защитный газ для процессов НИ и МСЗГ.

Таблица 18 – Затраты на защитный газ

Наименование параметра	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Норма расхода газа, л/мин	-	15
Основное время на сварку, мин/м	-	2,7
Длина сварного шва, м/изд.	-	0,69
Цена за единицу газа, руб/л	-	0,4

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \times t_0 \times l \times C_{газ}, \quad (6)$$

где  $g_{газ}$  – норма расхода газа, л/мин;

$t_0$  - основное время на сварку, мин/м;

$l$  - длина сварного шва, м/изд.;

$C_{газ}$  - цена за единицу газа руб/л.

Подставляем значения в формулу (6) и получаем для МСЗГ:

$$C_{газ} = 15 \times 2,7 \times 0,69 \times 0,4 = 11,2 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на защитный газ между НИ и МСЗГ, составляет 11,2 руб., что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 100 %.

### 4.2.3 Затраты на заработную плату рабочих

В таблице 19 представлены параметры для расчета заработной платы рабочих, осуществляющих процессы НИ и МСЗГ.

Таблица 19 – Затраты на заработную плату рабочих

Наименование параметра	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий, руб.	60000	60000
Месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц	172	172
Штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд.	9,9	11,6

Определение затрат на заработную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{мз} \times T_{шк}}{F_{мп} \times 60}, \quad (7)$$

где  $C_{мз}$  – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий, руб.;

$F_{мп}$  – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц;

$T_{шк}$  – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд.

Подставляем значения в формулу (7) и получаем для НИ:

$$C_3 = \frac{60000 \times 9,9}{172 \times 60} = 57,6 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (7) и получаем для МСЗГ:

$$C_3 = \frac{60000 \times 11,6}{172 \times 60} = 67,4 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между НИ и МСЗГ, составляет 9,8 руб., что в процентном соотношении дает снижение затрат на 17 %.

#### 4.2.4 Затраты на отчисления на социальные цели

В таблице 20 представлены параметры для расчета социальных отчислений рабочих, осуществляющих процессы НИ и МСЗГ.

Таблица 20 – Отчисления на социальные цели

Наименование параметра	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30%	30%
Затраты на заработанную плату рабочих, руб	57,6	67,4

Определение затрат на отчисления на социальные цели производится по формуле:

$$C_{\text{отн}} = \frac{K_{\text{отч}} \times C_3}{100}, \quad (8)$$

где  $K_{\text{отч}}$  – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы;

$C_3$  – затраты на заработанную плату рабочих, руб.

Подставляем значения в формулу (8) и получаем для НИ:

$$C_{\text{отн}} = \frac{30 \times 57,6}{100} = 17,3 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (8) и получаем для МСЗГ:

$$C_{\text{отн}} = \frac{30 \times 67,4}{100} = 20,2 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на отчисления на социальные цели между НИ и МСЗГ, составляет 2,9 руб., что в процентном соотношении дает снижение затрат на 17 %.

#### 4.2.5 Затраты на электроэнергию

В таблице 21 представлены характеристики оборудования для расчета энергетических затрат процессов НИ и МСЗГ.

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию

Наименование параметра	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Мощность сварочного аппарата Ровелд Р 315В, кВт	3,5	-
Напряжение, В	-	30
Сила тока, А	-	200
Основное время сварки, мин/м	6,7	2,7
Длина сварного шва, м/изд.	0,71	0,69
Коэффициент полезного действия источника питания	-	0,8
Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб.	5,3	5,3

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{\text{эл}} = \frac{P \times t_0 \times l}{60 \times \eta \times 100} \times C_{\text{эл}}, \quad (9.1)$$

$$C_{\text{эл}} = \frac{U \times I \times t_0 \times l}{60 \times \eta \times 100} \times C_{\text{эл}}, \quad (9.2)$$

где  $P$  – мощность сварочного аппарата, Вт;

$U$  – напряжение, В;

$I$  – сила тока, А;

$t_0$  - основное время сварки, мин/м;

$l$  – длина сварного шва, м/изд.;

$\eta$  – коэффициент полезного действия источника питания;

$C_{\text{эл}}$  – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (9.1) и получаем для НИ:

$$C_{\text{эл}} = \frac{3500 \times 6,7 \times 0,71}{60 \times 1000} \times 5,3 = 1,47 \text{ руб/изд.}$$

Подставляем значения в формулу (9.2) и получаем для МСЗГ:

$$C_{\text{эл}} = \frac{30 \times 200 \times 2,7 \times 0,69}{60 \times 0,8 \times 1000} \times 5,3 = 1,23 \text{ руб/изд.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между НИ и МСЗГ, составляет 0,24 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 19 %.

#### 4.2.6 Затраты на ремонт оборудования

В таблице 22 представлены стоимостные характеристики оборудования для процессов НИ и МСЗГ.

