

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние длительности и формы импульса при механизированной сварке модулированным током проволокой сплошного сечения на свойства соединений низколегированных сталей

УДК 621.791.1.01.042.052:669.15-194.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Иванов Владимир Николаевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина В.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.	-		

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства	Першина А.А.	к.т.н.		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
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
Общепрофессиональные компетенции	

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
Профессиональные компетенции	
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
Профессиональные компетенции университета	
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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология
сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (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
1В71	Иванову Владимиру Николаевичу

Тема работы:

Влияние длительности и формы импульса при механизированной сварке модулированным током проволокой сплошного сечения на свойства соединений низколегированных сталей	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.06.2021
------------------------------------------	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Чертеж сварной конструкции; материал сварной конструкции; существующий способ сварки; сварочные материалы; перечень нормативной документации.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение 1. Обзор литературы 2. Основные материалы 3. Сварочные материалы 4. Подбор режима сварки 5. Сварочное оборудование 6. Разработка сборки и сварки труб 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 8. Социальная ответственность Заключение</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Титульный лист Название темы, цель, задачи Карты эскизов сварной конструкции</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Обзор литературы</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Основные материалы</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Сварочные материалы</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Параметры режима сварки</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Сварочное оборудование</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Разработка технологии сборки и сварки труб</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Комплект технологических документов</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Маланина В.А., к.э.н., доцент ОСГН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Авдеева И.И., старший преподаватель</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Задание выдал руководитель:

<p style="text-align: center;">Должность</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Ученая степень, звание</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Першина А.А.</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p style="text-align: center;">Группа</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p>1В71</p>	<p>Иванов Владимир Николаевич</p>		

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
 Уровень образования высшее
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2021 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:	25.06.2021
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2021	Обзор литературы	10
28.02.2021	Основные материалы	10
15.03.2021	Сварочные материалы	10
30.03.2021	Параметры режима сварки	10
05.04.2021	Сварочное оборудование	10
20.04.2021	Разработка технологии сборки и сварки труб	10
05.05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
15.05.2021	Социальная ответственность	10
25.05.2021	Подготовка комплекта технической документации	10
01.06.2021	Заключение	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства	Першина А.А.	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В71	Иванову Владимиру Николаевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

<p>1. Стоимость ресурсов научно-технического исследования (НТИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</p> <p>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</p> <p>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</p>	<p>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах;</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НТИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</p>	<p>Проведение предпроектного анализа. Выполнение SWOT-анализа проекта</p>
<p>2. Разработка устава научно-технического проекта</p>	<p>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий</p>
<p>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</p>	<p>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ</p>
<p>4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</p>	<p>Проведение оценки экономической эффективности применения модуляции сварочного тока при механизированной сварке в среде защитных газов</p>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<p>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</p> <p>2. Матрица SWOT</p> <p>3. Альтернативы проведения НТИ</p> <p>4. График проведения и бюджет НТИ</p> <p>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</p>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина В.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Иванов Владимир Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В71	Иванову Владимиру Николаевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Влияние длительности и формы импульса при механизированной сварке модулированным током проволокой сплошного сечения на свойства соединений низколегированных сталей

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – соединение трубы диаметром 530 мм из стали 09Г2С механизированной сваркой модулированным током в среде защитных газов проволокой сплошного сечения. Рабочая зона - рабочее место сварщика расположено на открытом воздухе в месте монтажа трубопровода. Местность равнинная. Климат умеренный. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: сварочные работы, настройка сварочного оборудования, слесарные операции по монтажу трубопровода. Области применения - нефтедобывающая отрасль, бурение, нефтеперерабатывающая отрасль.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ВСН 006-89 ВСН 012-88 Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 11 декабря 2020 года N 884н СП 52.13330.2016 Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 СанПиН 1.2.3685-21 ГОСТ 12.4.026-2015 ГОСТ 12.0.003-2015 ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.019-2017 ГОСТ 12.1.009-2017 ГОСТ 12.1.003-2014 ГОСТ Р 55102-2012 Р 3.5.2.2487-09</p>
<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p>	<p>Выявить вредные факторы на участке монтажа трубопровода: недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шума на</p>

2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	рабочем месте, неудовлетворительный климат, укусы насекомых и животных, вредные вещества, психофизические факторы: повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, монотонность труда, высокий уровень интенсивности деятельности. Выявить опасные факторы, относящиеся к оборудованию: электрический ток, статическое электричество, короткое замыкание, термическая опасность, ожоги роговицы глаз. Предлагаемые средства защиты: краги, спецодежда, маски.
3. Экологическая безопасность:	Рассмотреть загрязнение водостоков нефтепродуктами в результате паводковых вод. Рассмотреть вопросы утилизации микросхем вышедшего из строя оборудования.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара; Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации ее последствий.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Иванов Владимир Николаевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 97 страниц, два рисунка, 27 таблиц, 41 источник, одно приложение.

Ключевые слова: сущность механизированной сварки в среде защитных газов модулированным током проволокой сплошного сечения, неповоротный стык трубопровода.

Объектом исследования является технология механизированной сварки модулированным током проволокой сплошного сечения неповоротных стыков труб диаметром 530 мм из низколегированных сталей.

Целью работы является анализ литературных данных по влиянию параметров модулированного тока на формирование соединений при механизированной сварке плавящимся электродом и разработка технологии сборки и сварки модулированным током (СМТ) неповоротных стыков труб диаметром 530 мм из стали 09Г2С на основании проведенного анализа.

Актуальность данной работы обоснована строительством и эксплуатацией большого количества нефте- и газопроводов на территории России. В процессе исследования произведено технико-экономическое обоснование целесообразности применения СМТ при механизированной сварке в защитных газах.

В результате работы выбраны сварочные материалы и оборудование, определены режимы сварки. Достигнуты технико-эксплуатационные показатели: высокое качество сварного соединения несмотря на снижение квалификации сварщика, увеличение производительности за счёт модуляции сварочного тока.

Область применения: разработанная технология может применяться при строительстве нефте- и газопроводов.

