

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Технология сборки и сварки трубопроводов</b>

УДК 621.791.75:621-644-034.14.073

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Бабкин Сергей Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	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.	Общая часть. Характеристика конструкции изделия	10
08.04.2022 г.	Требования нормативной документации. Оценка технологичности материала изделия. Заготовительное производство	15
15.04.2022 г.	Расчетно-технологическая часть. Анализ базовых технологических процессов. Сборочные операции. Технология сварки. Контроль качества	15
22.04.2022 г.	Производственно-технологическая часть. Обоснование выбора сварочного оборудования.	15
30.04.2022 г.	Выбор вспомогательного оборудования. Нормирование сборочно-сварочных работ.	15
23.05.2022 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2022 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2022 г.	Заключение	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	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	Бабкин Сергей Алексеевич

Тема работы:

Технология сборки и сварки трубопроводов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10 января 2022, №10-6/с

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>          (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.).</p>	<p>Магистральный газопровод высокого давления. Газопровод Ø 1420 мм с толщиной стенки 18,7 мм и газопровод Ø 325 мм с толщиной стенки 12 мм. Стали марки 09Г2С и 10Г2ФБЮ.</p>
--	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (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).</p>	<p>1 Введение 2 Общая часть 3 Расчетно-технологическая часть 4 Производственно-технологическая часть 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность 7 Заключение</p>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p>1 Титульный лист 2 Цели и задачи 3 Сварочные материалы, оборудование и режимы сварки трубопровода 4 Центратор 5 Технология сборки и сварки 6 Технология сборки и сварки 7 Технология сборки и сварки 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность; 9 Социальная ответственность 10 Вывод</p>
---	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01 февраля 2022 г.
--	--------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Бабкин Сергей Алексеевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В71	Бабкин Сергей 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

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**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	Бабкин Сергей Алексеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В71	Бабкин Сергей Алексеевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОТСП</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление</b>	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Технология сборки и сварки трубопроводов	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b>	<p><b>Объект исследования</b> – крановый узел магистрального газопровода.</p> <p><b>Область применения</b> – нефтегазовая отрасль.</p> <p><b>Рабочая зона</b> – полевые условия</p> <p><b>Климатическая зона</b></p> <p>– трасса газопровода Южно-Европейский (Писаревка-Анапа) проходит в Краснодарском крае, участок 667,7-703,9 км и 703,9-840,1 км. Местность равнинная. Климат умеренный.</p> <p><b>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- газорезательная машина «Спутник-3»;</li> <li>- газорезательная машины «Овал»;</li> <li>- пневматический центратор CRC Evans;</li> <li>- сварочная станция комплекса CRC-Evans Automatic Welding;</li> <li>- сварочный выпрямитель IdealArc DC-400;</li> <li>- универсальный сварочный агрегат ТТ-4М;</li> <li>- инверторный аппарат Invertec STT-II;</li> <li>- механизм подачи LF-37.</li> </ul> <p><b>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- резка;</li> <li>- сборка;</li> <li>- сварка.</li> </ul>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b>	<b>Законодательные и нормативные документы по теме:</b>
<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>ВСН 006-89 Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Сварка</p> <p>СТО Газпром 2-2.2-136-2007 Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. Часть I</p> <p>СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"</p>

<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <p>- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p><b>Выявить опасные факторы на сварочном участке:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих 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> </ol> <p><b>Выявить вредные факторы на сварочном участке:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>2. Повышенный уровень шума;</li> <li>3. Повышенный уровень общей вибрации;</li> <li>4. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды 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></p> <p>сварочные краги, спецодежда, респираторы, сварочные маски.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рекультивация земель.</li> <li>- необходимость утилизации отходов лома металлов и промышленного мусора.</li> </ul> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нарушении берега водоема при строительстве береговых траншей.</li> </ul> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбросы вредных сварочных аэрозолей.</li> </ul>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b> пожар, морозы, диверсии. <b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2022
--	------------

**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
З-1В71	Бабкин Сергей Алексеевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 90 с., 6 рис., 33 табл., 57 источников, 10 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: газопровод, замена дефектного участка, ручная дуговая сварка, комбинированная сварка STT, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

Объектом исследования является крановый узел газопровода.

Целью ВКР является технология сборки и сварки кранового узла газопровода во время проведения ремонтных работ путем замены дефектного участка.

В процессе выполнения ВКР проводились: ознакомление с конструкцией кранового узла, изучение способов сварки и сварочных материалов, расчет режимов сварки, изучение используемого оборудования для сварки.

В результате был изучен технологический процесс замены дефектного участка кранового узла газопровода.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Область применения: разработанная технология может применяться на предприятиях нефтегазовой отрасли, обслуживающих действующий газопровод.

Экономическая эффективность сварки методом STT выше, чем РДС. Снижение технологической себестоимости составило 1031,03 руб. Основная экономия наблюдается по таким показателям как: заработная плата и страховые отчисления основных рабочих, а также амортизации оборудования. Снижение затрат по данным статьям расходов произошло в первую очередь за счет высокой производительности метода STT, значение показателя времени наплавки 1 кг металла в час снизилось на 1,54 часа в сравнении с РДС.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе «КОМПАС-3D V18».

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Обозначения и сокращения

$\sigma_T$  – предел текучести;

$\sigma_B$  – временное сопротивление разрыву;

$\delta_5$  – относительное удлинение;

$d_э$  – диаметр электродного стержня;

$j$  – допускаемая плотность тока;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла за данный проход;

$q_{эф}$  – эффективная тепловая мощность сварочной дуги;

$I_{св}$  – ток сварочной дуги;

$U_d$  – напряжение дуги;

$\eta_u$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

$V_{св}$  – скорость перемещения сварочной дуги.

### Нормативные ссылки

1 ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность, гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;

2 ГОСТ 12.1.003- 83 Нормируемые параметры шума на рабочих местах;

3 ГОСТ 12.1.005-88 Нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;

4 ГОСТ 12.0.002-74 Требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.

5 ГОСТ 17.2.3.02- 78 Требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

6 СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.

### *Определения*

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Газопровод – инженерное сооружение, предназначенное для транспортировки природного газа с помощью трубопровода.

Крановый узел (крановый узел запорной арматуры) – важная часть трубопроводных систем. Это совокупность оборудования, которое позволяет регулировать, а при необходимости и блокировать поток нефти или газа.

## Оглавление

Введение.....	17
1 Обзор литературы по магистральным газопроводам .....	18
1.1 Характеристика конструкции изделия.....	18
1.1.1 Назначение и условия работы изделия.....	18
1.2 Требования нормативной документации.....	19
1.2.1 Общие требования на изготовление изделия.....	19
1.2.2 Технические требования к основному материалу .....	19
1.2.3 Технические требования к сварочным материалам .....	20
1.2.4 Технические требования к поставляемому прокату .....	23
1.3 Оценка технологичности материала изделия.....	26
1.3.1 Характеристика структуры свойств основного материала.....	26
1.3.2 Оценка свариваемости.....	27
1.4 Заготовительное производство .....	28
1.4.1 Выбор проката.....	28
1.4.2 Выбор способа раскроя проката.....	28
1.4.3 Выбор оборудования для раскроя проката.....	29
2 Расчетно-технологическая часть .....	32
2.1 Анализ базовых технологических процессов .....	32
2.1.1 Характеристика применяемого способа сварки .....	32
2.1.2 Применяемые режимы сварки .....	34
2.1.3 Применяемое оборудование .....	34
2.1.4 Используемые сварочные материалы .....	37
2.2 Сборочные операции .....	39
2.2.1 Последовательность сборочных операций и требования к ним .....	39
2.3 Технология сварки .....	41
2.3.1 Выбор способа сварки .....	41
2.3.2 Выбор сварочных материалов .....	43
2.3.3 Расчет режимов сварки.....	46
2.3.4 Техника наложения (выполнения сварных швов).....	46

2.3.5 Методы борьбы со сварочными напряжениями и деформациями .....	48
2.4 Контроль качества при изготовлении изделия .....	49
2.4.1 Общие требования к качеству сварных швов .....	49
2.4.2 Пооперационный контроль при изготовлении изделия.....	50
2.4.3 Приемочный контроль.....	51
3 Производственно-технологическая часть.....	53
3.1 Обоснование выбора сварочного оборудования .....	53
3.1.1 Общие требования к сварочному оборудованию .....	53
3.1.2 Выбор основного сварочного оборудования .....	54
3.2 Выбор вспомогательного сварочного оборудования и оснастки.....	56
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	60
4.1 Расчет технологической себестоимости 1 кг наплавленного металла. Базовый вариант (РД) .....	61
4.1.1 Вспомогательные материалы технологического назначения (сварочные материалы) .....	61
4.1.2 Расчет средств на оплату труда .....	62
4.1.3 Электроэнергия для технологических целей .....	64
4.1.4 Общепроизводственные расходы.....	64
4.2 Расчет технологической себестоимости 1 кг наплавленного металла. Проектный вариант (СТТ) .....	67
4.2.1 Вспомогательные материалы технологического назначения (сварочные материалы).....	67
4.2.2 Расчет средств на оплату труда .....	68
4.2.3 Электроэнергия для технологических целей .....	68
4.2.4 Общепроизводственные расходы.....	69
Выводы по разделу Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	71
5 Социальная ответственность .....	72
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	73
5.2 Производственная безопасность.....	73

5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований .....	74
5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.....	74
5.3 Экологическая безопасность.....	78
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	81
Выводы по разделу Социальная ответственность .....	82
Заключение .....	84
Список используемых источников.....	85
Приложение А Комплект технологической документации.....	89
Приложение Б Комплект чертежей.....	90

## **Введение**

Актуальность проблемы. Магистральные трубопроводы предназначены для транспортировки продукта от источника добычи или производства в районы потребления. В результате возрастающей потребности в газе растет потребность в строительстве газопроводов, компрессорных и газораспределительных станций, а также в реконструкции уже эксплуатируемых объектов.

К настоящему времени многие трубопроводы, введенные в эксплуатацию в прошлые годы, требуют ремонта. В связи с этим, ежегодно растут необходимые затраты на техническое обслуживание и ремонт. Объемы восстановительных работ на трубопроводах стали сопоставимыми с объемами работ по строительству новых трубопроводов. Ориентировочные подсчеты показывают, что для обеспечения требуемого уровня надежности системы газопроводов в течение ближайшего времени необходимо увеличить более чем в пять раз ежегодные объемы работ по капитальному ремонту линейной части. Однако, несмотря на предпринимаемые меры по увеличению объема ремонта, потребность в ремонтных работах все еще значительно превышает возможности отрасли.

При выполнении ремонтно-восстановительных работ возникает необходимость внедрения более производительных способов сварки. При этом сокращаются сроки монтажа, повышается качество выполняемых работ, а также улучшаются условия труда рабочих.

Целью данной ВКР является технология сборки и сварки кранового узла газопровода во время проведения ремонтных работ путем замены дефектного участка.

Практическое значение ВКР заключается в том, что ее результаты можно непосредственно использовать при ремонтно-восстановительных работах на магистральном газопроводе.

## **Обзор литературы по магистральным газопроводам**

### **Характеристика конструкции изделия**

### **Назначение и условия работы изделия**

Магистральный газопровод Ø 1420 мм предназначен для транспортирования газа под давлением 4,0 МПа. Минимально допустимая температура проведения строительных ремонтно-восстановительных работ - минус 40 °С. Газопровод рассчитан на работу в течение 25 лет. При этом необходимо проведение плановых и аварийно-восстановительных работ.

Нормативный срок службы газопроводов колеблется в пределах 25 лет. Но реальная эксплуатационная надежность газопроводов оказывается намного ниже, что, в конечном счете, приводит к необходимости осуществления ремонта линейных частей с использованием технологий, призванных повысить срок службы существующих трубопроводов.

Данный трубопровод относится к I классу по диаметру трубопровода и ко II классу по рабочему давлению, согласно СНиП 2.05.06-85\* [1].

Чтобы иметь возможность отключать отдельные участки газопровода для ремонтных работ, а также для сохранения газа во время аварийных разрывов газопровода, на магистральных газопроводах не реже чем через 20-25 км устанавливают запорную отключающую арматуру. Кроме того, запорная арматура устанавливается во всех ответвлениях к потребителям газа, на шлейфах компрессорных станций, на берегах рек и др.

Чтобы иметь возможность сбрасывать газ при необходимости опорожнения газопровода, запорную арматуру устанавливают также и на свечах. В качестве запорной арматуры применяются краны, задвижки и вентили.

## **1.2 Требования нормативной документации**

### **1.2.1 Общие требования на изготовление изделия**

Магистральные трубопроводы следует прокладывать подземно (подземная прокладка).

Прокладка трубопроводов по поверхности земли в насыпи (наземная прокладка) или на опорах (надземная прокладка) допускается только как исключение при соответствующем обосновании в случаях. При этом должны предусматриваться специальные мероприятия, обеспечивающие надежную и безопасную эксплуатацию трубопроводов.

Не допускается прокладка магистральных трубопроводов по территориям населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, аэродромов, железнодорожных станций, морских и речных портов, пристаней и других аналогичных объектов.

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации и исключения возможности повреждения магистральных трубопроводов и их объектов вокруг них устанавливаются охранные зоны, размеры которых и порядок производства в этих зонах сельскохозяйственных и других работ регламентируются Правилами охраны магистральных трубопроводов [2].

### **1.2.2 Технические требования к основному материалу**

При изготовлении труб для газопроводов, а также трубных деталей должны использоваться металлы, обладающие гарантированными механическими характеристиками и химическим составом, высокой сопротивляемостью хрупкому разрушению при низких температурах [2].

Для изготовления труб и деталей трубопровода применяются низкоуглеродистые стали марки 09Г2С и 10Г2ФБЮ по ГОСТ 19281-89 [3]. Данные марки сталей предназначены для ответственных конструкций, работающих под давлением при температуре от -70 до +450 °С, что соответствует условиям эксплуатации газопровода.

Отечественную трубопроводную арматуру изготавливают в соответствии с действующими стандартами и с учётом номенклатуры труб, применяемых при сооружении трубопроводов. Поэтому патрубки отечественной арматуры, как правило, имеют геометрические размеры, химический состав и механические свойства, весьма близкие к соответствующим параметрам труб конкретного трубопровода.

### 1.2.3 Технические требования к сварочным материалам

В соответствии с ВСН 006-89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка [4] к сварочным материалам, используемым при ремонте кранового узла трубопровода, применяются изложенные ниже требования.

При ручной дуговой сварке - электроды с основным видом покрытия типа Э50А по ГОСТ 9467-75 [5] (тип Е6010 согласно AWS А5.1). рекомендуемые марки сварочных электродов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендуемые марки электродов с основным видом покрытия [5]

Назначение	Марка электрода	d <sub>з</sub> , мм	
Для сварки и ремонта корневого слоя шва стыков труб	LB-52U (ЛБ-52У)	2,6	3,2
	Phoenix K50R Mod (Феникс К50Р Мод)	2,5	3,2
	OK 53.70	2,5	3,2
	Fox EV Pipe (Фокс ЕВ Пайп)	2,5	3,2
	Pipeliner 16P (Пайплайнер 16П)	2,5	3,2
Для сварки и ремонта заполняющих и облицовочного слоев шва стыков труб	LB-52U (ЛБ-52У)	3,2	4,0
	Phoenix K50R Mod (Феникс К50Р Мод)	3,2	4,0
	OK 53.70	3,2	4,0
	Fox EV Pipe (Фокс ЕВ Пайп)	3,2	4,0
	Pipeliner 16P (Пайплайнер 16П)	3,2	4,0

При комбинированной сварке методом STT и механизированной сварке

самозащитной порошковой проволокой типа Иннершилд, корневой слой выполняют сварочной проволокой Super Arc L-56 в качестве защитного газа можно использовать сварочную углекислоту по ГОСТ 8050-85 [6].

Для механизированной сварки заполняющих и облицовочного слоев шва стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 530 МПа включительно неповоротных стыков труб самозащитной порошковой проволокой следует применять проволоку марки Innershield NR-207 диаметром 1,7 мм.

Все сварочные материалы должны проходить входной контроль, включающий:

- проверку наличия сертификатов качества или сертификатов соответствия фирмы (завода-изготовителя);
- проверку сохранности упаковки;
- замер диаметра электродов и проволок и проверку его соответствия данным сертификата;
- проверку внешнего вида покрытия электродов и проволок - прочности (адгезии) покрытия электродов, отсутствия поверхностных дефектов электродных покрытий и проволок, следов ржавчины на поверхности проволок и электродных стержнях, разнотолщинности электродного покрытия;
- проверку сварочно-технологических свойств электродов и порошковых проволок при сварке катушек труб во всех пространственных положениях.

Все сварочные материалы должны соответствовать требованиям стандартов и технических условий, иметь сертификаты предприятия-изготовителя и храниться в отапливаемом помещении при температуре не ниже +15 °С, рассортированными по маркам. При этом в обязательном порядке службой сварки монтажной организации должен быть выполнен входной контроль поступающих сварочных материалов с обязательным испытанием на ударный изгиб при отрицательной температуре на образцах типа VI ГОСТ 6996-66 [7].