Таблица 22 – Затраты на ремонт оборудования

Наименование параметра	Сравниваемые способы сварки	
	НИ	МСЗГ
Цена оборудования соответствующего вида	550 000	150 000
Коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
Штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	9,9	11,6
Годовой фонд времени работы оборудования, ч	1820	1820
Коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на ремонт оборудования производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \times k_{\text{рем}} \times T_{\text{шк}}}{F_{\text{ро}} \times k_3 \times 60}, \quad (10)$$

где  $C_j$ – цена оборудования соответствующего вида;

$k_{\text{рем}}$  – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт;

$T_{\text{шк}}$  – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд;

$F_{\text{ро}}$  – годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (43) и получаем для НИ:

$$C_p = \frac{550000 \times 0,25 \times 9,9}{1820 \times 0,8 \times 60} = 15,6 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (43) и получаем для МСЗГ:

$$C_p = \frac{150000 \times 0,25 \times 11,6}{1820 \times 0,8 \times 60} = 4,97 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между НИ и МСЗГ, составляет 10,6 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 213 %.

#### 4.3 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

В таблице 23 представлен сравнительный анализ процессов НИ и МСЗГ по проведенным выше расчетам.

Таблица 23 – Результаты расчетов себестоимости сварного шва

Наименование	Сравниваемые способы сварки		
	НИ	МСЗГ	Разница
1. Сварочные материалы:			
- электродная проволока	-	24,4	-24,4
- углекислый газ	-	11,2	-11,2
2. Отчисления на заработанную плату рабочих	57,6	67,4	-9,8
3. Отчисления на социальные цели	17,3	20,2	-2,9
4. Электроэнергия	1,47	1,23	+0,24
5. Ремонт оборудования	15,6	4,97	+10,63
Итого	91,97	129,4	-37,43

По результатам расчетов разница в общих затратах на изготовление одного изделия сваркой нагретым инструментом и механизированной сваркой в защитном газе, составляет 37,43 руб., что в процентном соотношении дает снижение затрат на 40 %.

Выводы по разделу

Проведен технико-экономический анализ процесса сварки ПНД-труб нагретым инструментом и стальных труб – механизированной сваркой в защитном газе.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между НИ (9,9 мин) и МСЗГ (11,6 мин), составляет 1,7 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 15 %.

Исходя из расчетов себестоимости одного стыка трубопровода (таблица 15) выгодна НИ. Она обходится дешевле на 37,43 руб., что в процентном соотношении дает снижение затрат на 40 %.

Можно сделать вывод, что применение сварки полиэтиленовых труб нагретым инструментом экономически оправдано.



## **5 Социальная ответственность**

### Введение

Цель выпускной квалификационной работы: разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых (ПЭ, либо ПНД) труб диаметром 225 мм. Данная технология находит свое применение в нефтегазовой промышленности. Пользователями разрабатываемой технологии могут быть как административные организации, так и частные компании, занимающиеся деятельностью в жилищно-коммунальной сфере.

Местом проведения работ является ТОО «Имсталькон Темиртау», расположенное в Республике Казахстан, Карагандинская область, г. Темиртау. Местность холмистая. Климат резко-континентальный.

Внедрение результатов работы может способствовать проведению газификации отдаленных населенных пунктов для бытовых и производственных нужд, поддержанию парка трубопроводного транспорта в работоспособном состоянии в связи с заменой изношенных стальных трубопроводов полиэтиленовыми.

Сборка и сварка полиэтиленового трубопровода происходит в полевых условиях. Основным оборудованием для соединения трубопроводов является торцеватель и сварочный аппарат Ровелд Р 250В. В зоне проведения сварочных работ осуществляются следующие производственные процессы:

- сборка полиэтиленовых трубопроводов, установка на опоры в зоне проведения сварки;
- торцевание кромок полиэтиленовых трубопроводов;
- сварка полиэтиленовых трубопроводов.

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

Во время сборки и сварки полиэтиленовых трубопроводов с целью соблюдения правовых и организационных норм необходимо руководствоваться

следующими документами:

- ТК РФ [17];
- ГОСТ 12.2.033-78 [18];
- ГОСТ Р ИСО 14738-2007 [19];
- СП 2.2.3670-20 [20].

К работам по сварке и эксплуатации трубопроводов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Рабочий день для работников, работающих вахтовым методом – ежедневно с 8:00 до 20:00, перерыв на обед 1 час. Количество рабочих дней вахтовым методом определяется согласно режимам работы предприятия (7 дней работы – 7 дней отдыха, 15 через 15 и 30 через 30 дней). Рабочий день для работников с пятидневной рабочей неделей с 8:00 до 17:00 с перерывом на обед - 1 час. Оплата производится по тарифной ставке в зависимости от разряда профессии работника.