Экономическая эффективность данной технологии обусловлена снижением уровня брака сварных соединений, а также меньшими затратами на заработную плату сварщиков, за счёт снижения требований к квалификации.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

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

Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции

ВСН 006-89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка

ВСН 012-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ

ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

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

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

ГОСТ 12.1.009-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения

ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок

ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя

СП 36.13330.2010 Магистральные трубопроводы

СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение

СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности

ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия

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

ГОСТ 14254-2015 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ Р ИСО 17640-2016 Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Технология, уровни контроля и оценки

ГОСТ 18130-79 Полуавтоматы для дуговой сварки плавящимся электродом. Общие технические условия

ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия

ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями

сварочная ванна: Часть металла свариваемого шва, находящаяся при сварке плавлением в жидком состоянии.

модуляция: Это процесс изменения какой-либо величины во времени по заданному закону.

сварка: Процесс получения неразъёмных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого.

сварное соединение: Неразъёмное соединение, выполненное сваркой. Сварное соединение включает три характерные зоны, образующиеся во время сварки: зону сварного шва, зону сплавления и зону термического влияния, а также часть металла, прилегающую к зоне термического влияния.

правила безопасности: Совокупность мероприятий, которые субъект должен соблюдать, чтобы исключить или свести к минимуму отрицательный фактор, причиняемый источником повышенной опасности, либо предотвратить причинение ущерба объекту повышенной охраны любым источником опасности.

Сокращения и обозначения

СМТ – сварка модулированным током;

ВАХ – вольтамперная характеристика;

НАКС – Национальная ассоциация контроля сварки;

УЗК – ультразвуковой контроль;

ПВ – продолжительность включения;

σ_T – предел текучести;

σ_B – временное сопротивление разрыву;

δ_5 – относительное удлинение;

$d_э$ – диаметр электродной проволоки;

j – допускаемая плотность тока;

α_n – коэффициент наплавки;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход;

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

$I_{св}$ – ток сварочной дуги;

U_d – напряжение на дуге;

η_n – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

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

I_n – ток импульса;

I_n – базовый ток (паузы);

$I_{ср}$ – средний ток;

t_n – продолжительность импульса;

t_n – продолжительность паузы;

T_n – продолжительность цикла модуляции сварочного тока.

Оглавление

Введение	18
1 Механизированная сварка и сварка модулированным током.....	20
1.1 Механизированная сварка в среде защитных газов	20
1.1.1 Характеристика сварки в среде защитных газов	21
1.2 Характеристика сварки модулированным током.....	22
1.3 Способы модуляции сварочного тока.....	24
1.3.1 Сварка пульсирующей дугой	25
1.3.2 Импульсная подача сварочной проволоки.....	26
1.3.3 Импульсно-дуговая сварка.....	27
1.3.3.1 Технология forceArc	28
1.3.3.2 Технология SpeedArc.....	29
1.3.3.3 Технология coldArc	29
2 Основные материалы	31
3 Сварочные материалы.....	33
4 Параметры режима сварки.....	34
4.1 Расчет режима для механизированной сварки	35
4.2 Расчет режима для сварки модулированным током.....	40
5 Сварочное оборудование	43
6 Разработка технологии сборки и сварки труб	46
6.1 Подготовка свариваемых кромок	46
6.2 Сборка и сварка	46
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48

7.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	48
7.2 SWOT-анализ проекта	50
7.3 Планирование научно-исследовательских работ	52
7.4 Определение трудоемкости выполнения работ	54
7.5 Разработка графика проведения научного исследования	55
7.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	58
7.6.1 Расчет материальных затрат	58
7.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	60
7.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы	61
7.6.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	63
7.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	63
7.6.6 Накладные расходы	64
7.6.7 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта	64
7.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	65
7.8 Выводы по разделу	67
8 Социальная ответственность	68
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	68
8.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	68
8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	69
8.2 Производственная безопасность.....	70
8.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	70

8.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.....	71
8.3 Экологическая безопасность.....	79
8.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	80
8.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	80
8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
8.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	81
8.5 Выводы по разделу	83
Заключение	84
Список использованных источников	85
Приложение А Комплект технологической документации	91

Введение

Безопасность и экономическая эффективность машиностроительного, горнодобывающего, нефтегазодобывающего и др. производства во многом зависит от качества и надежности сварных соединений. Большая металлоёмкость требует применения надёжных и высокопроизводительных способов сварки. Таким является механизированная сварка в среде защитных газов. Данный способ сварки обладает рядом преимуществ: повышенная скорость, снижение требований к квалификации сварщика, хорошее качество сварного соединения.

Большинство нефтегазодобывающих и транспортирующих компаний применяют механизированную сварку в среде защитных газов на постоянном токе. В этом случае при сварке неповоротных стыков трубопроводов затрудняется формирование шва в положениях, отличных от нижнего.

В данной выпускной квалификационной работе для решения этих проблем предлагается использовать механизированную сварку модулированным током (СМТ) в среде защитных газов проволокой сплошного сечения. СМТ расширяет технологические возможности сварки обеспечивая более тонкое дозирование теплоты, поступающей в сварочную ванну, улучшая характер переноса электродного металла и стабильность горения дуги при помощи управляемого мелкокапельного переноса металла электрода. Понижение значения эффективного тока уменьшает выгорание легирующих элементов и повышает надежность соединения.

В связи с изложенным целью данной работы является: анализ литературных данных по влиянию параметров модулированного тока на формирование соединений при механизированной сварке плавящимся электродом и разработка технологии сборки и сварки модулированным током (СМТ) неповоротных стыков труб диаметром 530 мм из стали 09Г2С на основании проведенного анализа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести обзор литературы по сварке в среде защитных газов и сварке модулированным током, описать механические характеристики и химический состав свариваемого металла, определить его свариваемость, подобрать сварочные материалы, произвести расчет режима сварки, подобрать сварочное оборудование, удовлетворяющее требованиям.

1 Механизированная сварка и сварка модулированным током

Сварка – процесс получения неразъемных соединений за счет местного или общего нагрева и установления межатомных связей между деталями с применением механического усилия. Это один из самых распространенных современных способов получения различных металлических конструкций. Сварка применяется во многих отраслях промышленности.

Металл, затвердевший и остывший после завершения процесса сварки, называют сварным швом.

Сварные конструкции по сравнению с литыми и клепанными обеспечивают существенное снижение трудозатрат и металла, что обеспечивает относительную дешевизну процесса [1].