Электроды, порошковые проволоки, проволоки сплошного сечения при

условии герметичности упаковки и централизованного складирования в специально оборудованном помещении могут храниться без дополнительной проверки перед использованием в течение одного года. При хранении сварочных материалов более 1 года они должны пройти повторную проверку непосредственно перед их использованием.

Перед выполнением сварочных работ электроды прокалить по режиму, указанному в паспорте на электроды. Прокалку электродов допускается проводить не более двух раз. После прокалки электроды выдавать на рабочее место в количестве, необходимом для работы в течение полусмены. На рабочем месте электроды хранить в условиях, исключающих увлажнение в плотно закрывающейся таре или обогреваемых пеналах.

Сварочные электроды с основным видом покрытия, упакованные в герметичные металлические банки, не требуют прокалки перед сваркой. Однако, в случае, если электроды из открытой металлической банки не были использованы в течение рабочей смены (8-10 час.), а также в случае, если герметичность банки была нарушена в процессе транспортировки или хранения, электроды следует прокалить непосредственно перед сваркой при температуре 350-380 °С в течение 1,5-2 час. Срок хранения электродов в герметичной металлической упаковке завода-изготовителя составляет - не более 5 лет, а в картонных коробках, обтянутых полиэтиленовой термоусадочной пленкой - не более 2 лет.

Перед применением сварочную проволоку следует очищать от грязи, ржавчины, следов технологической и консервирующей смазки. Очистку производить при перематке и укладке в кассеты сварочного автомата. Упаковка и маркировка проволоки должны соответствовать требованиям ГОСТ 2246-70 [8]. Каждая партия проволоки должна иметь сертификат завода-изготовителя. На мотках проволоки должны быть заводские бирки. Применение проволоки, не имеющей сертификата завода-изготовителя или маркировки на мотках, разрешается только после проведения химического анализа проволоки и установления ее марки [9].

Для сварки в среде углекислого газа использовать углекислоту сварочную

с чистотой 99,5% по ГОСТ 8050-85 [6].

Защитные газы следует хранить в емкостях, в которых их поставляют. Емкости следует хранить в соответствии с правилами по соблюдению техники безопасности по хранению газов и требованиями поставщика. Запрещается смешивать газы в баллонах и емкостях, в которых они поставляются.

Самозащитная порошковая проволока типа Иннершилд поставляется на кассетах с рядной намоткой массой 6,35 кг.

В упаковке из толстого полиэтиленового мешка размещается 4 кассеты. Полиэтиленовый мешок с кассетами помещается в герметичные пластиковые контейнеры (ведра). Внутри ведра размещаются пакеты с влагопоглощающим компонентом. Общая масса упаковки - 25,4 кг.

Проволока не требует предварительной сушки-прокалки перед использованием. После вскрытия упаковки она должна быть использована в течение 24 час, в случае хранения на открытом воздухе, исключаящем попадание влаги.

В ином случае проволока должна храниться в помещении при температуре +15 °С и выше либо быть прокалена в электропечи при температуре не более 300 °С в течение 15-30 мин. В случае прокалки проволоки в электропечи она должна быть израсходована в возможно короткий срок.

#### **1.2.4 Технические требования к поставляемому прокату**

При ремонте кранового узла участка газопровода используются электросварные прямошовные трубы, стальные бесшовные трубы и детали трубопровода, к которым предъявляются следующие требования.

Предельные отклонения по наружному диаметру труб должны находиться в пределах  $\pm 0,5$  мм, по толщине стенки - 0,3 мм, по длине +4 мм [10, 11]. Предельные отклонения по толщине стенки труб должны соответствовать допускам на толщину металла, предусмотренным ГОСТ 19903-74 [12].

Овальность торцов труб не должна выводить их размеры за предельные отклонения, приведенные выше. Кривизна труб не должна превышать 1,5 мм на 1 м длины.

Высота усиления всех наружных швов труб должна быть: 0,5 – 2,5 мм - для труб с толщиной стенки менее 10 мм, 0,5 - 3,0 мм – для труб с толщиной стенки 10 мм и более. Высота усиления внутренних швов должна быть не менее 0,5 мм.

На внутреннем шве допускается седловина или отдельные углубления до уровня основного металла.

Концы труб должны быть обрезаны под прямым углом. Предельные отклонения от прямого угла (косина реза) должны соответствовать 1,0 мм. Величина остатка заусеница не должна превышать 0,5 мм.

Концы труб с толщиной стенки 5 мм и более должны иметь фаску под углом 25-30°. При этом должно быть оставлено торцевое кольцо (притупление) шириной 1,0-3,0 мм.

Трещины, плены, рванины, расслоения и закаты на поверхности основного металла труб не допускаются. Незначительные забоины, рябизна и окалина допускаются, если они не выводят толщину стенки за пределы минусовых отклонений [4].

Исправление поверхностных дефектов основного металла сваркой не допускается. Допускается исправление поверхностных дефектов зачисткой, при этом следы зачистки не должны выводить толщину стенки трубы за пределы минусовых отклонений.

Предельные отклонения размеров и расположения поверхностей деталей приведены на рисунке 1 и в таблице 2.

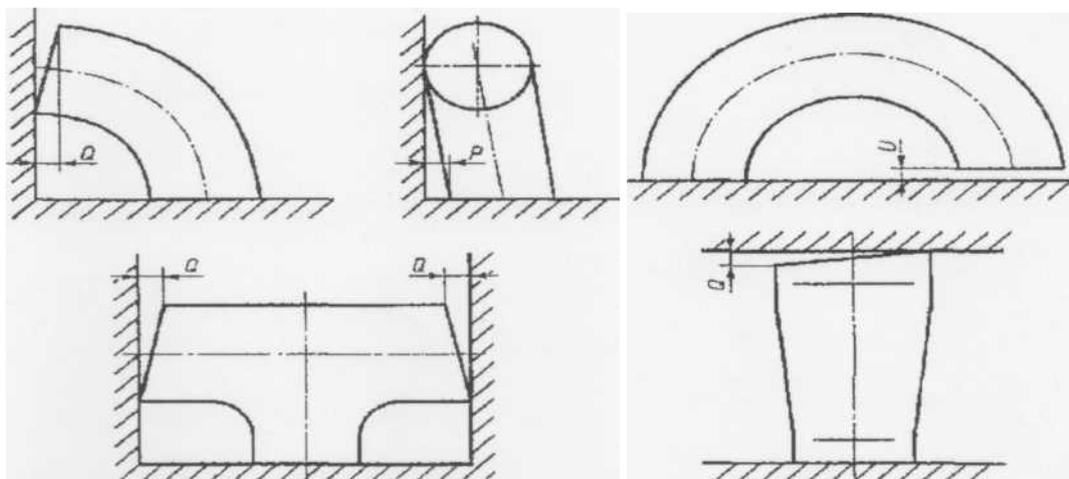


Рисунок 1 – Расположение поверхностей деталей [4]

Таблица 2 – Предельные отклонения деталей [4]

Наружный диаметр, мм	$Q$	$u$
До 65 включ.	0,5	±1,0
Св. 65 до 125 включ.	1,0	
Св. 125 до 200 включ.	1,5	
250; 300	2,5	±1,5
350		
400		
500		
600	3,0	±3,0
700;800	5,0	

Требования для деталей трубопровода:

На наружной и внутренней поверхностях деталей не допускаются трещины, надрывы и расслоения.

Разностенность, вмятины, риски, следы зачистки дефектов не должны выводить размеры деталей за пределы поля допуска.

Предельные отклонения наружного диаметра отводов исполнения 2 в не-торцевых сечениях не должны быть более ±3,5 %.

Относительная овальность отводов – не более 6 %.

### 1.3 Оценка технологичности материала изделия

#### 1.3.1 Характеристика структуры свойств основного материала

Детали узла газопровода изготовлены из стали 09Г2С и 10Г2ФБЮ, которые предназначены для изготовления ответственных конструкций. Исходная структура стали ферритно-перлитная. Механические свойства и химический состав сталей 09Г2С и 10Г2ФБЮ представлены в таблицах 3-6.

Таблица 3 – Химический состав стали 09Г2С [13]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
0,12	0,54-0,8	1,3-1,7	<0,3	<0,3	0,154-0,35	<0,04	<0,035

Таблица 4 – Механические свойства стали 09Г2С [13]

Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup> при температуре, °С	
				+ 20	-70
270-350	440-550	50	21	59	29

Таблица 5 – Химический состав стали 10Г2ФБЮ [13]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
0,094-0,13	0,15-0,3	1,3-1,55	<0,3	<0,3	<0,3	<0,02	<0,01

Таблица 6 – Механические свойства стали 10Г2ФБЮ [13]

Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup> при температуре, °С	
				+ 20	-60
461-559	588-686	50	20	78	49

### 1.3.2 Оценка свариваемости

Под технологической свариваемостью понимают способность металлов образовывать прочное соединение без существенного ухудшения их технических свойств в самом соединении и прилегающей к нему околошовной зоне.

Низколегированные стали – это стали с суммарным содержанием легирующих элементов до 2,5 %.

С увеличением содержания углерода и легирующих элементов растёт удельное электросопротивление, сопротивления деформации, расширяется температурный интервал хрупкости и возрастает склонность к образованию кристаллизационных трещин, усиливается склонность к закалке.

Стали 09Г2С и 10Г2ФБЮ имеют очень высокую критическую скорость охлаждения, превышающую 100 °С/с, поэтому охлаждение при сварке не вызывает образования в сварном стыке и в зоне термического влияния полностью мартенситной структуры. Структура различных участков зоны термического влияния изменяется от крупнозернистой ферритно-перлитной до мелкозернистой ферритно-перлитной в участке неполной перекристаллизации. Как правило, твердость сварного стыка и околошовного участка зоны термического влияния не превышает НВ 300. Выбор режимов сварки низколегированных сталей необходимо осуществлять на основе анализа условий, предотвращающие образование трещин, опасность появления которых возрастает с увеличением содержания вредных примесей, углерода и легирующих элементов в стали.

Параметры режимов сварки выбирают в зависимости от марки и толщины сталей.

Свариваемость трубных сталей оценивают по эквивалентному содержанию углерода. При этом его величина не должна превышать 0,46 % [14]:

$$C_{эkv} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V + Ti + Nb)/5 + (Cu + Ni)/15 + 15B. \quad (1)$$

Определим свариваемость стали 09Г2С:

$$C_{экв} = 0,12 + 1,5/6 + 0,3/5 = 0,43 \%$$

Определим свариваемость стали 10Г2ФБЮ:

$$C_{экв} = 0,13 + 1,4/6 + 0,3/5 = 0,43 \%$$

Таким образом, данные стали не склонны к образованию холодных трещин. Низкоуглеродистые стали, хорошо свариваются всеми способами сварки плавлением.

## **1.4 Заготовительное производство**

### **1.4.1 Выбор проката**

Для изготовления труб и деталей трубопровода применяются низкоуглеродистые стали марки 09Г2С и 10Г2ФБЮ по ГОСТ 19281-89 [15]. Данные марки сталей предназначены для ответственных конструкций, работающих под давлением при температуре от -70 до +450 °С, что соответствует условиям эксплуатации газопровода.

Отечественную трубопроводную арматуру изготавливают в соответствии с действующими стандартами и с учётом номенклатуры труб, применяемых при сооружении трубопроводов. Поэтому патрубки отечественной арматуры, как правило, имеют геометрические размеры, химический состав и механические свойства, весьма близкие к соответствующим параметрам труб конкретного трубопровода.

При ремонте кранового узла участка газопровода используются электросварные прямошовные трубы, стальные бесшовные трубы и детали трубопровода:

- труба Ø 1420x18,7-09Г2С, ГОСТ -5493-2004;
- отвод Ø 325x12 - 09Г2С, ГОСТ 17375-2001;
- тройник ТШС Ø 1420 (25)x325(Ю)-7,5-0,75 -10Г2ФБЮ, ТУ 102-488-95.

### **1.4.2 Выбор способа раскроя проката**

Для получения заготовок при использовании стальных может применяться

кислородная, термическая либо механическая резка. Кромки заготовок после кислородной резки должны быть зачищены механическим способом (шлифовальными машинами) на глубину не менее 2 мм [16].

Обработку концов труб для сварки, обрезка труб и снятие фасок необходимо производить механическим способом (резцом, фрезой или абразивным кругом) с помощью трубрезных станков, разрешается обрабатывать концы труб блока газовой, плазменной или воздушно-дуговой резкой с последующей зачисткой кромок режущим или абразивным инструментом до удаления следов огневой резки. Снятие фасок с трубных концов производить, начиная с толщины стенки труб 3,5 мм. Наибольшее отклонение поверхности реза от перпендикулярности для толщины трубы до 16 мм - 0,2 мм [17]. Радиус оплавления верхней кромки не должен превышать 2 мм.

Перед сборкой необходимо очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от попавшего грунта, снега и т.п. загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб, деталей трубопроводов, патрубков запорной арматуры на ширину не менее 15 мм.

Усиление заводских продольных и спиральных швов снаружи трубы следует удалить до величины 0-0,5 мм на участке шириной 10-15 мм от торца трубы.

### **1.4.3 Выбор оборудования для раскроя проката**

При ремонтно-восстановительных работах на газопроводе необходимо выполнять заготовительные операции, связанные с резкой труб, патрубков, технологических заплат. Для повышения производительности резки раскрой необходимо производить механизированным способом с помощью газорезательной машины «Спутник-3», технические характеристики которой представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Техническая характеристика газорезательной машины «Спутник-3» [18]

Наименование характеристики	Величина
Диаметр разрезаемы труб, мм	194- 1620
Толщина стенки, мм	5 - 7 5
Ширина реза, мм	2-4
Скорость перемещения, мм/мин	150-750
Масса, кг	20,8

Вырезку технологических отверстий на газопроводе следует выполнять газокислородной машиной «Овал». Установка позволяет получать высокое качество реза со скосом кромок под сварку от 0 до 35°. Крепление установки к трубе производится с помощью цепи ПР-12,7. Техническая характеристика установки представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Техническая характеристика газорезательной машины «Овал» [18]

Наименование характеристики	Величина
Размеры вырезаемых отверстий по осям, мм	150x200-250x300
Количество устанавливаемых резаков РМ-3	1
Габаритные размеры шаблона	600x630x50
тележки	394x146x170
Масса, кг шаблона	6,5
тележки	5,5

Перед резкой дефектного участка трубы шириной 50-100 мм по периметру необходимо тщательно зачистить механической или ручной проволочной щеткой. На поверхности трубы не должно быть слоя праймера, следов изоляции, окалины, ржавчины, пыли, масляных и жировых загрязнений. Резка неочищенного металла приводит к значительному снижению производительности процесса, ухудшению качества поверхности реза. Режимы резки установкой «Спутник-3» представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Режимы кислородной резки [17]

Толщина стенки, мм	Скорость резки, мм/мин	Давление кислорода, МПа	Расход пропана, л/м
19	400-300	0,45-0,55	35-45

Шероховатость кромки реза не должна превышать 0,16 мм, что соответствует 3-му классу по ГОСТ 14792-80 [19].

Правку концов труб после кислородной резки металла с нормативным значением временного сопротивления разрыву до 540 МПа при положительных температурах воздуха можно выполнять без подогрева; при отрицательных температурах окружающего воздуха перед правкой необходим подогрев до 150- 200 °С.

При отрицательных температурах воздуха испарение горючих газов, как правило, прекращается. В этом случае баллон следует поместить в емкость с непрерывно подогреваемой горячей водой.

При замерзании рукавов и редуктора их следует отогревать горячей водой с последующей продувкой воздухом и протиркой с внешней стороны. Вода и воздух не должны иметь примеси жиров и масел.

## **Расчетно-технологическая часть**

### **2.1 Анализ базовых технологических процессов**

#### **2.1.1 Характеристика применяемого способа сварки**

Перед началом ремонта кранового узла газопровода производят земляные работы. Размеры траншеи или котлована выбирают таким образом, чтобы обеспечивалась возможность свободной работы газарезчиков и сварщиков, а также возможность просвечивания сварных стыков. В котловане предусматриваются два удобных выхода в противоположных направлениях.

Для устранения недопустимых дефектов в стенке трубопровода и сварных швах на участке длиной 18 м производится полная его вырезка с помощью термической резки. Участок, где ведутся огневые работы, изолируется от трубопровода при помощи надувных резиновых шаров.

Для ввода резиновых шаров в газопровод на расстоянии не менее 8 м в обе стороны от места выполнения огневых работ вырезают специальные овальные окна размером 100x150 мм. В местах вырезки окон к трубе предварительно приваривают скобы для удаления вырезанного участка трубы. Резиновые шары перед установкой проверяют на герметичность, и после того как кромки окон охладятся, шары вводят в трубопровод и устанавливают между окном и местом огневых работ. Ручным насосом через шланги в шары закачивают воздух. При этом шар по всей окружности должен плотно прилегать к трубе. После окончания работ по ремонту и охлаждения сварных стыков резиновые шары спускают, удаляют из газопровода, а окна заваривают.