Торцеватель и сварочный аппарат представляют собой комплекс оборудования, выполненный в едином корпусе. Рабочий выполняет все производственные процессы стоя. Кабели электропитания должны быть проложены таким образом, чтобы не допускать запинания о них рабочего персонала. Для создания комфортной рабочей среды необходимо оборудовать рабочее место палаткой сварщика, препятствующей попаданию осадков в зону сборки и сварки полиэтиленовых трубопроводов.

## **5.2 Производственная безопасность**

Перечень потенциально возможных вредных и опасных производственных факторов, которые присутствуют, либо могут возникать при сборке и сварке полиэтиленовых трубопроводов представлен в таблице 24, в соответствии с ГОСТ 12.0.003- 2015 [21].

Таблица 24 – Возможные опасные и вредные производственные факторы в зоне сборки и сварки полиэтиленовых трубопроводов.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	СП 52.13330.2016 [22]
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.029-80 [23] СанПиН 1.2.3685-21 [24]
Повышенный уровень общей вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 [24]
Вредные производственные факторы, связанные с аномальными климатическими и погодными условиями на местонахождении работающего	СП 2.2.3670-20 [25]
Монотонность труда, вызывающая монотонию	Правила внутреннего трудового распорядка (ПВТР)
Длительное сосредоточенное наблюдение	ПВТР
Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ Р 51337-99 [26]
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Инструкции по охране труда
Опасные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82 [27] ПУЭ [28]
Действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых объектов на работающего	ФНиП «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъёмные сооружения» [29]

## **5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

### **5.2.1.1 Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения**

Источник возникновения фактора (далее - 1): солнечный свет.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить (далее - 2): повышенное утомление, способствует развитию близорукости.

Допустимые нормы с необходимой размерностью (далее - 3): Нормы освещения строительных площадок, наименьшая освещенность должна быть 50 лк [6].

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих (далее - 4): При недостатке естественного освещения следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием.

### **5.2.1.2 Повышенный уровень шума**

1) Сварочный аппарат Ровелд Р 315В, строительная техника.

2) При длительном воздействии, может принести работнику дискомфорт или вред слуху. В некоторых случаях у работника могут развиваться такие болезни, как шумовая болезнь, сердечно-сосудистая недостаточность.

3) Допустимая норма уровня шума регламентируется согласно СанПиН 1.2.3685-21 [24]. Максимальный уровень шума колеблется во времени и прерывается, не должен превышать 50-55 дБА. Максимальный уровень для импульсного шума не должен превышать 125 дБА. Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 75 дБА.

4) Применение средств коллективной защиты (СКЗ): на рабочих местах промышленных предприятий защита от шума должна обеспечиваться строительно-акустическими методами (применение виброизоляция

технологического оборудования). Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ): беруши [23].

### **5.2.1.3 Повышенный уровень общей вибрации**

1) Сварочный аппарат Ровелд Р 315В, кран-манипулятор для укладки трубопроводов.

2) Вибрация может вызывать нарушения деятельности сердечно-сосудистых и дыхательных органов, заболевания рук и суставов.

3) Предельно допустимые значения и уровни производственной вибрации по СанПиН 1.2.3685-21[8]: эквивалентные скорректированные уровни виброускорения при общей вибрации -  $0,071\text{ м/с}^2$  (97 дБ) [24].

4) Снижение уровня вибраций может быть достигнуто виброгашением, которое чаще реализуется путем установки вибрирующих агрегатов на самостоятельные виброгасящие основания (фундамент). Также используется динамическое гашение колебаний, вибродемпфирование и изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций.

### **5.2.1.4 Вредные производственные факторы, связанные с аномальными климатическими и погодными условиями на местонахождении работающего**

1) Погодные условия (температура, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность радиационного излучения солнца, величина атмосферного давления). Работы проводятся преимущественно в летнее время.

2) Перегрев организма, солнечный удар.

3) Оптимальными условия работы считаются температура окружающего воздуха - 18-20 °С, относительная влажность - 40-60 %, скорость ветра - 0,1- 0,2 м [25].

4) В целях профилактики перегревания работников при температуре воздуха выше допустимых величин, время пребывания на этих рабочих местах

следует ограничить, а продолжительность отдыха увеличить. Поддержание водного баланса работников в условиях нагревающего микроклимата способствует обеспечению полного возмещения жидкости, различных солей, микроэлементов (магний, медь, цинк, йод и др.), растворимых в воде витаминов, выделяемых из организма с потом. СИЗ: спецодежда, головной убор (для снижения вероятности солнечного удара).

#### **5.2.1.5 Монотонность труда, вызывающая монотонию**

1) Длительное выполнение однообразных, повторяющихся заданий или действий по сборке и сварке трубопроводов.