Импульсные процессы при сварке можно разделить на:

- сварку модулированным током;
- импульсно-дуговую сварку;
- сварка пульсирующей дугой;
- импульсная подача проволоки [2].

Перед рассмотрением модуляции параметров сварочного тока следует рассмотреть механизированную сварку.

1.1 Механизированная сварка в среде защитных газов

Сварка в защитных газах – это дуговая сварка, при которой в зону сварки подается защитный газ. Данный вид сварки осуществляется как неплавящимся, обычно вольфрамовым, так и плавящимся электродом – проволокой. При применении неплавящегося электрода образование сварного шва осуществляется за счет расплавления свариваемых кромок и, в случае необходимости, присадочной проволоки, подаваемой в зону сварки. При сварке плавящимся электродом шов формируется из электродного и основного металлов. При использовании плавящегося электрода образование

сварного шва происходит за счет расплавления основного металла и металла проволоки.

Сварка в среде защитных газов имеет ряд преимуществ:

- Возможность полной автоматизации процесса.
- Легкость получения сварных соединений металлов любой толщины без потери качества.
- Относительно высокая производительность, в случае применения плавящегося электрода, подкрепляемая возможностью непрерывной подачи проволоки.
- Дуга при сварке в защитных газах более сконцентрированная, поэтому зона термического влияния минимальная.
- Отсутствие операций по очистке шва от шлака.
- Сравнительно небольшие напряжения и деформации в деталях при сварке.
- Возможность выполнения соединений во всех пространственных положениях.

Помимо преимуществ данный способ имеет и ряд недостатков:

- Необходимость в применении систем водяного охлаждения при сварке на повышенных мощностях из-за перегрева оборудования.
- Высокая вероятность нарушения газовой защиты сквозняком или при сварке на открытом воздухе.
- Сильное разбрызгивание электродного металла [3].

1.1.1 Характеристика сварки в среде защитных газов

При механизированной сварке в среде защитных газов подача электродной проволоки к зоне сварки происходит автоматически, а перемещение электрической дуги вдоль свариваемых кромок происходит вручную.

Для того, чтобы обеспечить требуемое качество сварки, сварку металлов выполняют в защитных газах, а электродная проволока для сварки должна отвечать специальным требованиям.

Чаще всего сварочную ванну защищают направленным потоком газа, исходящим из сварочной горелки. Для качественной защиты шва газ должен выходить из сопла ламинарным потоком. Из этого можно сделать вывод, что качество струйной газовой защиты во многом зависит от конструкции сопла. Для выравнивания потока газа конструкцию сопла дополняют различными мелкими сетками и пористыми материалами. Для лучшей защиты металлов, взаимодействующих с кислородом в нагретом состоянии, применяются удлиненные сопла. Если производство требует особо качественных соединений, применяют специальные камеры, заполненные защитным газом.

Автоматическую сварку можно выполнять на съемных или остающихся подкладках, которые снабжены устройствами подачи защитного газа. Защита обратной стороны шва улучшает формирование корня, а при сварке активных металлов защищает их от взаимодействия с воздухом, при этом используются те же газы, что и для защиты зоны сварки.

Состав металла свариваемых деталей и требования к качеству сварного соединения сильно влияют на выбор защитного газа. В свою очередь защитный газ может изменить технологические особенности процесса.

Смеси инертных и активных газов могут сделать дугу более устойчивой или увеличить глубину проплавления, изменить форму шва. Так добавление к аргону пяти процентов кислорода понизит критический ток и уменьшит вероятность возникновения пор в металле шва. Добавление к аргону от 10 до 25 % углекислого газа позволит избежать образования пор, улучшит качество защиты сварного шва и стабильность горения дуги [4].

1.2 Характеристика сварки модулированным током

Основными параметрами сварки модулированным током являются:

- амплитуда импульса $I_{и}$;
- длительность импульса $t_{и}$;
- длительность паузы $t_{п}$;
- длительность цикла $T_{ц} = t_{и} + t_{п}$;
- частота импульсов $f = 1/t_{ц}$;
- базовый ток или ток паузы $I_б$ [5].

Применение методов модуляции сварочного тока позволяет сварщику решить проблемы удержания сварочной ванны во всех пространственных положениях, не понижая сварочный ток и сохраняя технологические свойства сварного соединения [6].

Суть СМТ состоит в периодическом изменении какого-либо параметра (сила тока в импульсе, сила тока в паузе, время импульса, время паузы и т.д.).

По сравнению с обычными методами дуговой сварки СМТ имеет следующие преимущества:

- понижение эффективного тока сварки ведет к снижению расхода электроэнергии;
- улучшенное формирование шва во всех пространственных положениях благодаря более лучшему дозированию теплоты;
- уменьшение зоны термического влияния (ЗТВ), измельчение зерен металла и более равномерное распределение легирующих элементов приводит к улучшению механических свойств сварного соединения;
- повышение производительности труда;
- упрощение техники сварки;
- снижение сварочных деформаций;
- усиление гидродинамических процессов в расплавленном металле шва приводит к улучшению газоотвода от сварочной ванны;

У сварки модулированным током следующие недостатки:

- разница интенсивности светового излучения в импульсе и паузе оказывает большую нагрузку на глаза сварщика;
- крупночешуйчатость шва, что повышает риск возникновения

- подрезов;
- снижение физической устойчивости горения дуги и технологической устойчивости процесса;
 - управляющая длительностью и формой импульсов, программа при работе не учитывает состояние дуги и возможности сварщика [7, 8, 9].

На рисунке 1 представлен пример схемы изменения силы тока при сварке модулированным током.