Для замены части кранового узла газопровода используются стальные электросварные трубы диаметром 1420x18,7 мм, а также отводы, тройники и переход. При монтаже труб используется способ ручной дуговой сварки.

При ручной дуговой сварке покрытыми металлическими электродами, сварочная дуга горит с электрода на изделие, оплавляя кромки свариваемого изделия и расплавляя металл электродного стержня и покрытие электрода

(рисунок 2). Кристаллизация основного металла и металла электродного стержня образует сварной шов.

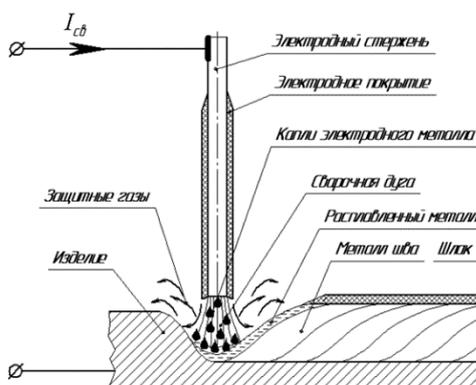


Рисунок 2 – Схема плавления электродного стержня [14]

Достоинства способа:

- простота оборудования;
- возможность сварки во всех пространственных положениях;
- возможность сварки в труднодоступных местах;
- быстрый, по времени переход от одного вида материала к другому;
- большая номенклатура свариваемых металлов.

Недостатки способа:

- большие материальные и временные затраты на подготовку сварщика;
- качество сварного соединения и его свойства во многом определяются субъективным фактором;
- низкая производительность (пропорциональна сварочному току, увеличение сварочного тока приводит к разрушению электродного покрытия);
- вредные и тяжёлые условия труда.

Рациональные области применения:

- Сварка на монтаже;
- Сварка непротяжённых швов.

## 2.1.2 Применяемые режимы сварки

При базовом способе сварке используются режимы согласно ВСН 006-89 [20] и СТО Газпром 2-2.2-136-2007 [21], которые представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Режимы ручной дуговой сварки [21]

Слой шва	Диаметр электродов	Сила сварочного тока $I_{св}$	Напряжение дуги $U_d$	Скорость сварки $V_{св}$
	мм	А	В	м/ч
Корневой	3	100	24	15
Заполняющие	4	140	25	18
Облицовочные	4	140	25	18

Все сварные швы очищают от шлака, брызг и наплывов металла. Все сварные швы контролируются внешним осмотром с двух сторон и рентгенографическим методом [14, 22].

Данная технология является устаревшей и трудоемкой. В данном проекте предлагается проводить замену части кранового узла газопровода, с использованием комбинированного способа сварки методом STT и механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой.

### Применяемое оборудование

Для проведения работ в полевых условиях применяем агрегат сварочный универсальный на базе трактора ТТ-4М.

Данный агрегат является оптимальным для проведения сварочных работ в полевых условиях. Базовое шасси, обеспечивает длительный срок службы агрегата при строительстве трубопроводов и позволяет эксплуатировать его практически в любых климатических условиях. Наличие автономной дизельной электростанции мощностью 100кВт существенно увеличивает срок службы двигателя базового шасси и позволяет легко адаптировать данный агрегат к

любым технологиям сварки, что достигается путем простой замены сварочного оборудования. При этом мощность дизельной электростанции и размеры укрытия позволяют устанавливать до восьми инверторных выпрямителей для ручной либо полуавтоматической сварки, а наличие рампы для баллонов с технологическими газами дает возможность производить сварку четырьмя автоматическими головками типа М-220 или М-300. В случае установки компрессора данный агрегат можно использовать для питания сварочной станции комплекса CRC-Evans Automatic Welding. Кроме всего вышперечисленного агрегат комплектуется телескопической стрелой-манипулятором с увеличенным вылетом и грузоподъемностью. Для работы в северных условиях агрегат может комплектоваться устройствами предпускового подогрева двигателя трактора и электростанции. Кроме того возможна установка гусениц повышенной ширины и компрессора, предназначенного для обеспечения сжатым воздухом пневматического центратора CRC Evans. Технические характеристики ТТ-4М представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики сварочного агрегата ТТ-4М [23]

Технические характеристики	Параметры
Количество сварочных постов, шт.	4
Номинальный сварочный ток, А, не более	400
Напряжение холостого хода, В, не более	54
Продолжительность нагрузки, ПН, %	100
Источник питания переменным током	
- мощность, кВт	100
- число фаз	3
- напряжение, В	400
- частота, Гц	50
Масса навешиваемого технологического оборудования на стрелу, кг, не более	1500
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	6600
- ширина	2700
- высота	3550
Масса, кг, не более	16500

В качестве сварочного выпрямителя используется IdealArc DC-400.

Сварочный выпрямитель IdealArc DC-400 - универсальный прибор, который является надежным источником сварочного тока. Это трехфазный выпрямитель имеет множество сфер применения, таких как:

- Полуавтоматическая сварка в среде защитных газов;
- Ручная дуговая сварка;
- Сварка посредством самозащитной и газозащитной порошковой проволоки;
- Воздушно-дуговая сварка;
- Автоматическая сварка специальной проволокой по флюсам.

Аппарат IdealArc DC-400 обладает высокой эргономичностью, что делает процесс сварки невероятно удобным и продуктивным. С помощью одной кнопки можно легко переключаться с одного режима на другой. Жесткая ВАХ – SAW, жесткая ВАХ - MIG/MAG/FCAW, падающая ВАХ - MMA/TIG/CAC-A.

Применение особой системы контроля фиксированной дуги Arc Force Control. С помощью нее устанавливается ток короткого замыкания, как для жесткой, так и для мягкой дуги во время падения вольтамперного показателя.

Наличие системы Arc Control, которая помогает реализовать эффективное управление дугой во время сварки в среде защитных газов, а также посредством порошковой проволоки. Кроме того, данная технология дает возможность контролировать образование искры, следить за пинч-эффектом, регулировать форму шва и текучесть металла. Основные технические характеристики аппарата приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики выпрямителя IdealArc DC-400 [24]

Источник тока	Питание, В	Фазы	Диапазон регулирования сварочного тока, А	Сварочный ток, А/ Напряжение, В/ ПВ, %	Габаритные размеры ВхШхД, мм	Вес, кг
IdealArc DC-400	230/400	3	60-500	400/36/100 450/40/60 500/40/50	698x566x 840	215

## 2.1.4 Используемые сварочные материалы

При ремонте газопровода могут применяться следующие сварочные материалы.

При ручной дуговой сварке - электроды с основным видом покрытия типа Э50А по ГОСТ 9467-75 (тип Е6010 согласно AWS А5.1) [5]. Рекомендуемые марки сварочных электродов представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Рекомендуемые марки сварочных электродов по ВСН 006-89 [20]

Назначение	Марка электрода	d, мм	
Для сварки и ремонта корневого слоя шва стыков труб	LB-52U (ЛБ-52У)	2,6	3,2
	Phoenix K50R Mod (Феникс К50Р Мод)	2,5	3,2
	OK 53.70	2,5	3,2
	Fox EV Pipe (Фокс ЕВ Пайп)	2,5	3,2
	Pipeliner 16P (Пайплайнер 16П)	2,5	3,2
Для сварки и ремонта заполняющих и облицовочного слоев шва стыков труб	LB-52U (ЛБ-52У)	3,2	4,0
	Phoenix K50R Mod (Феникс К50Р Мод)	3,2	4,0
	OK 53.70	3,2	4,0
	Fox EV Pipe (Фокс ЕВ Пайп)	3,2	4,0
	Pipeliner 16P (Пайплайнер 16П)	3,2	4,0

В данном случае, для базового способа ручной дуговой сварки покрытыми электродами выбираем электроды марки LB-52U – Ø3,2мм для сварки корневого слоя шва и электроды ОК 53.70 – Ø4мм для сварки заполняющего и облицовочного слоев.

Электроды LB 52U (ЛБ 52 У) предназначены для сварки труб из сталей прочностных классов до К54 включительно и от К55 до К60 включительно. Электроды LB-52U аттестованы НАКС (Национальное Агентство Контроля сварки) и рекомендованы ВНИИСТом для использования при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов.

Сварочный электрод низководородной группы с покрытием основного типа. Используется для дуговой сварки труб, а также морских конструкций и

сооружений типа резервуаров, которые необходимо сваривать только с одной стороны;

Позволяет получить отличный наплавленный металл шва и аккуратный корневой чешуйчатый валик без дефектов при сварке с одной стороны соединения;

Обеспечивает высокую ударную вязкость, стойкость к растрескиванию и намного лучшую стабилизацию дуги и проплавление, чем другие низководородные электроды.

Предназначен для сварки и ремонта корневого слоя шва неповоротных стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 588 Н/мм<sup>2</sup> включительно.

Использование электродов LB-52 позволяет получить отличный наплавленный металл шва и аккуратный корневой чешуйчатый валик без дефектов при сварке с одной стороны соединения. LB 52U обеспечивает высокую ударную вязкость, и его часто используют для сварки труб, морских конструкций и сооружений типа резервуаров, которые необходимо сваривать только с одной стороны. LB52 обеспечивает намного лучшую стабилизацию дуги и проплавление, чем другие низководородные электроды.

Режим проковки: 300 – 350 °С в течение 0.5-1 часа.

Химический состав и механические свойства электродов LB-52U приведены в таблицах 14 и 15 соответственно.

Таблица 14 – Химический состав электродов LB-52U [25]

Химический элемент	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
Процентное содержание	0,06	0,51	1,02	0,011	0,006	0,01	0,02	0,01	следы

Таблица 15 – Механические свойства наплавленного металла электродами LB-52U [25]

Показатель	Ударная вязкость	Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение
Размерность	Дж/см <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	%
Значение	130	441	546	31

## 2.2 Сборочные операции

### 2.2.1 Последовательность сборочных операций и требования к ним

Сборка имеет своей целью установку свариваемых деталей в заданных условиях с заданными зазорами между ним. К выполнению сборочных операций механизированными способами сварки допускаются сварщики, прошедшие специальный курс теоретической и практической подготовки и сдавшие испытания на право производства этих работ.

Сварщик, производящий прихватку должен иметь разряд не ниже пятого. Сборку на центраторе стыков труб с заводской разделкой кромок или кромок, подготовленных специализированными станками, под последующую сварку корневого слоя шва механизированной сваркой методом STT следует осуществлять без прихваток. Если в процессе установки технологического зазора возникла объективная необходимость в установке прихваток, то они должны быть полностью удалены в процессе сварки корневого слоя шва.

Прихватки выполняются ручной дуговой сваркой электродами типа Э50А диаметром не более 3 мм, либо механизированной сваркой методом STT. Прихватки выполнять длиной 10 - 15 мм с шагом 150 - 200 мм. Для предотвращения смещения свариваемых кромок применяются сборочно-сварочные приспособления.

Процесс сборки труб под сварку предусматривает технологическую операцию - центровку, в результате которой две сопрягаемые трубы становятся соосными.

Прихватку стыков труб выполняют с полным проплавлением корня шва

теми же сварочными материалами, что и при сварке корневого слоя. Перед сваркой корневого слоя прихватки необходимо полностью удалить механическим способом [2, 26, 27].

Смещение наружных кромок электросварных труб с толщиной стенки 10,0 мм и более не должно превышать 20 % от нормативной толщины стенки, но составлять не более 3,0 мм.

Производить сборку и сварку элементов газопровода при наличии влаги на поверхности кромок и участков, прилегающих к стыку, запрещается. Сборочная операция имеет цель обеспечить правильное взаимное расположение и закрепление деталей собираемого сварного изделия. Собранный узел должен обладать жесткостью и прочностью, необходимой для уменьшения деформации при сварке. Сборку свариваемых труб и деталей, включающую установку, центровку и закрепление свариваемых концов, производят с помощью наружных центраторов.

Порядок проведения работ по ремонту участка трубопровода кранового узла путем замены дефектного участка:

- земляные работы (рытье траншеи, котлована);
- перекрытие дефектного участка трубопровода путем закрытия шаровых кранов и опустошение полости трубопровода;
- промывка и очистка полости трубопровода;
- подготовка и зачистка участка трубопровода перед резкой;
- вырезка дефектного участка трубопровода;
- монтаж подготовленной катушки и установка наружного центратора;
- выверка и контроль зазоров и отклонений при монтаже;
- постановка прихваток;
- сварка корневого слоя шва;
- снятие наружного центратора (после сварки не менее 60% корневого слоя шва);
- сварка заполняющего и облицовочного слоев;

- контроль сварного шва;
- нанесение изоляционного покрытия;
- засыпка котлована.

## **2.3 Технология сварки**

### **2.3.1 Выбор способа сварки**

Для выполнения ремонта части кранового узла газопровода соединение элементов труба + тройник, тройник + отвод и можно использовать следующие способы сварки:

- ручную дуговую покрытыми электродами;
- механизированную в среде углекислого газа сплошной проволокой;
- механизированную самозащитной порошковой проволокой;
- комбинированную методом STT и самозащитной порошковой проволокой;
- одностороннюю автоматическую под слоем флюса (АСФ).

Незначительный объем ремонтных работ, рассматриваемый в данном проекте, исключает возможность использования АСФ, поскольку процесс требует закупки дорогостоящего оборудования. Поэтому с экономической точки зрения данный способ сварки использовать не целесообразно.

Ручная дуговая сварка по своему определению не предусматривает механизации производственного процесса, что вследствие поставленных целей проекта исключает возможность ее применения.

Наибольший интерес вызывает применение комбинированного способа методом STT и самозащитной порошковой проволокой.

Процесс STT и условно можно отнести к холодным, сопло горелки остаётся всего лишь теплым после сварки, но не горячим. Такой процесс можно сравнивать с контролируемым электроникой «намораживанием» каждой капли металла в месте, определяемое действием сил поверхностного натяжения капли и сварочной ванны. Ванна имеет минимальный объём и капля имеет строго

определённый размер. Температура ванны достаточна для проплавления основного металла на глубину, достаточную для качественного соединения. Сварщик освобождается от жесткого контроля вылета электрода в процессе сварки. Перемешивание сварочной ванны и, как следствие, глубина проплавления могут увеличиваться при увеличении угла наклона сварочной горелки. Гарантируется получение качественного шва без перевода проволоки в брызги. Снижение уровня излучения дуги и дымообразования достигается за счет общего среднего укорочения управляемой дуги, уменьшения разогрева электрода, уменьшения испарения металла, переходящего в дым после реакции с кислородом.

Для защиты сварочной ванны на низкоуглеродистых сталях используется в основном 100% углекислый газ или его смеси с аргоном (с гелием) для нержавеющей сталей. Основные преимущества этого метода:

- сварка во всех пространственных положениях и переход между ними без изменения скорости сварки;
- резкое уменьшение разбрызгивания;
- гарантированное формирование усиления с обратной стороны шва при сварке стыка с зазором или нахлестки со сквозным проплавлением;
- стабильность процесса сварки (стабильность дуги при изменении вылета электрода во время сварки);
- низкое излучение дуги, уменьшение дымообразования;
- уменьшение тепловложения в свариваемые детали, особенно при сварке тонколистового металла.

Преимущество самозащитной проволоки типа Innershield – в том, что она имеет высокий коэффициент наплавки и не требует использования защитного газа.

В последнее время очень хорошо зарекомендовал себя новый технологический процесс полуавтоматической сварки, при котором сварка корня шва осуществляется проволокой по процессу STT в среде защитного газа, а заполнение и облицовка – проволокой Innershield.

Таким образом, для выполнения сварных соединений используем комбинированную сварку методом STT и самозащитной порошковой проволокой.

### 2.3.2 Выбор сварочных материалов

Основным условием при выборе сварочных материалов является обеспечение равнопрочности основного металла и сварного шва.

При комбинированной сварки методом STT и механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой типа Иннершилд, корневой слой выполняют сварочной проволокой Super Arc L-56 в качестве защитного газа можно использовать сварочную углекислоту по ГОСТ 8050-76 [6].

Для механизированной сварки заполняющих и облицовочного слоев шва стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 530 МПа включительно неповоротных стыков труб самозащитной порошковой проволокой следует применять проволоку марки Innershield NR-207 диаметром 1,7 мм.

Для механизированной сварки поворотных и неповоротных стыков труб проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа методом STT следует применять проволоку Super Arc L-56, химический состав которой представлен в таблице 16, типичные механические свойства металла, наплавленного в среде углекислого газа, представлены в таблице 17.

Таблица 16 – Химический состав сварочной проволоки SuperArc L-56 [25]

Химический элемент	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Процентное содержание	0,06-0,15	1,4-1,85	0,8-1,15	0,15	0,15	0,035	0,025

Таблица 17 – Механические свойства металла наплавленного проволокой SuperArc L-56 [25]

Показатель	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см, при температуре, С	
			20 °С	-20 °С
Значение	510	29	120	50

Для выполнения сварочных работ необходимо использовать проволоку Super Arc L-56 диаметром 1,14 мм.