2) Сонливость, снижение общего уровня активности, уменьшение или колебание работоспособности, снижение адаптируемости и восприимчивости и сопровождающееся повышением неравномерности частоты сердечных сокращений.

3) Соблюдение времени отдыха и перерывов согласно ПВТР организации. Отдых между рабочей сменой не должен быть менее 12 часов.

4) Создание наиболее благоприятных технологических условий для уменьшения утомляемости (механизация, автоматизация). Рационализация трудового процесса (экономичность, ритмичность, перерывы, отдых и т.д.).

#### **5.2.1.6 Длительное сосредоточенное наблюдение**

1) Выполнение сборочно-сварочных операций.

2) Перенапряжение нервной и костно-мышечной систем организма, перенапряжению зрительных анализаторов и возникновению нервно-эмоционального напряжения у сварщиков.

4) Рационализация трудового процесса (экономичность, ритмичность, перерывы, отдых и т.д.). Режим работы играет важную роль и определяется тяжестью работы: чем тяжелее работа, тем перерывы чаще и короче. В течение

рабочего дня необходим большой перерыв (обеденный). Хороший эффект дает также производственная гимнастика.

#### **5.2.1.7 Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека**

1) Нагревательные элементы сварочного аппарата Ровелд Р 315В, нагретые торцы трубопроводов.

2) Термический ожог.

4) Организация работ, препятствующая прикосновению открытыми частями тела к нагретым поверхностям. Применение СИЗ: спецодежда; перчатки.

#### **5.2.1.8 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов**

1) Сварочный аппарат Ровелд Р 315В, грани приспособлений для укладки трубопровода.

2) Повреждение мягких тканей и органов, в крайнем случае приводящие к летальному исходу

3) Соблюдение техники безопасности при работе с инструментами, обучение безопасным методам работы и проведение инструктажа с записью в журнале инструктажей.

4) Соответствие установленного режима труда и отдыха; проведение инструктажей по охране труда и технике безопасности, обучение приемам Первой медицинской помощи. Обеспечение достаточного освещения узлов оборудования и рабочей зоны. Применение СИЗ: спецодежда; перчатки; защита головы (каска, каскетка).

### **5.2.1.9 Опасные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий**

1) Сварочный аппарат Ровелд Р 315В, статическое электричество на оборудовании.

2) Удар электрическим током при неисправной изоляции устройства, либо соприкосновение с открытыми незаизолированными частями оборудования, которые могут стать причиной мышечных травм, ожогов, летального исхода.

3) Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при продолжительности воздействия от 0,01 до 0,08 с:  $U=220\text{В}$ ,  $I=220\text{ мА}$  [27]. Величина сопротивления контура заземления не должна превышать 4 Ом [28].

4) Применение СКЗ: изолирующие штанги, изолирующие клещи, указатели напряжения, электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, ручной изолирующий инструмент; плакаты и знаки безопасности, переносные заземления, защитные ограждения, сигнализаторы наличия напряжения. Применение СИЗ: обувь с электропроводящей подошвой; антиэлектростатическая спецодежда; диэлектрические перчатки.

### **5.2.1.10 Действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых объектов на работающего**

1) Материалы и оборудование, перемещаемые над поверхностью земли.

2) Ушибы, переломы, летальный исход

4) Обучение персонала безопасным приемам, проведение инструктажа по проведению такелажных работ. Применение СКЗ: ограждение места производства работ, вывешивание предупреждающих и предписывающих плакатов (знаков) [29]. Применение СИЗ: обязательное ношение защитных касок в зоне проведения такелажных работ.



## **5.3 Экологическая безопасность**

В процессе сборки и сварки полиэтиленовых трубопроводов возможно отрицательное влияние на окружающую среду.

### **5.3.1 Защита литосферы**

Отходами в сварочном производстве ПНД-труб являются:

- обрезки ПНД-труб;
- отработанные абразивные круги;
- мусор от уборки территории;
- промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка и др.

Сбор отходов производится:

- в специальные контейнеры;
- на специальные площадки для крупногабаритных отходов;
- в иные места (помещения) для временного хранения отходов.

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов.

Переработку ПНД-труб осуществляют по ГОСТ 12.3.030-83 [30]. Оборудование для переработки ПНД-труб должно соответствовать ГОСТ 12.2.003-91 [31] и ГОСТ 12.2.049-80 [32].

### **5.3.2 Защита гидросферы**

К источникам загрязнения гидросферы при проведении работ относятся выбросы химических прекурсоров (ацетон, спирт, уайт-спирит и т.д.). Не допускается попадание указанных загрязнений в водоемы.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства и проектами производства работ. С целью уменьшения воздействия на окружающую среду все работы должны

выполняться в пределах полосы отвода земли, определенной проектом.