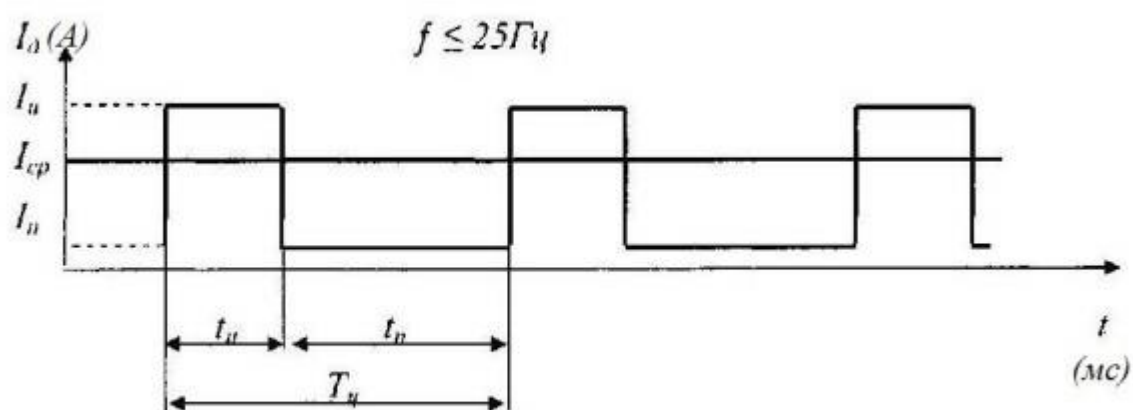


Рисунок 1 – Пример схемы изменения силы тока при сварке модулированным током [5]

1.3 Способы модуляции сварочного тока

В одном из первых способов модуляции сварочного тока (рисунок 2) было предложено получать величину тока импульса и тока паузы за счет изменения внешней вольтамперной характеристики (ВАХ) источника питания. Время импульса и паузы выбиралось путем удлинения и укорочения сварочной дуги. Процесс осуществлялся при длине дуги l_1 , силе тока в импульсе I_1 и напряжении U_1 . Когда достигалось критическое тепловложение

в шов, сварщик увеличивал напряжение дуги за счет увеличения длины дуги. Когда напряжение достигало заданного значения U_2 , а длина дуги значения l_2 , источник переключался на характеристику a_2 . Данный способ позволял регулировать тепловложение динамически во время процесса сварки в зависимости от изменяющихся параметров, что существенно повышало качество сварки вертикальных и потолочных швов, деталей различных толщин и первых слоев стыковых соединений, завариваемых с одной стороны [3].

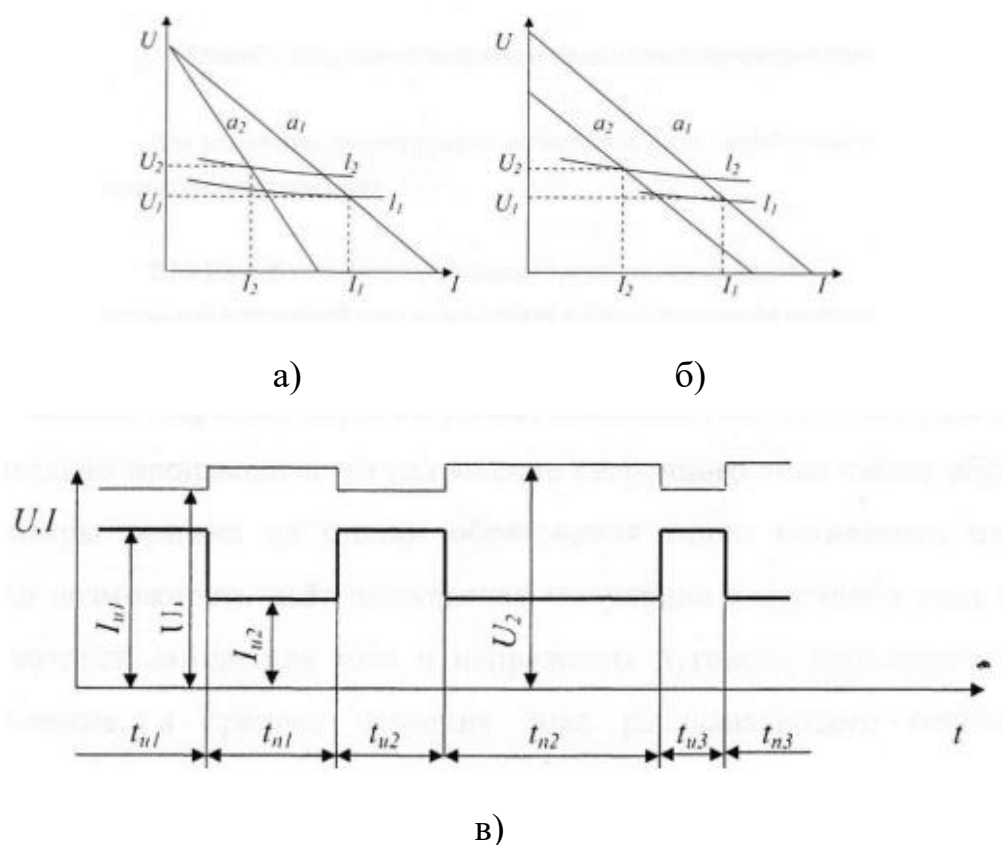


Рисунок 2 – Кривые напряжения и тока дуги [3]

1.3.1 Сварка пульсирующей дугой

Повышение тока импульса до критического значения или же подача импульсного напряжения изменяет характер переноса электродного металла с мелкокапельного на струйный. СМТ на таких токах выделяют в отдельную

категорию – сварка пульсирующей дугой. При сварке пульсирующей дугой частота импульсов как правило выше чем при других способах СМТ. Некоторые типы оборудования позволяют производить до 1000 импульсов в секунду.

Данный вид СМТ применяется и при сварке неплавящимся электродом. В таком случае производительность сварки может упасть на 20-40 %, однако возможность быстро проплавить металл на нужную глубину, не вызвав сильного разогрева материала, компенсирует данный недостаток.

1.3.2 Импульсная подача сварочной проволоки

Существует способ модуляции, при котором в качестве изменяемого параметра используется скорость подачи проволоки. Данный способ позволяет существенно увеличить объем наплавленного металла, что приводит к увеличению скорости сварочных работ.

Изменять скорость подачи проволоки во время сварки можно двумя способами:

- используя специально разработанные для этих целей электродвигатели в системе подачи проволоки;
- используя механические модуляторы.

Объясняется увеличение наплавленного металла следующим:

- процесс образования капли электродного металла управляется так, что на перегрев капли не расходуется лишняя энергия;
- ток короткого замыкания, как правило, имеет низкое или среднее значение;
- повышение силы тока в импульсе приводит к увеличению коэффициента плавления, что увеличивает общий объем наплавленного металла [11].