Для сварки заполняющих и облицовочного слоев выбираем самозащитную порошковую проволоку Иннершилд NR-207 (Ø1,7 мм) химический состав которой представлен в таблице 18, типичные механические свойства металла представлены в таблице 19.

Таблица 18 – Химический состав сварочной проволоки Иннершилд NR-207 [25]

Химический элемент	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Процентное содержание	0,15	0,5-1,5	0,8	0,2	0,4-1,0	0,03	0,03

Таблица 19 – Механические свойства металла наплавленного проволокой SuperArc L-56 [25]

Показатель	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см, при температуре, С	
			20 °С	-20 °С
Значение	490-630	28	120	54

К сварочным материалам применяются указанные ниже требования в соответствии с ВСН 006-89 [20] и СТО Газпром 2-2.2-136-2007 [21].

Все сварочные материалы должны проходить входной контроль, включающий:

- проверку наличия сертификатов качества или сертификатов соответствия фирмы (завода-изготовителя);
- проверку сохранности упаковки;
- замер диаметра электродов и проволок и проверку его соответствия данным сертификата;
- проверку внешнего вида покрытия электродов и проволок - прочности (адгезии) покрытия электродов, отсутствия поверхностных дефектов электродных покрытий и проволок, следов ржавчины на поверхности проволок и электродных стержнях, разнотолщинности электродного покрытия;

- проверку сварочно-технологических свойств электродов и порошковых проволок при сварке катушек труб во всех пространственных положениях.

Все сварочные материалы должны соответствовать требованиям стандартов и технических условий, иметь сертификаты предприятия-изготовителя и храниться в оттапливаемом помещении при температуре не ниже +15 °С, рассортированными по маркам. При этом в обязательном порядке службой сварки монтажной организации должен быть выполнен входной контроль поступающих сварочных материалов с обязательным испытанием на ударный изгиб при отрицательной температуре на образцах типа VI ГОСТ 6996-66 [7].

Перед применением сварочную проволоку следует очищать от грязи, ржавчины, следов технологической и консервирующей смазки. Очистку производить при перемотке и укладке в кассеты сварочного автомата. Упаковка и маркировка проволоки должны соответствовать требованиям ГОСТ 2246-70 [8]. Каждая партия проволоки должна иметь сертификат завода-изготовителя. На мотках проволоки должны быть заводские бирки. Применение проволоки, не имеющей сертификата завода-изготовителя или маркировки на мотках, разрешается только после проведения химического анализа проволоки и установления ее марки.

Для сварки в среде углекислого газа использовать углекислоту сварочную с чистотой 99,5% по ГОСТ 8050-85 [6]. Перед сваркой для удаления попавшего в баллон воздуха, следует выпускать небольшое количество газа в течение 5-8 секунд.

Защитные газы следует хранить в емкостях, в которых их поставляют. Емкости следует хранить в соответствии с правилами по соблюдению техники безопасности по хранению газов и требованиями поставщика. Запрещается смешивать газы в баллонах и емкостях, в которых они поставляются.

Самозащитная порошковая проволока типа Иннершилд поставляется на кассетах с рядной намоткой массой 6,35 кг.

В упаковке из толстого полиэтиленового мешка размещается 4 кассеты.

Полиэтиленовый мешок с кассетами помещается в герметичные пластиковые контейнеры (ведра). Внутри ведра размещаются пакеты с влагопоглощающим компонентом. Общая масса упаковки - 25,4 кг.

### Расчет режимов сварки

Режимы сварки выбраны в соответствии с требованиями ВСН 006-89 [20] и СТО Газпром 2-2.2-136-2007 [21] и приведены ниже (таблицы 20 и 21).

Таблица 20 – Параметры режимов при механизированной сварке методом STT проволокой SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм [21]

Наименование слоя	Параметры процесса					
	Скорость подачи проволоки, Дюйм/мин	Пиковый ток, А	Базовый ток, А	Полярность	Расход газа, л/мин	Среднее значение напряжения, В
Корневой	90-120* 120-160**	400-420	45-55	обратная	10-16	16-22

\* для сварки в положении 12.00-1.00 час.

\*\* для сварки в положении 1.00-6.00 час.

Таблица 21 – Параметры режимов при сварке проволокой Иннершилд [21]

Наименование слоя	Марка проволоки				
	Innershield NR-207 Ø1,7 мм				
	Полярность	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение, В	Сила тока, А	Вылет электрода, мм
Заполняющие	Прямая	120	19-20	245	12-19
Облицовочный	Прямая	105	18-19	220	12-19

Выбранные режимы сварки соответствуют значениям, рекомендуемым производителем сварочных материалов.

### Техника наложения (выполнения сварных швов)

Основные элементы техники ведения сварки корневого слоя шва механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в углекислом газе с

применением оборудования фирмы « The Lincoln Electric Company » методом STT представлены на рисунок 3.

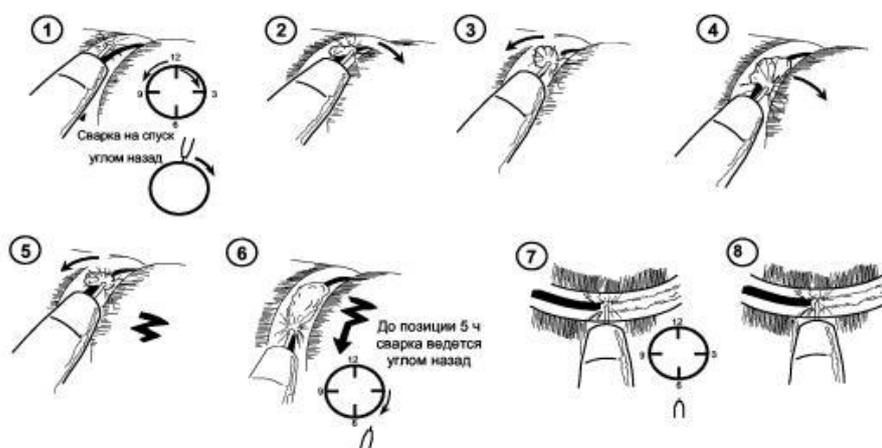


Рисунок 3 – Техника механизированной сварки корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом STT [21]

Для начала сварки в положении  $0^{00}$  ч и возбуждения дуги, угол наклона сварочной горелки должен составлять от  $10^{\circ}$  до  $20^{\circ}$  (углом назад) (поз. 1, рисунок 3).

После возбуждения дуги и образования сварочной ванны, ее следует плавно перевести с кромки на середину разделки. При этом пятно дуги должно располагаться в передней части сварочной ванны (первой трети сварочной ванны) (поз. 2, рисунок 3).

В положении сварки от  $0^{00}$  до  $1^{00}$  ч сварку следует выполнять небольшими быстрыми дугообразными поперечными колебаниями (без задержки на кромках). Угол наклона сварочной горелки должен составлять от  $30^{\circ}$  до  $45^{\circ}$  (углом назад) (поз. 3, рисунок 3).

В положении сварки от  $0^{30}$  до  $1^{00}$  ч колебания следует прекратить и в дальнейшем сварку следует выполнять прямолинейным движением сварочной горелки по центру разделки. Угол наклона сварочной горелки в положении от  $1^{00}$  до  $4^{00}$  ч должен составлять от  $20^{\circ}$  до  $45^{\circ}$  (углом назад) (поз. 4-6, рисунок 3).

В положении сварки от  $4^{\circ 00}$  до  $5^{\circ 00}$  ч угол наклона сварочной горелки следует постепенно уменьшать и довести до нулевого значения (перпендикулярно поверхности трубы).

В положении сварки от  $5^{\circ 00}$  до  $6^{\circ 00}$  ч сварочную горелку следует держать в положении, перпендикулярном поверхности трубы (поз. 7, рисунок 3) либо с небольшим углом от  $5^{\circ}$  до  $10^{\circ}$  (углом назад). При зазоре более 3,5 мм в потолочном положении возможно возобновление поперечных колебаний.

Обрыв дуги для прекращения сварки в положении  $6^{\circ 00}$  ч следует выполнить на одной из свариваемых кромок (поз. 8, рисунок 3).

Схема положения сварочной горелки при механизированной сварке корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом STT в различных пространственных положениях приведена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Положение сварочной горелки при механизированной сварке корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом STT в различных пространственных положениях [21]

### **Методы борьбы со сварочными напряжениями и деформациями**

В качестве основного метода борьбы с возникновением недопустимых сварочных напряжений и деформаций при сварке в условиях низких температур используется предварительный подогрев кромок свариваемых изделий.

Продолжительность подогрева определяется экспериментально для каждого подогревателя в зависимости от температуры окружающего воздуха и толщины стенки трубы.

Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. В случае использования газопламенного нагрева следует применять термоизолирующие пояса и/или боковые ограничители пламени. Средства нагрева должны обеспечивать равномерный подогрев торцов по периметру стыка и прилегающих к нему участков поверхностей труб в зоне шириной 150 мм ( $\pm 75$  мм в обе стороны от стыка).

## **2.4 Контроль качества при изготовлении изделия**

### **2.4.1 Общие требования к качеству сварных швов**

Допускаемые отклонения размеров сечения швов сварных соединений от проектных не должны превышать величин, указанных в ГОСТ 16037-80 [28].

Для удаления поверхностных дефектов с торца шва механической обработкой разрешается углубляться с уклоном не более 1:20 на свободной кромке, но не более чем на 8 мм с каждой стороны, без подварки; после обработки торцов швов необходимо закруглять острые грани.

Швы сварных соединений конструкции должны быть очищены от шлака, брызг и натеков металла. Приваренные сборочные приспособления надлежит удалять без применения ударных воздействий и повреждения основного металла, а место их приварки зачищать до основного металла с удалением всех дефектов.

По внешнему виду швы сварных соединений должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь гладкую и равномерно чешуйчатую поверхность и не иметь резкого перехода к основному металлу. В конструкциях, воспринимающих динамические нагрузки, угловые швы должны выполняться с плавным переходом к основному металлу;

- наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва, не иметь трещин и дефектов, выходящих за допустимые пределы;
- подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм;
- все кратеры должны быть заварены.

При контроле качества сварных швов необходимо иметь возможность выявлять следующие внешние и внутренние дефекты: непровары, подрезы, газовые поры, шлаковые включения, трещины (внутренние и внешние). Данному требованию в соответствие с конструктивными особенностями изделия удовлетворяют следующие методы контроля:

- визуально-измерительный;
- ультразвуковой;
- радиографическим.

При техническом освидетельствовании сваренный трубопроводный элемент испытать следующими способами:

- пневмоиспытанием;
- гидроиспытанием;
- подачей под давлением газа (метанола).

#### **2.4.2 Пооперационный контроль при изготовлении изделия**

Пооперационный контроль начинается с проверки соответствия материала свариваемых элементов проекту. Затем контролируют качество подготовки труб и деталей под сварку. В ходе проведения операции предварительного подогрева необходимо выполнять контроль температуры с использованием контактного или бесконтактного термометров. В процессе выполнения сварочных работ необходимо обращать внимание на режим сварки, порядок наложения отдельных слоев и их форму. После нанесения очередного слоя требуется проводить тщательную зачистку от шлака. Необходимо наблюдать, чтобы не было оставлено надрывов, пор, трещин и других видимых дефектов при

наложении очередных слоев. После выполнения сварочных работ требуется проконтролировать режим термической обработки.

Пооперационный контроль должен проводиться инженерно-техническим работником, ответственным за сварку, или под его наблюдением. Пооперационный контроль производитель работ выполняет непосредственно и непрерывно в процессе проведения операций по сборке и сварке. При пооперационном контроле проверяют соответствие выполняемых работ проекту, требованиям СП 105-34-96 [22], государственных стандартов, технологических инструкций и карт.

### **2.4.3 Приемочный контроль**

Для обеспечения требуемого уровня качества кольцевых сварных соединений газопроводов необходимо выполнять:

- пооперационный контроль;
- визуальный контроль;
- контроль неразрушающими физическими методами;
- регистрацию параметров процесса сварки.

Визуальный контроль и обмер сварных соединений выполняют работники служб контроля подрядчика с использованием необходимого измерительного инструмента.

Перед визуальным осмотром кольцевые сварные соединения очищают от шлака, брызг металла, грязи, снега и т.п.

При визуальном контроле проверяют соответствие кольцевых сварных соединений следующим требованиям:

- при дуговой сварке высота усиления шва снаружи трубы должна быть  $2 \pm 1$  мм и иметь плавный переход к основному металлу;
- при дуговой сварке высота усиления швов, сваренных изнутри трубы, должна быть  $2 \pm 1$  мм и иметь плавный переход к основному металлу;
- при дуговой сварке высота усиления обратного валика корневого слоя шва должна быть  $1 \pm 1$  мм;

В случае если при визуальном осмотре в сварном соединении обнаружены недопустимые дефекты, данное сварное соединение подлежит вырезке или ремонту в соответствии с требованиями.

Все кольцевые сварные соединения системы газопроводов, выполненные дуговыми методами сварки, подлежат 100 % неразрушающему радиографическому контролю.

Радиографический контроль можно выполнять при использовании рентгеновских аппаратов или источников радиоактивного излучения, обеспечивающих требования ГОСТ 7512-82 [29].

Чувствительность радиографического контроля должна быть не ниже класса II по ГОСТ 7512-82 [29].

Критерии приемки всех сварных соединений при оценке их качества по данным неразрушающих методов контроля приведены в СП 105-34-96 [22], ВСН 006-89 [20] и СТО Газпром 2-2.4-083-2006 [30].

При получении неудовлетворительных результатов неразрушающего контроля кольцевого сварного соединения данное сварное соединение подлежит вырезке или ремонту в соответствии с требованиями СТО Газпром 2-2.4-083-2006 [30].

## **Производственно-технологическая часть**

### **3.1 Обоснование выбора сварочного оборудования**

#### **3.1.1 Общие требования к сварочному оборудованию**

Для реализации технологий сварки должны быть использованы управляемые источники сварочного тока для ручной и механизированной сварки, отвечающие общим и специальным требованиям, изложенным в СТО Газпром 2-2.2-115-2007 [31].

#### *Общие требования к источникам сварочного тока*

Возможность использования источников тока в составе передвижных и самоходных агрегатов при пониженном качестве автономной электросети переменного тока, характерного для сетей ограниченной мощности.

Минимальные колебания установленных значений сварочного тока и напряжения из-за взаимного влияния постов (не более  $\pm 5\%$  от установленных значений) при использовании источников тока для компоновки автономных многопостовых систем питания сварочным током.

При колебаниях напряжения питающей сети от  $+10\%$  до  $-10\%$  от номинального значения, изменение установленной величины тока (напряжения) не должно превышать  $\pm 2\%$ .

Выпрямители должны иметь степень защиты не ниже IP22 по ГОСТ 14254.

По стойкости к воздействию внешних климатических и механических факторов источники должны отвечать следующим требованиям:

- температура окружающей среды (рабочее значение) от минус  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность окружающей среды  $80\%$  при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- группа по допустимым механическим воздействиям – не ниже M18 в соответствии с ГОСТ 17516.1-90 [32].

Узлы сварочного оборудования, содержащие силовые конденсаторы, должны иметь устройства для автоматической разрядки конденсаторов.

Сварочное оборудование должно быть защищено отключающими предохранителями или автоматами со стороны питающей сети и соответствовать требованиям главы 7.6 ПУЭ [33] и ПТЭЭП [34].

### 3.1.2 Выбор основного сварочного оборудования

Для проведения сварочных работ, так же как и в базовом варианте используются агрегат сварочный универсальный на базе трактора ТТ-4М укомплектованный сварочным выпрямителем IdealArc DC-400 в качестве оборудования для механизированной сварки порошковой самозащитной проволокой. Технические характеристики и описание данного оборудования указано в пункте 2.1.3.

Технология STT в её наиболее полном виде реализована в известном инверторном аппарате аналогового типа Invertec STT-II. Этот аппарат предназначен для полуавтоматической сварки, при которой сварщик без корректировки режима может изменять скорость сварки и вылет электрода. Характеристики Invertec STT-II приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Техническая характеристика Invertec STT-II [25]

Наименование характеристики	Величина
Пределы регулирования сварочного тока, А	0-450
Напряжение сети, В	220/380/415
Продолжительность нагрузки, %	60
Диаметр сварочной проволоки, мм	1,14
Расход защитного газа CO <sub>2</sub> , л/мин	10-16
Масса, кг	53
Габариты, мм	592x336x620

В этот ряд источников питания аппарат попадает исключительно как один из специализированных источников питания для полуавтоматической сварки, но не имеет общей и характерной для CV-ряда жёсткой ВАХ. В каждый момент времени он имеет вольтамперную характеристику, необходимую для стадии, на которой находится капля расплавленного металла в процессе её формирования и переноса в сварочную ванну. За микросекунды микропроцессорная электроника

изменяет величину сварочного тока, необходимую для выполнения процесса переноса металла силами поверхностного натяжения. Идея процесса состоит в том, чтобы максимально помогать полезной работе сил поверхностного натяжения, но не сопротивляться им и не преодолевать их.