В целом технологический процесс, используемый для очистки вод включает в себя физические методы (фильтрация, седиментация, обратный осмос, дистилляция), биологические методы (организмы, поедающие мусор), химические методы (флокуляция, ионный обмен, хлорирование и использование электромагнитного излучения, например ультрафиолетового излучения).

### **5.3.3 Защита атмосферы**

ПНД при комнатной температуре не выделяет в окружающую среду токсических веществ. Работа с ними не требует особых мер предосторожности.

При нагревании полиэтилена и его сополимеров в процессе переработки выше 150 °С возможно выделение в воздух летучих продуктов термоокислительной деструкции, содержащих органические кислоты, карбонильные соединения, в том числе формальдегид и ацетальдегид, окись углерода. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены согласно ГОСТ 12.1.005-88 [33].

Загрязнение атмосферы в период производства работ носит временный обратимый характер.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС)**

Возможные чрезвычайные ситуаций, которые могут возникнуть при сборке, сварке и эксплуатации магистральных полиэтиленовых газопроводов :

1. Природные катастрофы (наводнения, ураган). Г. Темиртау располагается на берегу Самаркандского водохранилища. Его длина — 25 км, ширина — 7 км, площадь 82 км<sup>2</sup>, объём 0,260 км<sup>3</sup>. Прогнозирование природных ЧС, осуществляется уполномоченными государственными органами по проведению мониторинга и прогнозирования опасных метеорологических явлений и процессов согласно ГОСТ Р 22.1.07-99 [34].

2. Геологические воздействия (землетрясения, провалы территории). В 2021 году сильнейшее землетрясение в Карагандинской области имело магнитуду 4,6.

3. Техногенные аварии (разгерметизация трубопровода с выбросом газообразного топлива в окружающую среду, пожар). Прогнозирование техногенных ЧС осуществляется на основе оценки риска возникновения пожаров, аварий.

Наиболее вероятной ЧС является разгерметизация трубопровода. Причиной разгерметизации могут быть некачественные сварные швы, превышение давления эксплуатируемого газообразного топлива, механические повреждения трубопровода.

Аварийная бригада должна выезжать на специальной автомашине, оборудованной радиостанцией, сиреной, проблесковым маячком и укомплектованной инструментом, материалами, приборами контроля, оснасткой и приспособлениями для своевременной ликвидации аварий.

Ликвидация утечки газа (временная) допускается с помощью банджа, хомута или бинта из мешковины с шамотной глиной наложенных на газопровод. За этим участком должно быть организовано ежесменное наблюдение.

Сварные стыки и участки труб полиэтиленовых газопроводов, имеющих дефекты и повреждения, должны вырезаться и заменяться врезкой катушек с применением муфт с закладными нагревателями. Допускается сварка встык при 100% контроле стыков ультразвуковым методом.

Для круглосуточного мониторинга за состоянием трубопровода необходимо оборудовать участки системой видеонаблюдения, а также средствами измерения внутреннего давления трубопровода по всей его протяженности, для своевременного информирования о порывах.

Класс возможного пожара на участке сборки и сварки магистрального газопровода – В (пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов) согласно ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ [35].

Для тушения ПВХ и его сополимеров применяют огнетушители любого типа, воду, водяной пар, огнегасительные пены, инертные газы, песок, асбестовые одеяла.

Участок сборки и сварки должен быть укомплектован средствами пожаротушения:

- Углекислотные огнетушители ОУ-1. Предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, электроустановок под напряжением до 1000 В, двигателей внутреннего сгорания, горючих жидкостей);
- Пенные огнетушители ОВП-4. Предназначены для тушения пожаров и загораний твердых веществ и материалов, ЛВЖ и ГЖ, кроме щелочных металлов и веществ, горение которых происходит без доступа воздуха, а также электроустановок под напряжением;
- Порошковые огнетушители ОП-3(з). Предназначены для тушения пожаров и загораний нефтепродуктов, ЛВЖ и ГЖ, растворителей, твердых веществ, а также электроустановок под напряжением до 1000 В.

Выводы по разделу

Рассмотрены возможные вредные и опасные производственные факторы, ЧС, возникающие при сборке и сварке магистрального газопровода из полиэтиленовых труб и его эксплуатации, а также влияние процесса на окружающую среду. Все описанные в разделе мероприятия позволяют предотвратить травматизм на производстве, а также снизить негативное влияние на экологию.

Участок сборки и сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб отвечает требованиям промышленной безопасности.

Все потенциально возможные вредные и опасные факторы на участке сборки и сварки магистрального газопровода соответствуют допустимым нормам.

Участок сборки и сварки магистрального газопровода по категории электробезопасности согласно ПУЭ [28] относится к помещениям с повышенной опасностью.

Сварщики имеют вторую группу электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Сварочные работы по уровню энерготрат организма по СанПиН 1.2.3685-21 [24] относятся к Пб категории работ, физические работы средней тяжести физические работы.