При данном методе сварки цикл каплепереноса состоит из следующих этапов:

- металл электродной проволоки плавится, образуя каплю на её конце;
- проволока движется к сварочной ванне;
- происходит торможение проволоки, капля электродного металла продолжает движение из-за действия сил инерции;
- происходит короткое замыкание вследствие соприкосновения капли металла и сварочной ванны, образуется перемычка, металл капли переходит в сварочную ванну [12].

Применение газовой смеси $Ar+CO_2$ повышает эффективность данного метода сварки за счет снижения потерь на угар и разбрызгивание и улучшения формирования шва [13].

1.3.3 Импульсно-дуговая сварка

Сейчас существует множество других способов СМТ. Например, для повышения эффективности сварки могут применять подогрев сварочной проволоки вкупе с импульсно-дуговой сваркой. Для повышения коэффициента наплавки и увеличения скорости сварки применяют двухдуговую сварку. За счет увеличения вылета электродной проволоки добиваются получения более чистого наплавленного металла. Увеличение вылета электрода приводит к уменьшению глубины проплавления и ширины шва, однако выпуклость шва увеличивается. Увеличение силы сварочного тока только усиливает данную закономерность [15]. Увеличение вылета электрода позволяет осуществлять сварку «в узкую разделку».

Новые технологии могут создаваться за счет объединения старых. Так, например, объединение сварки пульсирующей дугой и импульсной дуги позволило создать технологию SpeedPulse. Данная технология по-прежнему позволяет уменьшить тепловложение при сварке, четко сформировать шов и улучшить провар и при этом увеличить скорость сварки за счет наложения дополнительных импульсов со струйным переносом электродного металла во время основной паузы [16].

Существует технология с очень коротким временем формирования капли расплавленного металла и переноса её в сварочную ванну. Осуществляется это за счет применения импульсов третьего порядка. Внешне каплеперенос при данном способе сварки выглядит как струя жидкого металла, в которой периодически возникают уплотнения, перемещающиеся от проволоки к сварочной ванне. Так выглядит каплеперенос из-за того, что сварочная дуга работает полностью в режиме короткого замыкания, а сформированные капли электродного металла находятся в образованном столбе дуги.

Попытки добиться управляемого переноса электродного металла при сварке привели к разработке технологии STTTM (перенос за счет сил поверхностного натяжения). Этот процесс основан на MIG/MAG сварке с переносом металла короткими замыканиями, однако технология STTTM позволяет управлять этим переносом.

Между силой сварочного тока и фазой формирования капли установлена жесткая зависимость, а постоянно снимаемое со сварочной дуги напряжение позволяет идентифицировать фазу переноса капли [17].

1.3.3.1 Технология forceArc

Применение импульсных методов сварки – один из способов добиться качественных сварных соединений и при этом снизить затраты на сам процесс и последующую механическую обработку. Тепловложение при этом понижается, что предотвращает прожоги и вытекание металла из сварочной ванны в случаях, если сварка ведется в вертикальном или потолочной положениях.

Сейчас существует способ сварки с глубоким проваром, осуществляемый за счет сжатой короткой дуги. Этот способ имеет ряд преимуществ по сравнению с другими импульсными способами сварки:

- давление дуги на расплавленный металл обеспечивает глубокой проплавление сварного шва;
- большая стабильность дуги упрощает управление процессом сварки;
- бороткая дуга позволяет избавиться от подрезов;
- уменьшение числа проходов за счет большей скорости сварки и повышенному коэффициенту наплавки приводит к повышению производительности;
- еще большей уменьшение зоны нагрева;
- экономичный расход сварочных материалов;
- уменьшение сварочных напряжений и деформаций.

1.3.3.2 Технология SpeedArc

Технология SpeedArc совмещает в себе сварку пульсирующей дугой и сварку по технологии forceArc. Данная технология разработана для сварки толстого металла. Высокое плазменное давление дуги обеспечивает глубокое проплавление металла, снижая вероятность возникновения подрезов и уменьшая тепловложение [18].

Данная технология может применяться для сварки толстолистового металла, а также при сварке корневых слоев швов, сварке легированных сталей и сплавов.

1.3.3.3 Технология coldArc

Желание разработать маломощный процесс, подходящий для сварки тонколистового металла, привело к созданию технологии coldArc. Эта технология, как и технология STTTM, основана на MIG/MAG сварке, с тем отличием, что при сварке по технологии coldArc все процессы осуществляются на источнике тока.

При сварке тонколистового металла очень просто прожечь металл. В данном случае очень важно напряжение при возбуждении дуги, оно является решающим критерием при определении эффективности процесса. Напряжение при зажигании дуги оказывает влияние на фазы дуги и короткого замыкания, на динамику подвода энергии данного процесса. Процесс регулировки силы тока также во многом зависит от напряжения.

Процесс сварки с применением технологии coldArc основан на постоянном контроле напряжения и быстром реагировании на каждое его изменение. Современное оборудование позволяет осуществлять все необходимые действия за микросекунду до зажигания дуги, благодаря чему оно происходит очень мягко.

Сразу после зажигания дуги на конце электрода образуется капля расплавленного металла достаточного объема. Чтобы переместить ее в сварочную ванну, сила тока повышается до значения «импульса расплавления», затем ток вновь падает до базового значения и начинается новый цикл. Процесс протекает равномерно благодаря тому, что после каждого импульса на конце электрода образуется большой купол расплавленного металла, что позволяет убрать из процесса фазы плавления электрода, короткого замыкания и гашения дуги. Все это позволяет осуществить технологию сварки на малых мощностях coldArc [19].

Область применения технологии coldArc:

- Сварка тонколистового металла;
- Сварки соединений с большим зазором;
- MIG-пайка с низкой теплоотдачей;
- Сварка смешанных металлов;
- Сварка металлов с покрытием.

2 Основные материалы

Сталь 9Г2С относится к низколегированным конструкционным сталям, применяемым для изготовления труб и прочего металлопроката, работающим при температурах от -70 до +425 °С. Сталь обладает хорошей свариваемостью и не склонна к горячим трещинам. Содержание углерода в данной марке стали должно быть примерно равно 0,09%, легирована данная сталь марганцем (до 2%) и кремнием (до 1%). Легирование марганцем делает сталь твёрже, не снижая её пластичности; марганцевые стали используются при изготовлении деталей для строительной техники. Легирование кремнием улучшает упругость, магнитные свойства стали, вводится в сочетании с марганцем; кремнемарганцевые стали используются в мостостроении, судостроении, для создания строительных конструкций [20].