Совместно с Invertec STT-II применяется переносной механизм подачи проволоки LF-37 (характеристики приведены в таблице 23), который спроектирован так, чтобы справиться с тяжелыми условиями на объектах строительства.

Таблица 23 – Техническая характеристика механизма подачи LF-37 [25]

Питание	Диапазон скорости подачи проволоки (м/мин)	Диапазон диаметров проволоки (мм)	Размеры ВхШхГ (мм)	Вес (кг)
42 VAC	1,5-20	сплошной 0,6 - 1,6 порошковой 1,0 - 1,6	356x188x534	16

Механизм LF-37 снабжён измерителем потока газа для контроля количества газа, что помогает при работе в комплектах с длинными кабелями. Все механизмы подачи LINC FEED снабжены высокопрочной четырехроликовой системой. Этот привод легко доступен и защищён, специальной крышкой. Система ведущая от катушки к контактному наконечнику обеспечивает бесперебойную подачу проволоки и предотвращает спутывание проволоки. LF-37 имеет удобные для сварщика регуляторы. Все настройки, например 2/4 такта, регулировка холодной протяжки проволоки, Hot/Soft Start и заварка кратера, видны после нажатия кнопки Select (Выбор). Индикатор показывает функции и настройки на выбранном языке.

Преимущества LF-37:

- Великолепная подача: 4 ролика в стандарте;
- Переносной и исключительно мощный;
- Встроенный измеритель потока;
- Бесперебойная подача проволоки;

- Многоязычный индикатор;
- Большие и чёткие индикаторы, хорошо показывающие параметры до и во время сварки;
- Полное оснащение: 2/4 такта, заполнение кратера. Noi/Soft Start, режим синергетической сварки и память настроек;
- Снабжен фитингами для подключения жидкостного охлаждения.

### 3.2 Выбор вспомогательного сварочного оборудования и оснастки

В качестве вспомогательного оборудования для механической обработки деталей кранового узла используется ручная углошлифовальная машина BOSCH.

Ручная электрическая углошлифовальная машина предназначена для зачистки сварных швов и отливок для шлифования и резки металлических плоскостей и др. материалов. Техническая характеристика шлифмашины представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Техническая характеристика углошлифовальной машины BOSCH [25]

Наименование характеристики	Величина
Напряжение питающей сети, В	220
Мощность, кВт	1,6
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	140
Диаметр абразивного круга, мм	До 230
Окружная скорость, м/с	80
Масса, кг	4,1

Все ремонтные сварные швы подвергают визуально-измерительному контролю (ГОСТ 3242-79 [35]) и радиографическому контролю (ГОСТ 7512-82 [29]).

Визуально-измерительный контроль служит для определения наружных дефектов в сварных швах и производится невооруженным глазом либо с помощью лупы 10-кратного увеличения, размеры сварного шва и дефектных участков определяются измерительным инструментом и специальными шаблонами. В

качестве измерительного инструмента используется: шаблон сварщика УШС 3, техническая характеристика которого представлена в таблица 25, рулетка металлическая, угольник металлический (ТУ 22-400-79 [36]).

Таблица 25 – Техническая характеристика шаблона сварщика УШС-3 [25]

Наименование характеристики	Величина
Диапазон измерения глубины дефектов, мм	0-15
Диапазон измерения высоты усиления шва, мм	1
Диапазон измерения величины притупления и ширины шва, мм	0-50
Диапазон измерения величины зазора, мм	1
Габаритные размеры, мм, не более	130x50x16
Масса, кг, не более	0,18
Средний срок службы, лет, не менее	5

Радиографический контроль служит для выявления таких видов внутренних дефектов, как поры, шлаковые включения, трещины и т.д. Для радиографического контроля используют портативную установку РУП-120-5-1, предназначенную для просвечивания материалов в лаборатории, цехе, на строительной площадке и в полевых условиях. Данная установка предназначена для просвечивания сварных швов в нижнем, вертикальном и наклонном положениях. Техническая характеристика установки РУП-120-5-1 представлена в таблица 26.

Таблица 26 – Техническая характеристика установки РУП-120-5-1 [37]

Наименование характеристики	Величина
Номинальное напряжение питающей сети, В	220/380
Напряжение трубки, кВ	50-120
Номинальный ток трубки, мА	5
Максимальная толщина просвечиваемой стали, мм	25
Масса, кг:	
- пульт управления	30
- блока трансформатора	45

Процесс сборки кранового узла под сварку предусматривает технологическую операцию - центровку, в качестве приспособления используется центратор.

Центратором называется устройство, позволяющее совмещать цилиндрические поверхности двух стыкуемых изделий для выполнения сварочных работ. Центровка предусматривает закрепление труб таким образом, чтобы они не имели сдвига и поворота относительно трех координатных осей. Это условие достигается за счет приложения радиальных сил, развиваемых силовым механизмом центратора. Для обеспечения устойчивого положения труб в центраторе необходимо, чтобы центры приложения радиальных сил (опоры) были расположены от стыка на значительном расстоянии, что уменьшит действие макрогеометрических погрешностей базовых поверхностей.

Для центровки будем использовать наружный многозвенный центратор. Наружный центратор представляет собой переносное монтажное устройство независимого действия (рисунок 5).

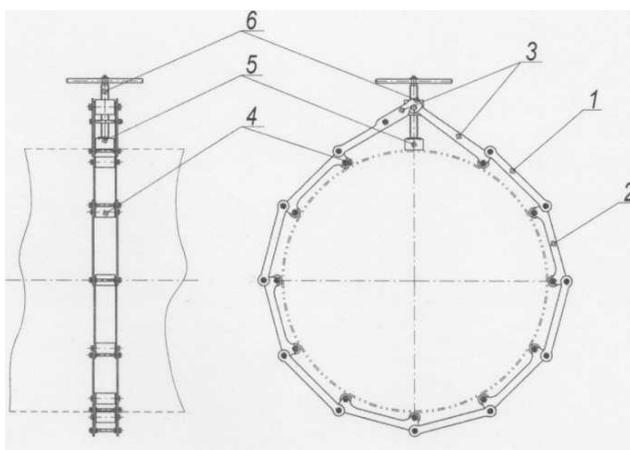


Рисунок 5 – Многозвенный центратор

Центратор состоит нескольких наружных (1) и внутренних (2) звеньев, шарнирно соединенных между собой и образующих вместе с концевыми крючками (3) замкнутую цепь. На внутренних звеньях укреплены ролики (4), которыми цепь опирается на обечайку. Замыкающий шарнир (5) представляет собой крестовину с натяжным винтом. При сборке цепь подводится под трубу и

на цапфы, крестовины надеваются крючки. Затем цепь натягивается винтом (6), а ролики совмещают кромки двух труб. Вращение винта осуществляется вручную с помощью маховика диаметром 400 мм.

При работе многозвенного центратора в корпусе не возникает изгибающий момент, что позволяет при одном и том же номинальном диаметре изготавливать центратор менее массивный, чем эксцентриковый или жёсткий одношарнирный.

#### 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной выпускной квалификационной работе будет произведен сравнительный расчет технико-экономических показателей базового (ручная дуговая сварка) и проектного (механизированная сварка методом STT) способов сварки.

Выбор способов сварки, сварочного оборудования и сварочных материалов был произведен в соответствии с требованиями ВСН 006-89 [20] и СТО Газпром 2-2.2-136-2007 [21].

Расчет технико-экономических показателей был произведен для сварки корневого слоя шва стыкового соединения участка кранового узла магистрального газопровода Ø325 мм, давлением 4,0 Мпа при производстве работ по ремонту кранового узла путем замены дефектного участка, т.к. сварка корня шва наиболее ответственная операция, в связи с чем к качеству формирования корневого слоя применяются дополнительные требования, такие как надежное проплавление кромок свариваемых труб и образование на внутренней поверхности шва равномерного обратного валика с усилением 1-2 мм. Исходные данные для экономического анализа приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Исходные данные для экономического анализа выбора способа сварки

Показатели	Наименование способа сварки	
	РД	STT
1.Режимы сварки:		
– сила сварочного тока, А	$I_{св} = 100$	$I_{св} = 400$
– напряжение на дуге, В	$U_{\delta} = 24 \pm 1$	$U_{\delta} = 19 \pm 1$
– скорость сварки, $\frac{см}{с}$	$V_{св} = 0,42$	$V_{св} = 0,72$
– коэффициент наплавки, $\frac{г}{А \cdot час}$	$\alpha_n = 9,8$	$\alpha_n = 12$

2. Сварочное оборудование: Наименование сварочного оборудования:	Инверторный ИП IdealArc DC-400	Инверторный ИП Invertec STT-II с механизмом подачи LF-37
– номинальный ток, А	400	225
– пределы регулирования тока, А	60-500	0-450
– скорость сварки, $\frac{м}{час}$	0-22	0-40
3. Источник питания: Наименование источника питания:	Инверторный ИП IdealArc DC-400	Инверторный ИП Invertec STT-II
– номинальный ток, А	400	225
– пределы регулирования тока, А	60-500	0-450
4. Сварочные материалы: – наименование материала	Электроды LB-52U Ø3,2мм	Проволока SuperArc L-56 Ø1,14мм Защитный газ CO <sub>2</sub>
– расход газа, 10-16 л/мин	-	13
– коэффициент расхода сварочного материала на 1 кг. наплавленного металла, кг	$\alpha_{р.м.} = 1,7$	$\alpha_{р.м.} = 1,1$

Расчет технологической себестоимости 1 кг наплавленного металла проведен для базового способа сварки РД (Ручная дуговая сварка покрытыми электродами) и для проектного способа сварки STT (механизированная сварка по методу STT) на операции сварки корневого слоя шва трубопровода кранового узла Ø325мм.

#### 4.1 Расчет технологической себестоимости 1 кг наплавленного металла. Базовый вариант (РД)

##### 4.1.1 Вспомогательные материалы технологического назначения (сварочные материалы)

а) Стоимость сварочных материалов затрачиваемых на сварку ( $C_M$ ):

$$C_M = C'_M \cdot \alpha_{р.м.}, \quad (2)$$

где:  $C'_M$  - цена 1 кг сварочного материала, руб.

Цена 1 кг электродов LB-52U-Ø3,2 мм составляет  $C'_M = 152$  руб.

$\alpha_{pm}$  - коэффициент расхода сварочного материала на 1 кг наплавленного металла;

$$\alpha_{pm} = 1,7 \text{ кг} \text{ (см. таблицу 27).}$$

Расчёт производим по каждому виду сварочного материала, используемого для определённого способа сварки.

$$C_M = C'_M \cdot \alpha_{pm} = 152 \cdot 1,7 = 258,4 \text{ руб.}$$

Цены на сварочные материалы, принимаются по прейскурантам цен с учетом транспортных расходов [38].

#### 4.1.2 Расчет средств на оплату труда

Расчет средств на оплату труда работающих ведется в следующем порядке: Заработная плата основных рабочих (сварщика) определяется по формуле:

$$Z_{\text{общ.}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{р.к.}}, \quad (3)$$

где:  $Z_{\text{осн}}$  - основная заработная плата сварщика, руб.;

$Z_{\text{доп}}$  - дополнительная заработная плата сварщика, руб.;

$Z_{\text{р.к.}}$  - оплата по районному коэффициенту, руб. (15% от ( $Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$ ))

Основная заработная плата сварщика рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар.}} + Z_{\text{пр.}}, \quad (4)$$

где:  $Z_{\text{тар.}}$  - тарифный фонд заработной платы сварщика, тыс. руб.;

$Z_{\text{пр.}}$  - премиальный фонд заработной платы, руб.

Тарифный фонд заработной платы определяется в зависимости от системы оплаты труда:

- для основных рабочих – по сдельной оплате труда:

$$Z_{\text{тар.}} = T_C \cdot \tau, \quad (5)$$

где:  $T_C$  - часовая тарифная ставка сварщика, занятого на выполнении данного вида работы (операции), принимаемая исходя из тарифного разряда сварщика, руб.;

$\tau$  - время на наплавку 1 кг., час.

Часовая тарифная ставка сварщика шестого разряда составляет  $T_C = 210$  руб/час.

Время на наплавку 1 кг металла в час определяем по формуле:

$$\tau = \frac{1000}{I_C \cdot \alpha_H \cdot K_2}, \quad (6)$$

где:  $K_2$  - коэффициент, учитывающий время горения дуги в общем времени сварки (коэффициент основного времени сварки); в расчетах для ручных дуговых способов сварки можно принять равным  $K_2 = 0,55$ .

$$\tau = \frac{1000}{I_C \cdot \alpha_H \cdot K_2} = \frac{1000}{100 \cdot 9,8 \cdot 0,55} = 1,86 \text{ час.}$$

В ВКР премиальный фонд заработной платы принят в размере 50% от тарифного фонда заработной платы. Дополнительная заработная плата принимается в размере 10% от основной.

Расчет заработной платы работников:

$$Z_{\text{тар.}} = T_C \cdot \tau = 210 \cdot 1,86 = 390,6 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{тар.}} \cdot 50\% = 390,6 \cdot 0,5 = 195,3 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.}} = Z_{\text{тар.}} + Z_{\text{пр.}} = 390,6 + 195,3 = 585,9 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн.}} \cdot 10\% = 585,9 \cdot 0,1 = 58,59 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{р.к.}} = (Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}}) \cdot 15\% = (585,9 + 58,59) \cdot 0,15 = 96,67 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{общ.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}} + Z_{\text{р.к.}} = 585,9 + 58,59 + 96,67 = 741,16 \text{ руб.}$$

Страховые взносы от заработной платы включают отчисления на социальное страхование, на обязательное медицинское страхование, в

пенсионный фонд. Размер указанных отчислений в 2022 году составляет 30% от общей заработной платы рабочих [39]:

- отчисления в ПФР = 22%;
- отчисления в ФСС РФ = 2,9%;
- отчисления в ФФОМС = 5,1%.

$$C_{отчисл.} = Z_{общ.} \cdot 30\% = 741,16 \cdot 0,3 = 222,35 \text{ руб.}$$

#### 4.1.3 Электроэнергия для технологических целей

Расчет стоимости электроэнергии на технологические цели проводится по формуле:

$$C_{\text{э}} = q_{\text{э}} \cdot C_{\text{э}}', \quad (7)$$

где:  $q_{\text{э}}$  - норма расхода электроэнергии на 1 кг. наплавленного металла, кВт×ч;

$C_{\text{э}}'$  - тариф за 1 кВт×ч потребляемой электрической энергии, руб;  
 $C_{\text{э}}' = 2,78$  (руб.) [38].

Норма расхода электроэнергии на 1 кг. наплавленного металла может быть принята по укрупнённым нормативам или рассчитана по формуле:

$$q_{\text{э}} = \frac{Ud \cdot I_c \cdot \tau}{1000}, \quad (8)$$

Расчет расхода электроэнергии на 1 кг наплавленного металла:

$$q_{\text{э}} = \frac{24 \cdot 100 \cdot 1,86}{1000} = 4,46 \text{ кВт} \cdot \text{час},$$

$$C_{\text{э}} = 4,46 \cdot 2,78 = 12,40 \text{ руб.}$$

#### 4.1.4 Общепроизводственные расходы

При расчете технологической себестоимости 1 кг наплавленного металла в состав общепроизводственных расходов входят:

а) амортизация сварочного оборудования и источников питания, а также транспортных средств:

$$A = \frac{C_{\text{ПОЛН.}} \cdot \tau \cdot Na}{100 \cdot T_{\text{НОМ}} \cdot Ki}, \quad (9)$$

где:  $C_{\text{ПОЛН.}}$  – стоимость сварочного оборудования и источников питания, руб.

Стоимость оборудования принимается с учётом затрат на транспортировку и монтаж;

$Na$  – годовая норма амортизации по соответствующим видам сварочного оборудования, % за 7 лет,  $Na = 14,29\%$  ;

$T_{\text{НОМ}}$  – номинальный (режимный) фонд времени работы за 2022 год, ч;  
 $T_{\text{НОМ}} = 1973$  часа [39];

$Ki$  – коэффициент использования номинального (режимного) фонда времени работы оборудования,  $Ki = 0,75$ .

Транспортные расходы принимаем:

$$C_{\text{ТР.}} = C_{\text{ВС.}} \cdot 20\%,$$

где:  $C_{\text{ВС.}}$  - стоимость конкретного вида основных производственных фондов, тыс.руб.

Стоимость монтажа принимаем:

$$C_{\text{М.}} = C_{\text{ВС.}} \cdot 15\%.$$

Особый монтаж для ИП марки IdealArc DC-400 для ручной дуговой сварки не требуется, поэтому данную статью расходов принимаем равной  $C_{\text{М.}} = 0$  (руб.)