Категория участка сборки и сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 [36] относится к категории ВН, пожароопасная.

Участок сборки и сварки магистрального газопровода относится к объектам, оказывающим умеренное негативное воздействие на окружающую среду, к объектам II категорию согласно Постановлению РФ от 31.12.2020 года № 2398 [37].

## **Заключение**

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, была разработана технология сварки труб из полиэтилена.

В результате работы было сделано:

- проведен сравнительный анализ свойств и структур полимеров
- выбран наиболее подходящий материал – ПЭ100 SDR9;
- подобраны режимы сварки;
- выбрано сварочное оборудование;

Проведен технико-экономический анализ процесса сварки ПНД-труб нагретым инструментом и стальных труб – механизированной сваркой в защитном газе.

По затратам на сварку изделия выгодна сварка нагретым инструментом, она обходится дешевле на 37,43 руб., что в процентном соотношении дает снижение затрат на 40 %.

По результатам полученных показателей экономической оценки инвестиций и ряду достоинств можно сказать, что применение полипропиленовой трубы предпочтительней стального трубопровода не только с экономической точки зрения затрат, но и с точки зрения самого процесса организации работ.

Результаты работы в полной мере показывают перспективность применения данного способа сварки.

## Список использованных источников

1. История развития газоснабжения и современный магистральный газопровод. [www.ingazteh.ru/articles/istoriya-razvitiya-gazosnabsheniya/](http://www.ingazteh.ru/articles/istoriya-razvitiya-gazosnabsheniya/).
2. Катаев Р.Ф. Сварка пластмасс: учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – 138 с.
3. Фаттахов М.М. Создание и использование пластмассовых трубопроводов в нефтегазовой отрасли России // История науки и техники (УФА), 2006.
4. Инструкция Проектирование и монтаж трубопроводов из полиэтилена, Екатеринбург, 2011.
5. Кацнельсон М.Ю., Балаев Г.А. Пластические массы: Свойства и применение: Справочник. — 3-е изд., перераб. — Л.: «Химия», 1978 — с. 7-15.
6. СТО Газпром 2-2.1-411-2010 Проектирование, строительство и эксплуатация газопроводов давлением от 0,6 Мпа до 1,2 Мпа из полиэтиленовых труб.
7. ГОСТ Р 58121.1-2018 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Часть 1. Общие положения.
8. ГОСТ 16338-85 Полиэтилен низкого давления. Технические условия.
9. ГОСТ Р 58121.2-2018 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Часть 2. Трубы.
10. СП 42-103-2003 Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов.
11. Учебное пособие. Сварка пластмасс. [www.tepka.ru/svarka\\_plastmass/index.html](http://www.tepka.ru/svarka_plastmass/index.html).
12. DVS 2207-1 Welding of thermoplastics Heated tool welding of pipes, pipeline components and sheets made of PE-HD.
13. ГОСТ Р 55276-2012 Трубы и фитинги пластмассовые. Процедуры сварки нагретым инструментом встык полиэтиленовых (ПЭ) труб и фитингов,

используемых для строительства газо- и водопроводных распределительных систем.

14. ГОСТ Р 58121.3-2018 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Часть 3. Фитинги.

15. ГОСТ 31447-2012 Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Технические условия.

16. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

17. А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз, 1962.

18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

19. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

20. ГОСТ Р ИСО 14738-2007 Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин.

21. СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.

22. ГОСТ 12.0.003- 2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

23. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.

24. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

25. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

26. СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.

27. ГОСТ Р 51337-99 Безопасность машин. Температуры касаемых



поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.

28. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

29. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание.

30. ФНиП в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Приказ Ростехнадзора от 26 ноября 2020 г. № 461).

31. ГОСТ 12.3.030-83 Система стандартов безопасности труда. Переработка пластических масс. Требования безопасности.

32. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

33. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

34. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

35. ГОСТ Р 22.1.07-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных метеорологических явлений и процессов. Общие требования.

36. ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

37. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

38. Постановление РФ от 31.12.2020 года № 2398 Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий.

39. <http://www.imperiatools.ru>.

40. <http://www.septik27.ru>.

41. [https://www.adr-t.ru/support/technology/butt\\_welding/?PAGEN\\_1=5](https://www.adr-t.ru/support/technology/butt_welding/?PAGEN_1=5).

42. [https://www.standeks.ru/goods/129646799-mashina\\_dlya\\_stykovoy\\_svarki\\_b\\_weld\\_me160\\_brexit](https://www.standeks.ru/goods/129646799-mashina_dlya_stykovoy_svarki_b_weld_me160_brexit).

43. <https://www.rothenberger.ru>.