В таблицах 1 и 2 приведены химический состав и механические свойства стали 09Г2С согласно ГОСТ 19281-2014.

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С в % [21]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V	других элементов
до 0,12	0,50-0,80	1,30-1,70	до 0,030	до 0,035	до 0,30	до 0,30	до 0,30	до 0,12	-

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С [21]

Класс прочности	Толщина, мм	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_5 , %	КСU при - 20°С, Дж/см ²	КСV при - 60°С, Дж/см ²
325	св. 10 до 20 вкл.	325	450	21	39	34

Согласно СП 36.13330.2010 эквивалент углерода для марки стали 09Г2С не должен превышать 0,46 и рассчитывается по формуле [22]:

$$[C]_э = C + \frac{Mn}{6}. \quad (1)$$

И равен:

$$[C]_э = 0,09 + \frac{1,5}{6} = 0,34.$$

3 Сварочные материалы

При выборе сварочной проволоки для сварки труб из стали 09Г2С последуем рекомендациям ВСН 006-89 и выберем проволоку 1,2 Св-08Г2С ГОСТ 2246-70 (диаметр проволоки 1,2 мм). В качестве защитного газа воспользуемся газовой смесью ISO 14175-M21-ArC-20 (смесь 80% аргона и 20% углекислого газа), последовав рекомендациям производителя проволоки ESAB (сертифицирован НАКС). Данное сочетание проволоки и газа позволит получить сварное соединение с пределом прочности в 510 Мпа.

В таблице 3 и 4 приведены химический состав и механические свойства наплавленного с использованием проволоки Св-08Г2С и газовой смеси М21 металла.

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла в % согласно ГОСТ 2246-70 [23]

C	Mn	Si	P	S
0,05 – 0,08	1,8 – 1,95	0,7 – 0,95	до 0,025	до 0,05

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла [24]

Защитный газ	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	КCV при -20°С, Дж/см ²	КСU при -60°С, Дж/см ²
M21 (80%Ar + 20%CO2)	не менее 400	не менее 510	22	47	43

4 Параметры режима сварки

Чтобы подобрать режим для сварки неповоротного стыка труб с использованием импульсной модуляции тока, стоит сначала рассчитать режим для механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродом того же соединения. Затем скорректировать режим с учетом новых параметров (тока паузы, времени паузы, времени импульса и пр.).

Основные и дополнительные характеристики процесса сварки, позволяющие получить соединение требуемого качества, формы и размеров, в совокупности формируют режим сварки.

Основные параметры режима сварки назначаются в зависимости от используемых сварочных материалов и марки металла свариваемых изделий. При применении механизированной сварки, основными рассчитываемыми параметрами являются:

- сила сварочного тока;
- напряжение дугового промежутка;
- скорость перемещения дуги сварщиком;
- скорость подачи электродной проволоки.

Перед началом расчета режимов сварки необходимо определить тип защиты сварочной ванны, марку свариваемой стали, тип соединения и другие данные, установить основные конструктивные элементы шва в соответствии с используемой нормативно-технической документацией [25].

В таблице 5 приведены параметры выбранного типа соединения пластин.

Таблица 5 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 16037-80 [26]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		S = S ₁	b	c	e	g	α
	Подготовленные кромок свариваемых деталей	Сварного шва						
C17			1 2	2± 1	1±0, 5	18± 4	2(+2, -1,5)	30±3 °

4.1 Расчет режима для механизированной сварки

Расчет силы тока производится по формуле:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_3^2 \cdot j}{4}, \quad (2)$$

где j – плотность тока в проволоке, А/мм²;

d_3 – диаметр электродной проволоки.

Для корневого слоя шва зададим $j = 120$ А/мм², для заполнения разделки $j = 190$ А/мм².

Расчетная сила тока.

Для корневого слоя шва:

$$I_{\text{св.к.}} = \frac{\pi \cdot 1,2^2 \cdot 120}{4} = 135,72 \text{ А.}$$

Примем $I_{\text{св.к.}} = 136$ А.

Для заполняющих слоев:

$$I_{\text{св.з.}} = \frac{\pi \cdot 1,2^2 \cdot 190}{4} = 214,88 \text{ А.}$$

Примем $I_{св.з.} = 215$ А.

Напряжение тока дуги рассчитывается по формуле:

$$U_{д.} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{э}}} \cdot I_{св.} + 20 \pm 1. \quad (3)$$

Напряжение дуги для корневого слоя шва:

$$U_{д.к.} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 136 + 20 \pm 1 = 26 \text{ В.}$$

Напряжение дуги для заполняющих слоев:

$$U_{д.з.} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 215 + 20 \pm 1 = 30 \text{ В.}$$

Из практики известно, что шов формируется удовлетворительно в случае, если значение произведения силы тока и скорости сварки находится в пределах от 2000 до 5000 [25].

Исходя из этого определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св.} = \frac{(2 \dots 5) \cdot 10^3}{I_{св.}}. \quad (4)$$

Скорость сварки корневого слоя шва:

$$V_{св.к.} = \frac{(2 \dots 5) \cdot 10^3}{136} = 14,71 \dots 36,76 \text{ м/ч.}$$

Примем $V_{св.к.} = 22$ м/ч (0,6 см/с).

Скорость сварки заполняющих слоев:

$$V_{св.з.} = \frac{(2 \dots 5) \cdot 10^3}{215} = 9,3 \dots 23,26 \text{ м/ч.}$$

Примем $V_{св.з.} = 19$ м/ч (0,52 см/с).

Расчет погонной энергии производится по формуле:

$$q_{п.} = \frac{0,24 \cdot I_{св.} \cdot U_{д.} \cdot \eta_{и}}{V_{св.}}. \quad (5)$$

Коэффициент полезного действия для сварки в смеси с CO_2 $\eta_{и} = 0,8$.