Полная стоимость оборудования определяется по формуле:

$$C_{\text{ПОЛН.}} = C_{\text{ВС.}} + C_{\text{ТР.}} + C_{\text{М.}} \quad (10)$$

Расчет полной стоимости оборудования:

Стоимость источника питания для сварки марки IdealArc DC-400 равняется  $C_{\text{ВС.}} = 186$  тыс.руб. [38] (см. таблицу 28);

$$C_{\text{ТР.}} = C_{\text{ВС.}} \cdot 20\% = 186 \cdot 0,2 = 37,2 \text{ тыс.руб.},$$

$$C_{\text{ПОЛН.}} = C_{\text{ВС.}} + C_{\text{ТР.}} + C_{\text{М.}} = 186 + 37,2 = 223,2 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость основных производственных фондов для базового способа сварки приведена в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет стоимости основных фондов

Наименование видов основных производственных фондов	Тип, марка	Кол-во, шт.	Стоимость источника, тыс.руб.				Общая стоимость тыс.руб.
			Цена тыс.руб.	Транспортные расходы	Монтаж тыс.руб.	Итого тыс.руб.	
Инверторный источник питания	IdealArc DC-400	1	186	37,2	0	223,2	223,2

Расчет амортизации сварочного оборудования:

$$A = \frac{C_{\text{полн.}} \cdot \tau \cdot Na}{100 \cdot T_{\text{ном}} \cdot Ki} = \frac{223200 \cdot 1,86 \cdot 14,29}{100 \cdot 1970 \cdot 0,75} = 40,15 \text{ руб.}$$

б) затраты на ремонт и межремонтное обслуживание оборудования определяется по формуле:

$$Cp = \frac{C_{\text{полн.}} \cdot \tau \cdot \text{Прем}}{100 \cdot T_{\text{ном}} \cdot Ki}, \quad (11)$$

где: *Прем* – норма отчислений затрат на ремонт и межремонтное обслуживание.

*Прем* = 5% для единицы источника питания.

$$Cp = \frac{C_{\text{полн.}} \cdot \tau \cdot \text{Прем}}{100 \cdot T_{\text{ном}} \cdot Ki} = \frac{223200 \cdot 1,86 \cdot 5}{100 \cdot 1970 \cdot 0,75} = 14,05 \text{ руб.}$$

в) прочие затраты по эксплуатации сварочного оборудования:

Затраты по данному направлению можно принимать в размере 5-10% от суммы предыдущих расходов данной статьи калькуляции «Общепроизводственные расходы», в расчете принимаем 5%, что составляет:

$$P_{\text{общ.}} = (A + Cp) \cdot 5\% = (40,15 + 14,05) \cdot 0,05 = 2,71 \text{ руб.} \quad (12)$$

## 4.2 Расчет технологической себестоимости 1 кг наплавленного металла. Проектный вариант (СТТ)

### 4.2.1 Вспомогательные материалы технологического назначения (сварочные материалы)

а) Стоимость сварочных материалов, ( $C_M$ ), (согласно формуле 13):

$$C_M = C'_M \cdot \alpha_{pm}, \quad (13)$$

где:  $C'_M$  - цена 1 кг сварочного материала, руб.

Цена 1 кг сварочной проволоки SuperArc L-56-Ø1,14 мм составляет  $C'_M = 235$  руб. [38].

$\alpha_{pm}$  - коэффициент расхода сварочного материала на 1 кг наплавленного металла;

$\alpha_{pm} = 1,1$  кг (см. таблицу 27).

$$C_M = C'_M \cdot \alpha_{pm} = 110 \cdot 1,1 = 121 \text{ руб.}$$

б) Стоимость защитного газа ( $C_z$ ) определяется по формуле:

$$C_z = \frac{P_z \cdot 60}{10^3} \cdot T_O \cdot C'_z, \quad (14)$$

где:  $T_O$  - время горения дуги (основное время сварки) при наплавке 1 кг. металла, час;

$C'_z$  - цена за 1 л  $CO_2$ , руб.;

Цена 1л  $CO_2$   $C'_z = 9$  руб. [38].

$P_z$  - расход газа, л/мин (см. таблицу 28);

Время горения дуги  $T_O$  определяется по формуле:

$$T_O = \frac{1000}{I_c \cdot \alpha_H} = \frac{1000}{400 \cdot 12} = 0,21 \text{ час.} \quad (15)$$

Расчет стоимости  $CO_2$ :

$$C_z = \frac{P_z \cdot 60}{10^3} \cdot T_O \cdot C'_z = \frac{13 \cdot 60}{1000} \cdot 0,21 \cdot 9 = 1,47 \text{ руб.}$$

#### 4.2.2 Расчет средств на оплату труда

Согласно формулам (3); (4); (5); (6) и источнику [38] , следует:

$$\tau = \frac{1000}{I_c \cdot \alpha_H \cdot Kz} = \frac{1000}{400 \cdot 12 \cdot 0,65} = 0,32 \text{ час},$$

где:  $Kz$  - коэффициент, учитывающий время горения дуги в общем времени сварки (коэффициент основного времени сварки); в расчетах можно принять для механизированных и автоматизированных способов сварки можно принять  $Kz=0,65$ .

Часовая тарифная ставка сварщика шестого разряда, допущенного к сварке методом СТТ, занятого на выполнении данного вида работы (операции), принимаемая исходя из тарифного разряда, руб.;  $T_c$  составляет 210 руб./час.

Расчет заработной платы работников:

$$\begin{aligned} Z_{тар.} &= T_c \cdot \tau = 210 \cdot 0,32 = 67,2 \text{ руб.}, \\ Z_{пр.} &= Z_{тар.} \cdot 50\% = 67,2 \cdot 0,5 = 33,6 \text{ руб.}, \\ Z_{осн.} &= Z_{тар.} + Z_{пр.} = 67,2 + 33,6 = 70,8 \text{ руб.}, \\ Z_{доп.} &= Z_{осн.} \cdot 10\% = 70,8 \cdot 0,1 = 7,08 \text{ руб.}, \\ Z_{р.к.} &= (Z_{осн.} + Z_{доп.}) \cdot 15\% = (70,8 + 7,08) \cdot 0,15 = 11,68 \text{ руб.}, \\ Z_{общ.} &= Z_{осн.} + Z_{доп.} + Z_{р.к.} = 70,8 + 7,08 + 11,68 = 89,56 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Страховые взносы от заработной платы производственных рабочих:

$$C_{отчисл.} = Z_{общ.} \cdot 30\% = 89,56 \cdot 0,3 = 26,87 \text{ руб.}$$

#### 4.2.3 Электроэнергия для технологических целей

Расчет стоимости электроэнергии на технологические цели проводится согласно формулам 7 и 8 и источнику [38]:

$$\begin{aligned} q_{\text{Э}} &= \frac{Ud \cdot I_c \cdot \tau}{1000} = \frac{19 \cdot 400 \cdot 0,32}{1000} = 2,43 \text{ кВт} \cdot \text{час}, \\ C_{\text{Э}} &= q_{\text{Э}} \cdot C_{\text{Э}}' = 2,43 \cdot 2,78 = 6,76 \text{ руб.} \end{aligned}$$

#### 4.2.4 Общепроизводственные расходы

Расчет ведется согласно формулам 9, 10, 11, 12 и источникам [38], [39]:

а) амортизация сварочного оборудования и источников питания, а также транспортных средств:

Расчет полной стоимости оборудования:

Стоимость источника питания для сварки марки Invertec STT-II, в комплекте с подающим механизмом LF-37 равняется  $C_{BC.}^{ИП} = 276 \text{ тыс.руб.}$  [38] (таблица 29).

Стоимость монтажа принимаем равной 15% от стоимости оборудования. Для данного оборудования не требуется особый монтаж, поэтому данную статью расходов принимаем равной 0 руб.

$$C_{ТР.} = C_{BC.} \cdot 20\% = 276 \cdot 0,2 = 55,2 \text{ тыс.руб.},$$

$$C_{ПОЛН.} = C_{BC.} + C_{ТР.} + C_M = 276 + 55,2 = 331,2 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость основных производственных фондов для проектного способа сварки приведена в таблице 29.

Таблица 29 – Расчет стоимости основных фондов

Наименование видов основных производственных фондов	Тип, марка	Кол-во, шт.	Стоимость источника, тыс.руб.				Общая стоимость тыс.руб.
			Цена тыс. руб.	Транспортные расходы тыс.руб.	Расходы на монтаж тыс.руб.	Итого тыс. руб.	
Инверторный ИП, в комплекте с подающим механизмом	Invertec STT-II + LF37	1	276	55,2	0	331,2	331,2

Расчет амортизации сварочного оборудования:

$$A = \frac{C_{ПОЛН.} \cdot \tau \cdot Na}{100 \cdot T_{ном} \cdot Ki} = \frac{331200 \cdot 0,32 \cdot 14,29}{100 \cdot 1970 \cdot 0,75} = 10,25 \text{ руб.}$$

б) затраты на ремонт и межремонтное обслуживание оборудования:

$$C_p = \frac{C_{\text{полн.}} \cdot \tau \cdot \text{Прем}}{100 \cdot T_{\text{ном}} \cdot K_i} = \frac{331200 \cdot 0,32 \cdot 5}{100 \cdot 1970 \cdot 0,75} = 3,59 \text{ руб.}$$

в) прочие затраты по эксплуатации сварочного оборудования:

Затраты по данному направлению можно принимать в размере 5-10% от суммы предыдущих расходов данной статьи калькуляции «Общепроизводственные расходы», в расчете принимаем 5%, что составляет:

$$P_{\text{общ.}} = (A + C_p) \cdot 5\% = (10,25 + 3,59) \cdot 0,05 = 0,69 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость 1кг наплавленного металла указана в таблице 30.

Таблица 30 – Технологическая себестоимость 1 кг. наплавленного металла, руб.

Виды затрат	Наименование способа сварки	
	РД	СТГ
1. Сварочные материалы, всего:	258,4	122,47
- электроды LB-52U Ø3,2мм	258,4	
- проволока SuperArc L-56 Ø1,14мм		121
- защитный газ CO2		7,25
2. Заработная плата сварщика - общая:	741,16	89,56
3. Страховые взносы от заработной платы сварщика (30%)	222,35	26,87
4. Технологическая электроэнергия	12,40	6,76
5. Амортизация оборудования и источников питания	40,15	10,25
6. Ремонт и межремонтное обслуживание сварочного оборудования	14,05	3,59
7. Прочие затраты по эксплуатации сварочного оборудования	2,71	0,69
Итого технологическая себестоимость 1 кг наплавленного металла	1291,22	260,19

В заключении обобщим результаты анализа предлагаемых способов сварки, оцененные с технологической и экономической точки зрения.

Результаты анализа представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Техничко-экономические показатели способов сварки

Показатели	Наименование способа сварки	
	РД	STT
1.Наименование сварочного оборудования: - Инверторный ИП - Механизм подачи проволоки	IdealArc DC-400	Invertec STT-II LF-37
2.Цена единицы сварочного оборудования, тыс. руб.	223,2	331,2
3. Сила сварочного тока, А	100	400
4. Напряжение на дуге, В	24±1	19±1
5. Скорость сварки, см/с	0,42	0,72
6. Время наплавки 1кг. металла, час.	1,86	0,32
7.Технологическая себестоимость, руб.	1291,22	260,19
в т.ч.:		
- зарплата сварщика	741,16	89,56
- страховые взносы	222,35	26,87
- сварочные материалы	258,4	122,47
- амортизация оборудования	40,15	10,25
- ремонт и межремонтное обслуживание сварочного оборудования	14,05	3,59

### **Выводы по разделу Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Из данных таблиц 30, 31 видно, что экономическая эффективность сварки методом STT выше, чем РДС. Снижение технологической себестоимости составило 1031,03 руб.

Основная экономия наблюдается по таким показателям как: заработная плата и страховые отчисления основных рабочих, а также амортизации оборудования. Снижение затрат по данным статьям расходов произошло в первую очередь за счет высокой производительности метода STT, значение показателя времени наплавки 1 кг металла в час снизилось на 1,54 час в сравнении с РДС.

В общей сложности, данные расчеты позволяют сказать о целесообразности внедрения механизированной сварки по методу STT в качестве технологии по сварке корневого слоя шва на участках магистральных газопроводов при сооружении и проведении ремонтных работ.

## Социальная ответственность

Объектом исследования является процесс технологии сборки и сварки кранового узла магистрального газопровода. При замене кранового узла применяют два способа сварки: механизированную сварку методом STT в среде углекислого газа и механизированную сварку самозащитой порошковой проволокой.

Рабочее место сварщика расположено на открытом воздухе. Трасса газопровода Южно-Европейский (Писаревка-Анапа) проходит в Краснодарском крае, участок 667,7-703,9 км и 703,9-840,1 км. Местность равнинная. Климат умеренный. Размеры сварочного участка 30x40 м. План участка приведен на рисунке 6.

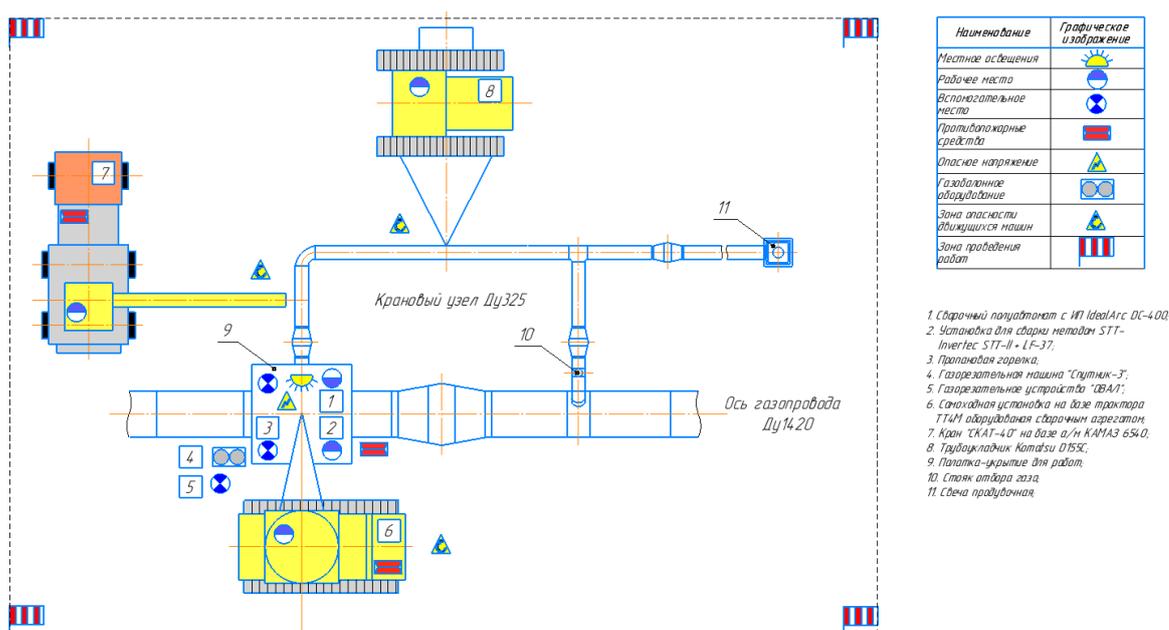


Рисунок 6 – План участка сварки

На сварочном участке используется следующее оборудование: инверторный аппарат Invertec STT-II – 1 шт; источник питания DC-400 с подающим устройством LN-23P – 2 шт; пропановая горелка; газорезательная машина «Спутник-3»; газорезательная установка «ОВАЛ»; самоходная установка на базе трактора ТТ4М оборудованная сварочным агрегатом; кран

«СКАТ-40» на базе а/м КАМАЗ 6540; трубоукладчик Komatsu D155C; палатка-укрытие для работ.

## **.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Требования по охране труда при эксплуатации трубопроводов определяются законом «Об основах охраны труда в РФ» [40], «Законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов» [41], другими действующими законодательными актами РФ и субъектов РФ, правилами, решениями и указаниями органов государственного надзора, Министерства и ведомства (компании).

Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [42] трубопровод и входящие в его состав объекты, относятся к опасным производственным объектам.

Производство работ должно быть организовано согласно документам: ВСН 006-89 [20] и СТО Газпром 2-2.2-136-2007 [21].

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия, согласно СанПиН 1.2.3685-21 [44].

## **.2 Производственная безопасность**

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование комбинированного способа сварки, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

## **.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [43]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 32.

Таблица 32 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте на сварочном участке

Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [43]	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	Внутренние правила предприятия
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Внутренние правила предприятия
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. Минэнерго России) (7-ое издание) [33]
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016 [45]
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [46]
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования [47]
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [48]
Монотонность труда, вызывающая монотонию	Внутренние правила предприятия
Длительное сосредоточенное наблюдение	Внутренние правила предприятия

## Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Перечень опасных и вредных факторы при выполнении ремонта кранового узла магистрального газопровода приведен в таблице 33.