**Приложение А**  
**(обязательное)**

**Операционная технологическая карта**


**ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

**сборки и сварки полиэтиленовых трубопроводов нагретым инструментом**

**Шифр: ТК-НИ-ПЭ-225/2022**

<b>Способ сварки:</b> НИ- сварка нагретым инструментом	- завод изготовитель:								
<b>НТД по сварке:</b> СП 42-103-2003	- номер сертификата:								
<b>Основной материал:</b> полиэтилен ПЭ100	- диаметр трубы: 225 мм								
<b>Сварочное оборудование:</b> СВА	- толщина стенки: 25,2 мм SDR - 9								
<b>Вид соединения:</b> стыковое	Ф.И.О. сварщика:								
<b>Характеристика труб:</b> ПВП/ГОСТ Р 58121-2-18	Клеймо сварщика:								
<b>Параметры подготовки, сборки стыка под сварку и параметры готового сварного шва</b>									
<b>Конструкция соединения</b>		<b>Внешний вид готового соединения</b>							
	$c < 0,5 \text{ мм}$		<table border="1"> <tr> <td>h, мм</td> <td>4,5-8</td> </tr> <tr> <td>b, мм</td> <td>14-25</td> </tr> <tr> <td>K, мм</td> <td>&gt;0</td> </tr> </table>	h, мм	4,5-8	b, мм	14-25	K, мм	>0
h, мм	4,5-8								
b, мм	14-25								
K, мм	>0								
<b>Температура нагревателя (Т<sub>н</sub>), °С</b>	200								
<b>Удельное давление при оплавлении (Р<sub>опл</sub>), МПа</b>	0,17±0,02								
<b>Время оплавления (t<sub>опл</sub>), с</b>	до образования первичного грата высотой: - 3 мм								
<b>Удельное давление при прогреве (Р<sub>пр</sub>), МПа</b>	0,025±0,01								
<b>Время прогрева (t<sub>пр</sub>), с</b>	252								
<b>Время технологической паузы (t<sub>п</sub>), с</b>	7								
<b>Удельное давление при осадке (Р<sub>ос</sub>), МПа</b>	0,17±0,02								
<b>Время охлаждения (t<sub>охл</sub>), мин</b>	31								

## ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И СВАРКИ

1	 <p style="text-align: center;"><b>Внешний вид готового соединения</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- валики сварного шва должны быть симметрично и равномерно распределены по окружности сваренных труб;</li> <li>- цвет валиков должен быть одного цвета с трубой и не иметь трещин, пор, инородных включений;</li> <li>- симметричность шва (отношение ширины наружных валиков грата к общей ширине грата) должна быть в пределах 0,3-0,7 в любой точке шва. При сварке труб с соединительными деталями это отношение допускается в пределах 0,2-0,8;</li> <li>- смещение наружных кромок свариваемых заготовок не должно превышать 10% толщины стенки трубы (детали);</li> <li>- впадина между валиками грата К (линия сплавления наружных поверхностей валиков грата) не должна находиться ниже наружной поверхности труб (деталей);</li> <li>- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать 5°.</li> </ul>
2	<b>Подготовка</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- трубы необходимо тщательно очистить, их полости от грунта, снега, льда, камней и других посторонних предметов;</li> <li>- соединяемые концы очистить от всех загрязнений на расстояние не менее 50 мм от торцов;</li> <li>- концы труб, защищенных полипропиленовой оболочкой, освобождаются от нее с помощью специального ножа на расстояние - не менее 15 мм;</li> <li>- очистку производят сухими или увлажненными кусками мягкой ткани из растительных волокон с дальнейшей протиркой и просушкой;</li> <li>- если концы труб и деталей (вследствие небрежного хранения) окажутся загрязненными смазкой, маслом или какими-либо другими жирами, то их обезжиривают с помощью спирта, ацетона или специальных обезжиривающих составов;</li> <li>- не рекомендуется производить очистку и обезжиривание цветными и синтетическими волокнистыми тканями.</li> </ul>
3	<b>Сборка</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сборку стыков необходимо производить в условиях надежной защиты от ветра и попадания на стык атмосферных осадков;</li> <li>- концы труб и деталей центрируют по наружной поверхности таким образом, что максимальная величина смещения наружных кромок не превышала 10% толщины стенок труб и деталей;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- подгонку труб и деталей при центровке осуществляют поворотом одного из свариваемых концов вокруг их оси, перестановкой опор по длине трубы;</li> <li>- при сварке втык вылет концов труб из зажимов центраторов обычно составляет 15-30 мм, а привариваемых деталей - не менее 5-15 мм;</li> <li>- закрепленные и сцентрированные концы труб и деталей перед сваркой подвергают механической обработке</li> <li>- торцеванию с целью выравнивания свариваемых поверхностей непосредственно в сварочной машине;</li> <li>- после механической обработки загрязнение поверхности торцов не допускается;</li> <li>- удаление стружки из полости трубы или детали производят с помощью кисти, а снятие заусенцев с острых кромок торца</li> <li>- с помощью ножа.</li> </ul>
4	<b>Технология сварки</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Перед началом сварки должно быть проверено качество сборки соединяемых элементов, а также состояние стыкуемых кромок и прилегающих к ним поверхностей.</li> <li>2) Сварочные работы могут производиться при температуре окружающего воздуха от минус 15 до плюс 45 °С.</li> <li>3) Место сварки защищать от атмосферных осадков, ветра, пыли и песка, а в летнее время от интенсивного солнечного излучения.</li> <li>4) Изменение величины параметров во времени в процессе сварки производят по циклограмме.</li> <li>5) Температуру рабочей поверхности нагретого инструмента выбирают в зависимости от свариваемых труб (ПЭ 100).</li> <li>6) Продолжительность оплавления <math>t_{оп}</math>, как правило, не нормируется и зависит от появления первичного грата.</li> <li>7) Оплавление и нагрев торцов свариваемых труб и деталей осуществляют одновременно посредством их контакта с рабочими поверхностями нагретого инструмента.</li> <li>8) Оплавление торцов необходимо выполнять при давлении <math>P_{оп}</math> в течении времени <math>t_{оп}</math>, достаточно для образования по всему периметру контактирующих с нагревателем торцов труб валиков расплавленного материала (первичного грата).</li> </ol>