Погонная энергия при сварке корневого слоя шва:

$$q_{п.к.} = \frac{0,24 \cdot 136 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,6} = 1131,52 \text{ Дж/см.}$$

Погонная энергия при сварке заполняющих слоев шва:

$$q_{п.з.} = \frac{0,24 \cdot 215 \cdot 30 \cdot 0,8}{0,52} = 2381,54 \text{ Дж/см.}$$

Коэффициент формы провара определяется по формуле:

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{э} \cdot U_{д}}{I_{св}}. \quad (6)$$

Коэффициент формы провара для корневого слоя шва:

$$\psi_{пр.к.} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 136) \cdot \frac{1,2 \cdot 26}{136} = 3,72.$$

Коэффициент формы провара для заполняющих слоев:

$$\psi_{пр.з.} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 215) \cdot \frac{1,2 \cdot 30}{215} = 2,6.$$

Определяем глубину провара при сварке в защитном газе:

$$H = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{q_{п}}{\psi_{пр}}}. \quad (7)$$

Глубина провара при сварке корневого слоя шва:

$$H_{к} = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{1131,52}{3,72}} = 0,29 \text{ см} = 2,9 \text{ мм.}$$

Глубина провара при сварке заполняющих слоев шва:

$$H_{з} = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{2381,54}{2,6}} = 0,5 \text{ см} = 5 \text{ мм.}$$

Определяем ширину шва:

$$e = H \cdot \psi_{пр}. \quad (8)$$

Ширина корневого слоя шва:

$$e_{к} = 2,9 \cdot 3,72 = 10,788 \text{ мм.}$$

Ширина заполняющих слоев шва:

$$e_{з} = 5 \cdot 2,6 = 13 \text{ мм.}$$

Высота валика рассчитывается по формуле (9):

$$g = e / \psi_{в}. \quad (9)$$

При этом значения ψ_B выбирается в пределах 7...10. Если значение коэффициента формы валика меньше семи, то шов получится слишком узким и с большим усилением, а такие швы плохо работают при динамических нагрузках, если больше 10 – слишком широким и с небольшим усилением [25].

Принимаем $\psi_B = 9$.

Высота валика при сварке корневого слоя шва:

$$g_K = 10,788/9 = 1,2 \text{ мм.}$$

Высота валика при сварке заполняющих слоев шва:

$$g_3 = 13/9 = 1,44 \text{ мм.}$$

Общая высота шва определяется по формуле:

$$C = g + H. \quad (10)$$

Общая высота шва при сварке корневого слоя:

$$C_K = 1,2 + 2,9 = 4,1 \text{ мм.}$$

Общая высота шва при сварке заполняющих слоев:

$$C_3 = 1,44 + 5 = 6,44 \text{ мм.}$$

Определяем коэффициент расплавления:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{I_{CB}} \cdot \frac{l}{d^2}. \quad (11)$$

При сварке в смеси аргона и углекислого газа вылет электрода l назначают в пределах 10-20 мм [25]. Назначим $l = 15$ мм.

Коэффициент расплавления при сварке корневого слоя шва:

$$\alpha_{p.k.} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{136} \cdot \frac{15}{1,2^2} = 9,09.$$

Для заполняющих слоев:

$$\alpha_{p.z.} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{215} \cdot \frac{15}{1,2^2} = 9,1.$$

Коэффициент потерь:

$$\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (12)$$

Коэффициент потерь при сварке корневого слоя шва:

$$\begin{aligned}\psi_k &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 120^2 = \\ &= -4,72 + 21,12 - 6,4512 = 9,9488 \% = 0,1.\end{aligned}$$

Для заполняющих слоев:

$$\begin{aligned}\psi_3 &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 190 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 190^2 = \\ &= -4,72 + 33,44 - 16,1728 = 12,5472 \% = 0,125.\end{aligned}$$

Коэффициент наплавки:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi). \quad (13)$$

Коэффициент наплавки при сварке корневого слоя шва:

$$\alpha_{н.к.} = 9,09 \cdot (1 - 0,1) = 8,181.$$

Для заполняющих слоев:

$$\alpha_{н.з.} = 9,1 \cdot (1 - 0,125) = 7,9625.$$

Скорость подачи проволоки определим по формуле:

$$V_{пп} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{св}}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma}, \quad (14)$$

где γ – удельный вес металла (для стали $\gamma = 7,8$ г/см³).

Скорость подачи проволоки при сварке корневого слоя шва:

$$V_{пп.к.} = \frac{4 \cdot 8,181 \cdot 136}{\pi \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 126,12 \text{ м/ч.}$$

Скорость подачи проволоки при сварке заполняющих слоев шва:

$$V_{пп.з.} = \frac{4 \cdot 7,9625 \cdot 215}{\pi \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 194,06 \text{ м/ч.}$$

Площадь металла, наплавленного за проход, находим по формуле:

$$F_n = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot V_{св} \cdot \gamma}. \quad (15)$$

Площадь наплавленного металла при сварке корневого слоя шва:

$$F_{н.к.} = \frac{8,181 \cdot 136}{3600 \cdot 0,6 \cdot 7,8} = 0,066 \text{ см}^2 = 6,6 \text{ мм}^2.$$

Площадь наплавленного металла при сварке корневого слоя шва:

$$F_{н.з.} = \frac{7,9625 \cdot 215}{3600 \cdot 0,52 \cdot 7,8} = 0,117 \text{ см}^2 = 11,7 \text{ мм}^2.$$

В таблице 6 представлены режимы сварки корневого и заполняющего слоев шва.

Таблица 6 – Режимы механизированной сварки в среде защитного газа корневого и заполняющих слоев шва

	$d_э$, мм	$I_{св}$, А	U_d , В	$V_{св}$, см/с	$V_{пп}$, см/с	Q, л/мин	l, мм
Корневой	1,2	136	26	0,6	3,5	12	15
Заполняющие	1,2	215	30	0,52	5,4	12	15

4.2 Расчет режима для сварки модулированным током

Сила тока в паузе должна быть не более чем в 3 раза меньше рассчитанной для сварки без модуляции тока.

$$I_{п.к.} = 136/3 = 45,3 \text{ А,}$$

$$I_{п.з.} = 215/3 = 71,7 \text{ А.}$$

Назначаем силу тока в паузе для корневого слоя $I_{п.к.} = 50 \text{ А}$, для заполняющих слоев $I_{п.з.} = 80 \text{ А}$.