Таблица 33 – Опасные и вредные факторы при выполнении ремонта кранового узла магистрального газопровода

Источник возникновения фактора	Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить	Допустимые нормы с необходимой размерностью	Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов
<u>Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека</u>			
При работе со сварочной дугой, отрезным инструментом, индукторы для предварительного подогрева труб	Местные ожоги	Нормы для оборудования приведены в ГОСТ Р 51337-99 [49]	Для предохранения тела от ожогов основной защитой является использование специальной одежды и обуви. Костюм и рукавицы должны быть исправными. Костюм одевается с напуском брюк на обувь, чтобы не оставалось незащищенных частей тела. Наиболее подходящей обувью являются ботинки без шнурков с гладким верхом и застежкой сзади либо с резиновыми растягивающими боковинами. Пользование рукавицами предохраняет руки одновременно от ожогов и от порезов об острые кромки металла. В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами, вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ.

<u>Режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части объектов</u>			
самоходная установка на базе трактора кран «СКАТ-40», трубоукладчик	Открытые раны, ушибы	Внутренние инструкции по технике безопасности на рабочем месте	Использование каски, установка мобильных ограждений и сигнальных табличек. Инструктаж персонала по технике безопасности.
<u>Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий</u>			
Сварочный агрегат, инвертор сварочного тока, УШМ	электрические ожоги (токовые, контактные дуговые, а также комбинированные); электрические знаки («метки»), металлизация кожи; механические повреждения; электроофтальмия; электрический удар (электрический шок).	Все электрооборудование сварочных участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ)	Основные изолирующие ЭЗС до 1 кВ: изолирующие штанги, изолирующие клещи, указатели напряжения, электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, ручной изолирующий инструмент. Дополнительные изолирующие ЭЗС до 1 кВ: диэлектрические галоши, диэлектрические ковры и изолирующие подставки, изолирующие колпаки, покрытия и накладки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые
<u>Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения</u>			
Естественное уличное освещение	Утомление зрительного анализатора (при систематическом воздействии – развитие дефектов зрения), снижение работоспособности, профессиональные заболевания	Нормы освещения строительных площадок, наименьшая освещенность должна быть 50 лк.	Для освещения строительного участка трубопровода следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием, согласно, ГОСТ 12.1.046-85 [50]
<u>Повышенный уровень шума на рабочем месте [11]</u>			
Генераторы; инвенторы сварочного тока; приспособление для сборки и сварки; отрезной инструмент	Вызывает общее утомление, Может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходят изменения объема внутренних органов.	Уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 80 дБА	Спецодежда (ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ «Средства и методы защиты от шума» [51]).

<u>Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего</u>			
Погодные условия	Обморожения, тепловой и солнечный удары	В зимний и летний периоды это накладывает требования по особой организации процесса работ в соответствии с СанПиНом 2.2.3.1384-03 «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ» [52]	<p>В зимнее время:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работающие на открытой территории в холодный период года обеспечиваются комплектом средств индивидуальной защиты (СИЗ) от холода с учетом климатического региона (пояса). При этом комплект СИЗ должен иметь положительное санитарно-эпидемиологическое заключение с указанием величины его теплоизоляции.</li> </ul> <p>В летнее время:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в целях профилактики перегревания работников при температуре воздуха выше допустимых величин, время пребывания на этих рабочих местах следует ограничить.</li> <li>- время непрерывного пребывания на рабочем месте не адаптированному к нагревающему микроклимату, сокращается на 5 минут, а продолжительность отдыха увеличивается на 5 минут.</li> <li>- профилактике нарушения водного баланса работников в условиях нагревающего микроклимата способствует обеспечение полного возмещения жидкости, различных солей, микроэлементов (магний, медь, цинк, йод и др.), растворимых в воде витаминов, выделяемых из организма с потом.</li> </ul>

<u>Психофизические факторы</u>			
Производственный процесс	Повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, неудобная рабочая поза при осуществлении сварки	Согласно трудовому законодательству и внутреннему распорядку на предприятии	Для профилактики возникновения данных факторов предлагается: - уменьшить плотность рабочего времени; - исключить случайные возникающие перебои в работе, организовать ритмизацию трудовых процессов; - организовать правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

### **.3 Экологическая безопасность**

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

#### *Воздействие на литосферу*

Рекультивация нарушенных земель согласно ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель» [53], будет осуществляться в два последовательных этапа: технический и биологический.

Технический этап рекультивации включает работы, направленные на подготовку земель для последующего целевого использования. Работы технического этапа рекультивации проводятся в течение всего срока ремонта кранового узла. Из состава работ технического этапа рекультивации на площади, необходимой для размещения проектируемых объектов, закладываются следующие виды работ:

- уборка строительного мусора, удаление из пределов строительной полосы всех временных устройств;
- распределение оставшегося грунта по рекультивируемой площади равномерным слоем;
- засыпка или выравнивание рытвин и ям;
- мероприятия по предотвращению эрозионных процессов.

Биологический этап рекультивации включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель. Начальным этапом биологического этапа рекультивации является внесение следующих минеральных удобрений: азотные; фосфатные; калийные.

Для посева используются семена трав местного происхождения, наиболее приспособленные к местным почвенно-климатическим условиям. Посев трав выполняется после окончания ремонтных работ в осенний период, в сентябре (предснежный), при невозможности – весной. Посев следует проводить в безветренную погоду. Посев трав предусмотрен на всей площади, подлежащей биологической рекультивации.

Необходимость утилизации отходов лома металлов и промышленного мусора возникает при проведении сварочных работ при ремонте кранового узла газопровода.

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.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами (отработанные масла, ветошь, масляные фильтры) организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

### Воздействие на гидросферу

На береговых участках, в местах переходов газопроводов через водотоки, существует опасность развития эрозионных (абразионных) процессов в результате уничтожения почвенно-растительного слоя и нарушения грунтов естественного сложения. При этом грунты обратной засыпки являются менее устойчивыми к водно-эрозионному воздействию. В результате, в местах переходов нефтепроводов через водотоки значительно возрастает опасность размыва грунтов обратной засыпки и оголения трубы.

Для защиты поверхности грунтов обратной засыпки от воздействия ветровой, водной и волновой эрозии на участках перехода газопроводом через водотоки на береговом склоне и пойменной части предусмотрена засыпка крупнообломочным каменным материалом фракции 70-120 мм толщиной 0,5 м.

Верх укрепления из каменной наброски должен совпадать с естественной поверхностью. Под слоем каменной наброски укладывается геотекстильное полотно. Для защиты грунтов полосы строительства нефтепровода от обводнения в пределах срезок и полок предусмотрено устройство водоотводных канав и водопропусков.

### Воздействие на атмосферу

Сварочные работы производятся на открытом воздухе. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены согласно ГОСТ 12.1.005-88 [54]. Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения (таблица 34).

Таблица 34 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов [54]

Название	Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Твердая составляющая сварочного аэрозоля		
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%)	0,2	2
Хром (III) оксид	1,0	2
Хром (VI) оксид	0,01	1
Газовая составляющая сварочного аэрозоля		
Марганец оксид	0,3	2
Углерода оксид	20,0	4
Фтористый водород	0,5/1,0	2

#### **.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Работа по ремонту кранового узла газопровода проводится в Краснодарском крае с умеренно-континентальным климатом.

Для опережения отражения вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации необходимо вести прогнозирование ЧС.

Прогнозирование природных ЧС, в нашем случае - ураган, продолжительный дождь, сильный снегопад, осуществляется уполномоченными государственными органами по проведению мониторинга и прогнозирования опасных метеорологических явлений и процессов (ГОСТ Р 22.1.07-99 [55]). Они осуществляют сбор, обработку, обобщение, накопление, хранение и распространение информации на местном (локальном), региональном (территориальном), федеральном уровнях.

Прогнозирование техногенных ЧС осуществляется на основе оценки риска возникновения пожаров, взрывов, диверсий, аварий, катастроф.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии участок необходимо оборудовать круглосуточной охраной, пропускной системой,

надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве.

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения ремонтных работ, при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

Категория сварочного участка по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [56] относится к категории А, взрывоопасная.

Согласно Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [57] пожары классифицируются по виду горючего материала и на участке по ремонту кранового узла газопровода относятся к пожарам газов (С).

При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения. В нашем случае участок оборудуется специальными средствами пожаротушения:

- пожарной цистерной с водой – 2 шт.;
- огнетушитель ОП-5 (порошковый) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком.

### **Выводы по разделу Социальная ответственность**

В работе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при замене кранового узла магистрального газопровода.

Все потенциально возможные вредные и опасные факторы на сварочном участке соответствует допустимым нормам.

Сварочный участок по категории электробезопасности согласно ПУЭ [33] относится к безопасным помещениям.

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

Категорию тяжести труда сварщиков по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [44] относится к III категории работ, тяжелая.

Разработаны мероприятия по прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций различного характера. В перечень рекомендуемых средств пожаротушения входят: пожарная цистерна с водой, огнетушитель ОП-5, огнетушитель углекислотный ОУ-5, ящик с сухим и чистым песком. Категория сварочного участка по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [56] относится к категории А, взрывоопасная.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания. Сварочный участок по степени воздействия на окружающую среду относится к объектам II категории.

Рабочее место на сварочном участке по замене кранового узла магистрального газопровода соответствует НТД.

## **Заключение**

В ходе выполнения ВКР были решены следующие задачи:

- развит критический подход к выбору технологии изготовления;
- найдены пути совершенствования производства сварочных работ;
- произведен подбор сварочных материалов предлагаемых взамен базового варианта;
- приведено технико-экономическое обоснование внедрения описанных в работе способов сварки в производство;
- доказана экологичность проектируемого варианта проведения сварочных работ, с учетом норм и требований соответствующих стандартов.

В настоящий момент основной задачей сварочного производства является механизация и автоматизация процесса сварки, поэтому проектное решение, представленное в данной работе, а именно, замена ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку методом STT в среде углекислого газа и механизированную сварку самозащитной порошковой проволокой актуально.

В ходе ВКР был проведен сравнительный анализ выбранных способов сварки, произведен подбор оборудования, сварочных материалов, режимов и технологической оснастки в соответствии с требованиями НТД. Был спланирован участок по ремонту кранового узла магистрального газопровода с учетом всех требований по безопасности производственных процессов.

По данным проведенных расчетов затрат времени и материалов на изготовление, расчетов себестоимости наплавленного металла, было доказано, что применение данного проектного решения является наиболее целесообразным, что доказывает эффективность проекта с технологической точки зрения.

## Список используемых источников

1. СНиП 2.05.06-85\* Магистральные трубопроводы"
2. Правила охраны магистральных трубопроводов. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 24.04.92 г. N 9
3. ГОСТ 19281-89 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.
4. ВСН 006-89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка
5. ГОСТ 9467-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей Типы.
6. ГОСТ 8050-76 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
7. ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств
8. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия.
9. ПОТ Р М-020-2001 Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах: нормативный документ. - СПб.: ДЕАН, 2005. - 80 с.
10. Теория сварочных процессов: учебное пособие для студентов вузов / Б. Т. Кошкарев ; Донской государственный технический университет, НГГТИ. - Невинномысск : НГГТИ, 2003. - 217 с.
11. Специальные методы сварки и пайки: учебник для подготовки дипломированных специалистов / В. А. Фролов [и др.]. - М. : Интермет Инжиниринг, 2003. - 184 с.
12. ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент
13. Интернет-источник: <http://www.splav-kharkov.com>
14. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, В.П. Алехин, С.И. Ермаков и др.; ред. А.И. Акулов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Машиностроение, 2003. - 560 с.

15. ГОСТ 19281-89
16. Сварка. Резка. Контроль: справочник. В 2-х т. / Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышев, Э.А. Гладков; Ред. Н.П. Алешин, Ред. Г.Г. Чернышев. - М. : Машиностроение. Т. 1. - 2004. - 620 с.
17. Сварка. Резка. Контроль: справочник. В 2-х т. / Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышев, Э.А. Гладков; Ред. Н.П. Алешин, Ред. Г.Г. Чернышев. - М. : Машиностроение. Т. 2. - 2004. - 479 с.
18. Интернет-источник: <https://tmh.su>
19. ГОСТ 14792-80 Детали и заготовки, вырезаемые кислородной. И плазменно-дуговой резкой. Точность, качество поверхности реза.
20. ВСН 006-89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов
21. СТО Газпром 2-2.2-136-2007 Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов. Часть I
22. СП 105-34-96 Свод правил сооружения магистральных газопроводов. Производство сварочных работ и контроль качества сварных соединений.
23. Интернет-источник: <http://pk-dizelremont.ru>
24. Интернет-источник: <https://www.welding-russia.ru>
25. Интернет-источник: <https://www.vseinstrumenti.ru>
26. Булгаков М.И. Организация производства на предприятии машиностроения: учебник для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности «Экономика и управление на предприятии» и др. специальностям / М.И. Булгаков – М: ИНФРА-М, 2012-511 с.
27. Фатхутдинов Р. А. Организация производства: Учебник для студентов, обучающихся по экономическим и техническим специальностям - 3-е изд., перераб. И доп. – М.: ИНФРА – М, 2009.
28. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
29. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод

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

31. СТО Газпром 2-2.2-115-2007 Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа включительно

32. ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

33 ПУЭ. Правила устройства электроустановок

34 ПТЭЭП. Правилах технической эксплуатации электроустановок

35 ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества

36 ТУ 22-400-79

37. Интернет-источник: <https://www.promrentgen.ru>

38. Интернет-источник: <https://krasnodar.pulscen.ru/>

39. Интернет-источник: <http://www.consultant.ru>

40. Закон «Об основах охраны труда в РФ»

41. Закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

42. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

43. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

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

45. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016

46. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

47. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования

48. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

49. ГОСТ Р 51337-99 Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей

50. ГОСТ 12.1.046-85 Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок

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

52. СанПиНом 2.2.3.1384-03 Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ

53. ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель»

54 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

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

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

57. Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности

## **Приложение А**

**(обязательное)**

### **Комплект технологической документации**

**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Комплект чертежей**

Оглавление

ФЮРА.000001.006 Крановый узел газопровода	чертеж А1
ФЮРА.000002.006 План участка	чертеж А1



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

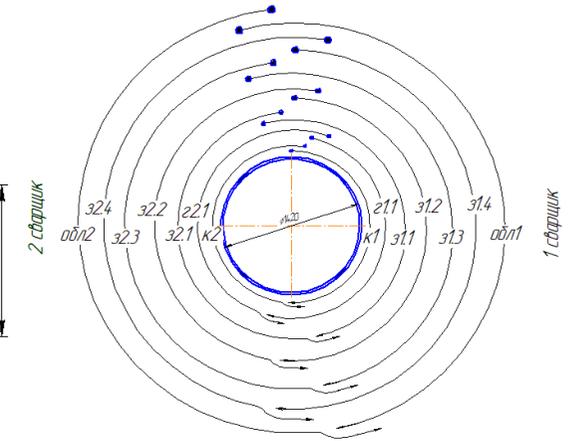
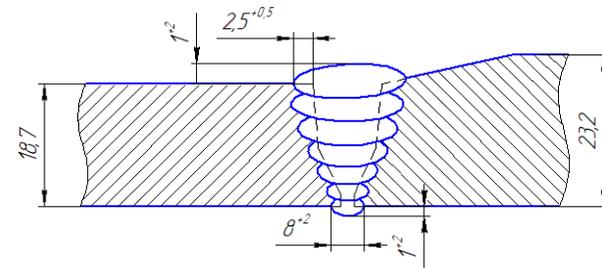
ФЮРА 02190.00007

2

ФЮРА 20190.0002

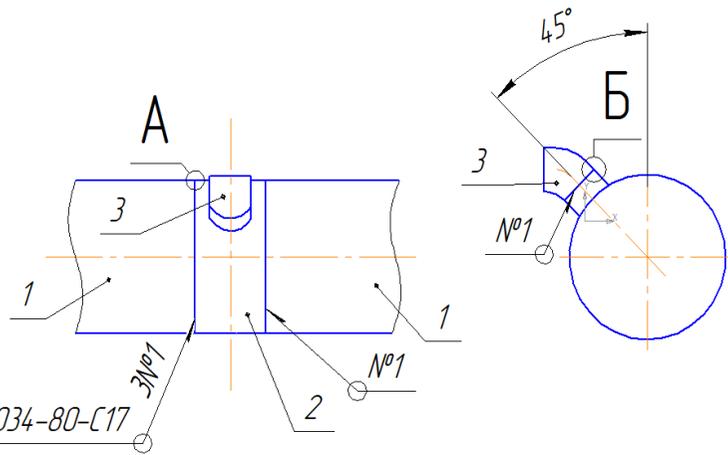
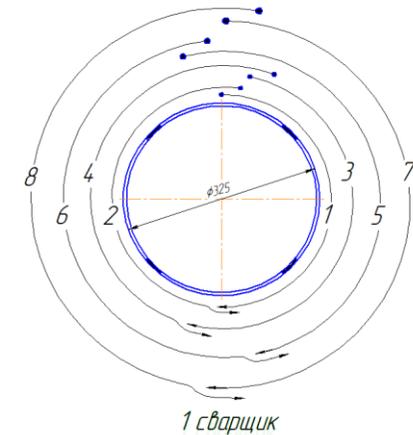
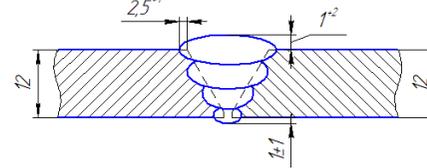
025