		<p>9) После появления первичного грата давление необходимо снижать до <math>P_n</math> и торцы нагревать в течение времени <math>t_n</math>, которое зависит от сортамента (толщины стенки) труб и деталей, температуры окружающего воздуха <math>T_o</math>.</p> <p>10) Допускается давление <math>P_n</math> снижать до минимума при сохранении постоянства контакта торцов труб (деталей) с нагретым инструментом.</p> <p>11) Продолжительность технологической паузы, необходимой для удаления нагретого инструмента, должна быть минимальной.</p> <p>12) После удаления нагретого инструмента торцы труб и деталей сводят и производят осадку стыка при давлении <math>P_{oc}</math>.</p> <p>13) Осадку стыка необходимо осуществлять плавным увеличением давления до заданного уровня.</p> <p>14) Охлаждение стыка необходимо производить под давлением осадки в течение времени <math>t_{охл}</math>.</p> <p>15) При сварке нагретым инструментом рабочие поверхности нагревателя покрывают антиадгезионным слоем, препятствующим налипанию расплава на инструмент.</p> <p>16) Маркировку сварных стыков (код оператора) производят несмываемым карандашом-маркером яркого цвета (например, белого или желтого - для черных труб, черного и голубого - для желтых труб).</p> <p>17) Маркировку (номер стыка и код оператора) наносят рядом со стыком со стороны, ближайшей заводской маркировке труб.</p> <p>18) Допускается маркировку (код оператора) производить клеймом на горячем расплаве грата через 20-40 с после окончания операции осадки в процессе охлаждения стыка в зажимах центратора в двух диаметрально противоположных точках.</p>
5	<b>Контроль качества</b>	<p>Перед сваркой следует контролировать: Качество поверхности стыкуемых труб, размеры конструктивных элементов подготовки кромок, чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, зазор и смещение кромок, перелом осей. В процессе сварки контролю подлежат: Температура деталей и окружающего воздуха, порядок сварки соединения, технологические параметры процесса сварки. После сварки контролю подлежат: Отклонение геометрических размеров, клеймение шва, размеры выполненного шва,</p>

		смещение кромок, перелом осей сваренных элементов, наличие и размеры поверхностных дефектов в сварных швах.
--	--	---

№ п/п	Метод контроля (вид испытаний)	НД на методику контроля (испытаний)	НД на оценку качества или конкретные количественные нормы качества	Объем контроля (% , кол-во образцов)
1	Визуально-измерительный	СП 42-103-2003 (приложение Н)	СП 42-103-2003, п.п.8.10-8.15	100%
2	Ультразвуковой контроль	СП 42-103-2003 (приложение Р, приложение С)	СП 42-103-2003, п.п.8.21	100%
3	Испытание на растяжение	СП 42-103-2003 (приложение П)	СП 42-103-2003, п.п.8.18	≥5 образцов

Разработал \_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

Фамилия И.О.

**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**ФЮРА.000001.001 СБ Сварное соединение**

Лист №		Листов		ФЮРА.000001-001 СБ
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Сборочный чертеж Сварное соединение			
Проб.	Лист			
Т.контр.	Листов 1			
Н.контр.	ПЗ 100 ГАЗ SDR 9-225x25,2			
Утв.	НИ ТПУ ИШНКБ Группа 31В71			
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат А4	
Копировал				

ГОСТ Р 55276-2012

$\phi 225$

A(2:1)

b

25,2

h