B 2:1



035

\Gamma 2:1



ГОСТ 16034-80-С17

КЭ

Карта эскизов



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА.02190.00007

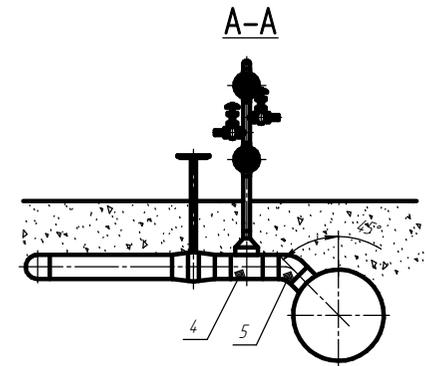
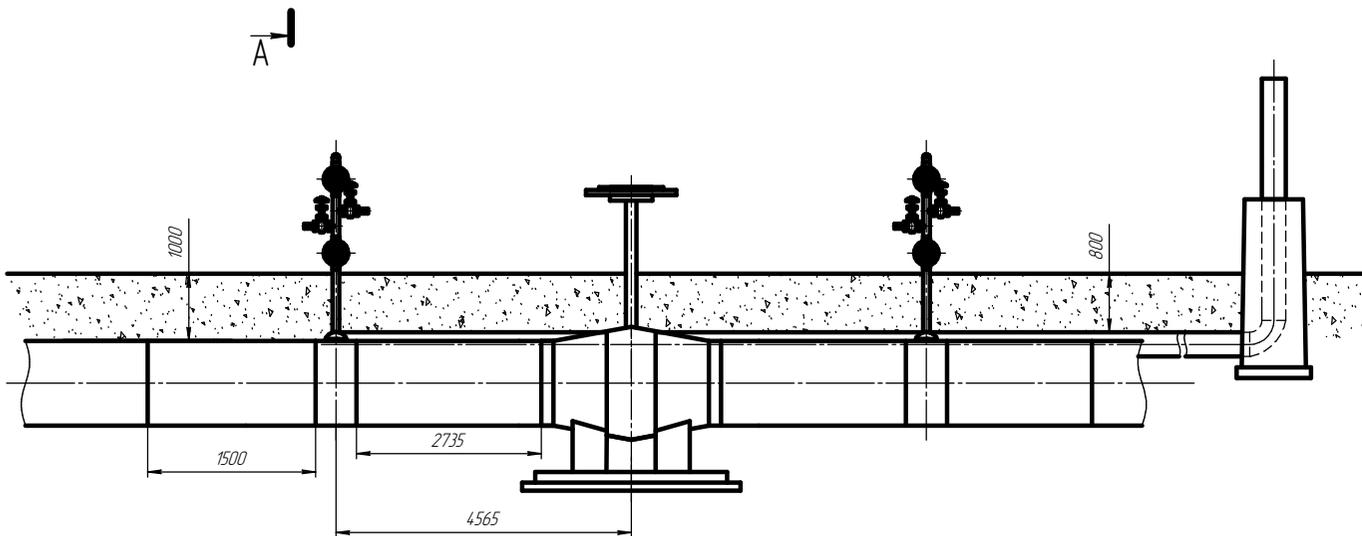
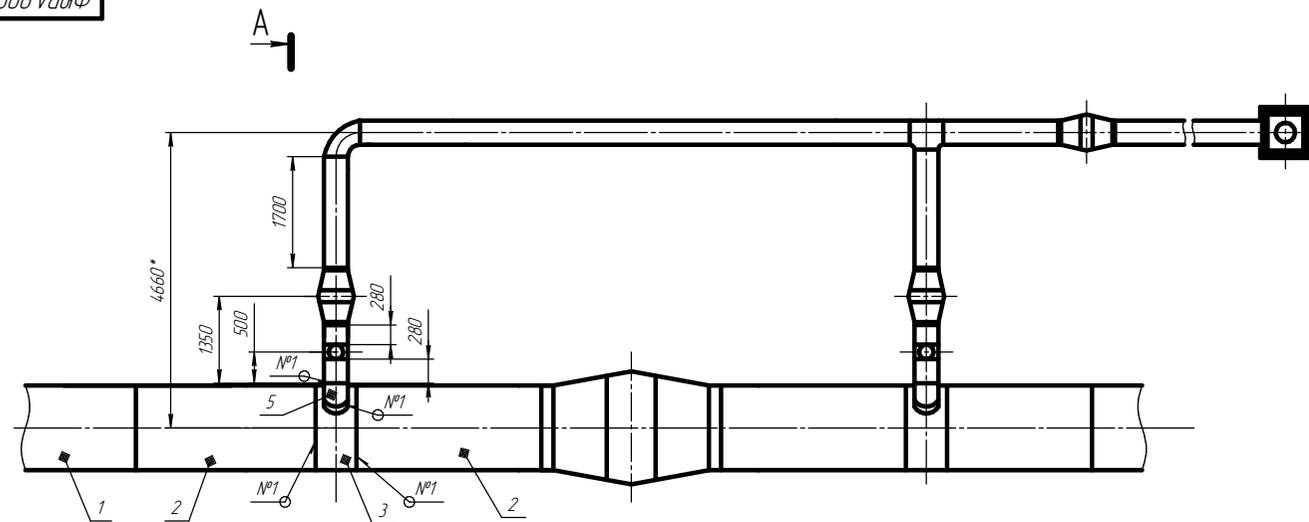
2

ФЮРА.10190.00002

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
О01	Сборку трубы 1 и тройника 2 осуществлять наружным центратором, выдерживая зазоры разделки, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0001; Разность толщин стыкуемых труб и элементов не должна превышать 2,5 мм; Величина внутреннего смещения не должна превышать 0,8 мм; Величина зазора 2±1 мм; Количество прихваток, равномерно распределенных по периметру стыка, должно быть не менее 4-х, длина прихваток не менее 20-30 мм; Зачистить прихватки и прорезать их начало и конец.															
Т02	Линейка, щуп.															
А03	1	1	1	025	Сварка трубы 1 и тройника 2	ГОСТ 16037-80, СТО Газпром 2-2.2-136-2007										
Б04	Invertec STT-II, подающий механизм LF-37, IdealArc DC-400, подающий механизм LN-23P, УШМ Bosch					1	19905	5	1	2						
М05	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002										
М06	SuperArc L-56 Ø1,14 мм; Innershield NR-207 Ø1,7 мм, углекислый газ					ГОСТ 2246-70, ГОСТ 8050-85										
О07	Выполнить сварку трубы 1 и тройника 2, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0002; Сварку корневого слоя шва выполняют два сварщика по схеме на карте эскизов ФЮРА.20190.0002; Зачистить корневой слой шва от окисной пленки и брызг; Выполнить сварку заполняющих и облицовочного слоев шва, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0002; Начало последующего слоя шва должно быть смещено от конца предыдущего шва на 20-25 мм; Произвести послонную зачистку швов от окисной пленки и брызг металла; Заклеймить стык.															
Т08	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.															
А10	1	1	1	030	Сборка тройника 2 и отвода 3	ГОСТ 16037-80, СТО Газпром 2-2.2-136-2007										
Б11	Наружный центратор, Invertec STT-II, подающий механизм LF-37, IdealArc DC-400, подающий механизм LN-23P, УШМ Bosch					1	19905	5	1	2						
МК																





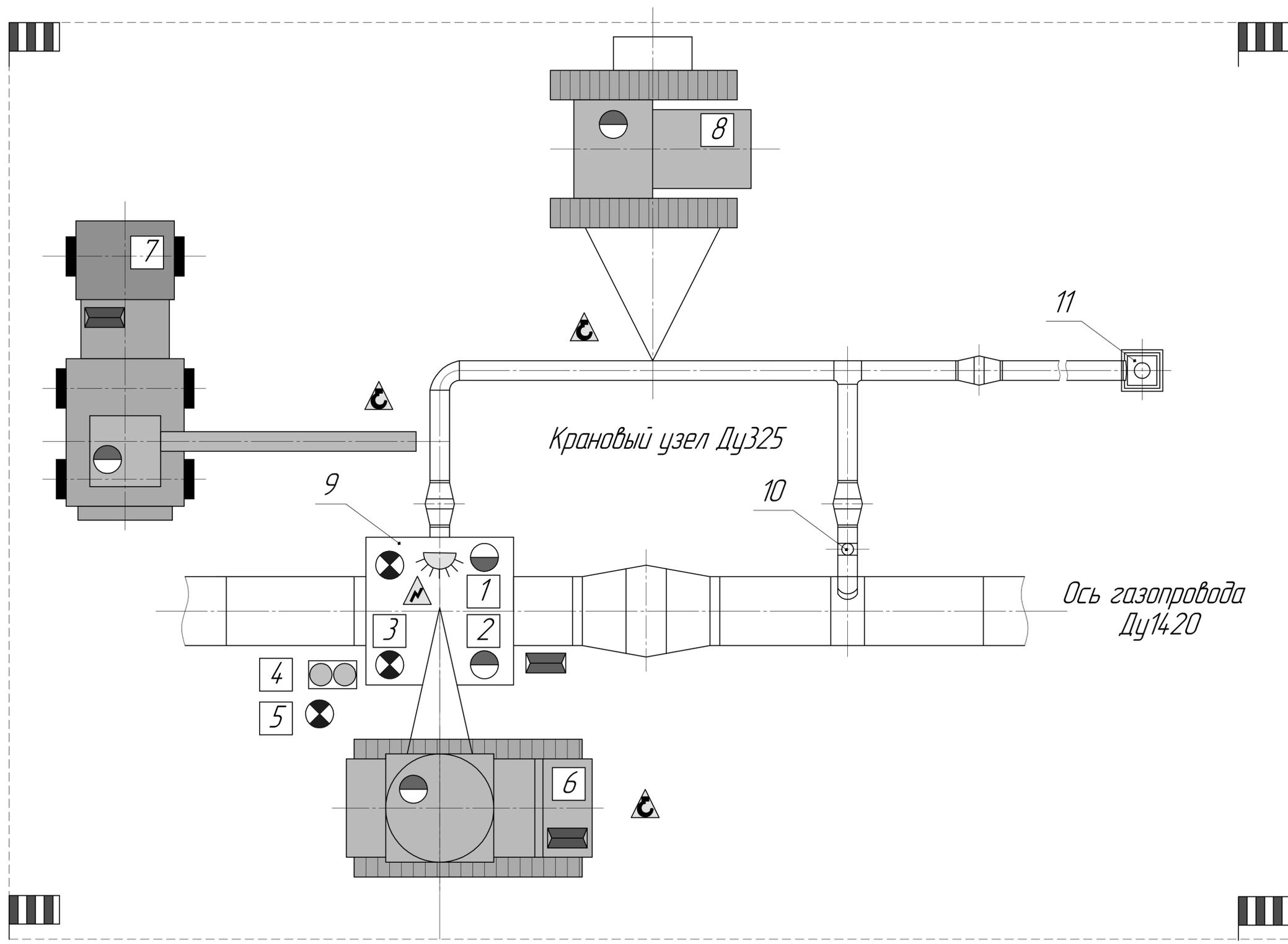


Сварочный шов №1 – ГОСТ 16037-80-С17-УП

1. \* Размеры для справок
2. Не допускаются трещины, плены, слои, свищи.
3. Маркировать ударным способом по зачищенной поверхности: товарный знак (или аббревиатура наименования предприятия-изготовителя), заводской номер шрифтом ПО-18, ГОСТ 2930-62.
4. Корневые слои швов выполнить сварочной проволокой SuperArc L-56  $\phi 1,14$  мм, остальные слои порошковой проволокой Innershield 207  $\phi 1,7$  мм.
5. Разделку краев выполнить по ВСН 006-89.
6. Неуказанные предельные отклонения размеров по Н14,  $\pm \frac{IT_{14}}{2}$ .

ФЮРА.000001.006					Крановый узел		
Исполн.	Провер.	Инженер	Техник	Мастер	Лист	Масштаб	Масштаб
Исполн.	Провер.	Инженер	Техник	Мастер	9		140
Исполн.	Провер.	Инженер	Техник	Мастер	НИИ ПТУ ИнЭО Группа 31871		
Исполн.	Провер.	Инженер	Техник	Мастер	Копирован Формат А1		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дцкл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		
				<u>Детали</u>															
		1		Существующий трубопровод Ду1400															
		2	Труба 1420x18,7 ТУ 1381-012-057578848-2005	Труба Ду1400 из стали марки 09Г2С															
		3	Тройник ТШС 1420(25)x325(10) УХЛ ТУ 102-488-95	Тройник Ду1400-300 из стали марки 10Г2ФБЮ	2	шт													
		4	Тройник 325x12-219x8 ГОСТ 17376-01	Тройник Ду300-200 из стали марки 09Г2С ГОСТ 19281-89	2	шт													
		5	Отвод 45° 325x12 ГОСТ 17375-01	Отвод 45° Ду300 из стали марки 09Г2С ГОСТ 19821-89	2	шт													
			ФЮРА.0000001.006																
			Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Крановый узел										Лит.	Лист	Листов
			Разраб.	Бадкин С.А.													У		1
			Пров.	Киселев А.С.															
			Н.контр.																
			Утв.				НИ ТПУ ИнЭО Группа 31В71												



Наименование	Графическое изображение
Местное освещение	
Рабочее место	
Вспомогательное место	
Противопожарные средства	
Опасное напряжение	
Газобаллонное оборудование	
Зона опасности движущихся машин	
Зона проведения работ	

1. Сварочный полуавтомат с ИП IdealArc DC-400;
2. Установка для сварки методом STT-Invertec STT-II + LF-37;
3. Пропановая горелка;
4. Газорезательная машина "Спутник-3";
5. Газорезательное устройство "ОВАЛ";
6. Самоходная установка на базе трактора ТТ4М оборудованная сварочным агрегатом;
7. Кран "СКАТ-40" на базе а/м КАМАЗ 6540;
8. Трубоукладчик Komatsu D155C;
9. Палатка-укрытие для работ;
10. Стояк отбора газа;
11. Свеча продувочная;

Лист 1 из 1  
 Вид № 001  
 Вид № 002  
 Вид № 003  
 Вид № 004  
 Вид № 005  
 Вид № 006  
 Вид № 007  
 Вид № 008  
 Вид № 009  
 Вид № 010  
 Вид № 011  
 Вид № 012  
 Вид № 013  
 Вид № 014  
 Вид № 015  
 Вид № 016  
 Вид № 017  
 Вид № 018  
 Вид № 019  
 Вид № 020  
 Вид № 021  
 Вид № 022  
 Вид № 023  
 Вид № 024  
 Вид № 025  
 Вид № 026  
 Вид № 027  
 Вид № 028  
 Вид № 029  
 Вид № 030  
 Вид № 031  
 Вид № 032  
 Вид № 033  
 Вид № 034  
 Вид № 035  
 Вид № 036  
 Вид № 037  
 Вид № 038  
 Вид № 039  
 Вид № 040  
 Вид № 041  
 Вид № 042  
 Вид № 043  
 Вид № 044  
 Вид № 045  
 Вид № 046  
 Вид № 047  
 Вид № 048  
 Вид № 049  
 Вид № 050  
 Вид № 051  
 Вид № 052  
 Вид № 053  
 Вид № 054  
 Вид № 055  
 Вид № 056  
 Вид № 057  
 Вид № 058  
 Вид № 059  
 Вид № 060  
 Вид № 061  
 Вид № 062  
 Вид № 063  
 Вид № 064  
 Вид № 065  
 Вид № 066  
 Вид № 067  
 Вид № 068  
 Вид № 069  
 Вид № 070  
 Вид № 071  
 Вид № 072  
 Вид № 073  
 Вид № 074  
 Вид № 075  
 Вид № 076  
 Вид № 077  
 Вид № 078  
 Вид № 079  
 Вид № 080  
 Вид № 081  
 Вид № 082  
 Вид № 083  
 Вид № 084  
 Вид № 085  
 Вид № 086  
 Вид № 087  
 Вид № 088  
 Вид № 089  
 Вид № 090  
 Вид № 091  
 Вид № 092  
 Вид № 093  
 Вид № 094  
 Вид № 095  
 Вид № 096  
 Вид № 097  
 Вид № 098  
 Вид № 099  
 Вид № 100

ФЮРА.000002.006				Лит	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	План участка	
Разраб.	Бадкин С.А.				1	150
Пров.	Киселев А.С.				Лист 1 из 1	
Т.контр.					НИ ТПУ ИШНБ	
Н.контр.					Группа 3-1В71	
Утв.					Формат А1	