Силу тока в импульсе назначим на 30 А больше, чем рассчитанная для механизированной сварки в среде защитных газов. Для корневого слоя $I_{и.к.} = 166 \text{ А}$, для заполняющих $I_{и.з.} = 245 \text{ А}$.

Напряжение будем рассчитывать по току импульса по формуле (3).

Напряжение дуги для корневого слоя шва:

$$U_{д.к.} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 166 + 20 \pm 1 = 28 \text{ В.}$$

Напряжение дуги для заполняющих слоев:

$$U_{д.з.} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 245 + 20 \pm 1 = 31 \text{ В.}$$

Частота импульсов $f = 25 \text{ Гц}$.

Соотношение времени импульса к времени паузы (в %) назначим 30/70.

Из этого условия находим средний ток $I_{ср}$:

$$I_{\text{ср.к.}} = \frac{166 \cdot 3 + 50 \cdot 7}{10} = 84,8 \text{ А} \approx 85 \text{ А},$$

$$I_{\text{ср.з.}} = \frac{245 \cdot 3 + 80 \cdot 7}{10} = 129,5 \text{ А} \approx 130 \text{ А}.$$

Погонную энергию при сварке рассчитаем с учетом средней силы тока по формуле (5):

$$q_{\text{п.к.}} = \frac{0,24 \cdot 166 \cdot 28 \cdot 0,8}{0,6} = 1487,36 \text{ Дж/см},$$

$$q_{\text{п.з.}} = \frac{0,24 \cdot 245 \cdot 31 \cdot 0,8}{0,52} = 2804,31 \text{ Дж/см}.$$

Коэффициент расплавления при сварке определяем по формуле (11) с учетом среднего тока:

$$\alpha_{\text{р.к.}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{166} \cdot \frac{15}{1,2^2} = 9,09,$$

$$\alpha_{\text{р.з.}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{245} \cdot \frac{15}{1,2^2} = 9,1.$$

Так как плотность тока осталась неизменной, коэффициент потерь остается тем же, что и при сварке без СМТ.

Коэффициент наплавки рассчитываем по формуле (13):

$$\alpha_{\text{н.к.}} = 9,09 \cdot (1 - 0,1) = 8,181.$$

Для заполняющих слоев:

$$\alpha_{\text{н.з.}} = 9,1 \cdot (1 - 0,125) = 7,9625.$$

Скорость подачи проволоки рассчитаем с учетом средней силы тока по формуле (14):

$$V_{\text{пп.к.}} = \frac{4 \cdot 8,181 \cdot 166}{\pi \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 153,95 \text{ м/ч},$$

$$V_{\text{пп.з.}} = \frac{4 \cdot 7,9625 \cdot 245}{\pi \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 221,14 \text{ м/ч}.$$

В таблице 7 представлены режимы сварки корневого и заполняющего слоев шва.

Таблица 7 – Режимы механизированной сварки в среде защитного газа корневого и заполняющих слоев шва с использованием СМТ

	$d_э,$ мм	$I_{и},$ А	$I_{п},$ А	$U_{д},$ В	$V_{св},$ см/с	$V_{пп},$ см/с	$Q,$ л/мин	$l,$ мм	$f,$ Гц	$t_{и}/t_{п}$	$I_{ср},$ А
Корневой	1,2	166	50	28	0,6	4,3	12	15	25	30/70	85
Заполняющие	1,2	245	80	31	0,52	6,1	12	15	25	30/70	130

5 Сварочное оборудование

Для механизированной сварки в защитном газе с применением модуляции тока выбираем цифровой импульсный сварочный полуавтомат ALLOY MC-351MX PULSE предназначенный для импульсной MIG/MAG сварки во всех пространственных положениях. Этот сварочный инвертор отвечает всем необходимым современным требованиям. Источник показывает отличные результаты и высокую стабильность при высоконагруженном производстве.

Технические характеристики и комплектация сварочного полуавтомата ALLOY MC-351MX PULSE представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Технические характеристики полуавтомата ALLOY MC-351MX PULSE [27]

Наименование параметра	Значение
Диапазон регулирования сварочного тока, А	20-350
Напряжение питающей сети, В	380
Сила тока при ПВ 100%, А	275
Сила тока при ПВ 60%, А	350
Частота тока в сети, Гц	50
Максимальная потр. Мощность, кВт	17
Скорость подачи проволоки, м/мин	1-24
Напряжение холостого хода, В	92
Габариты, мм	660x350x600
Масса, кг	50
Класс защиты	IP23S

Таблица 9 – Комплектация сварочного инвертора ALLOY MC-351MX PULSE [27]

Инверторный сварочный аппарат на колесах	1 шт.
Механизм подачи проволоки	1 шт.
Кабель питания, 15 м	1 шт.
Кабель для массы с зажимом, 15 м	1 шт.

Из таблицы 8 видно, что даже при длительных нагрузках данный аппарат обеспечивает необходимую силу тока.

Так как в качестве защитного газа используется смесь 80% аргона и 20% углекислого газа, в качестве регулирующей аппаратуры выберем редуктор универсальный Сварог Tech Control UNI, данный редуктор предназначен для работы со смесями аргона и углекислоты.

В таблице 10 представлены характеристики данного редуктора.

Таблица 10 - Характеристики редуктора Сварог Tech Control UNI [27]

Наименование параметра	Значение
Габаритные размеры, мм	180×61×183
Максимальная пропускная способность, л/мин	833

Защитная маска выбирается с учетом повышенной пульсации сварочной дуги. Поэтому выбираем маску AURORA Sun7. Данная защитная маска предназначена для сварки пульсирующей дугой.

Для сборки соединения труб понадобится центратор. Поскольку внутренние центраторы довольно дороги, по сравнению с наружными, выбираем наружный звенный центратор ЦЗН-530.

Для зачистки свариваемых кромок и полученного соединения необходима угловая шлифовальная машинка (УШМ). Для этих целей выбираем Makita GA 5030.

После проведения сварочных операций необходим обязательный контроль сварного соединения. Для того, чтобы осуществить ультразвуковой контроль, выберем Миниатюрный ультразвуковой дефектоскоп A1211 Mini.

6 Разработка технологии сборки и сварки труб

6.1 Подготовка свариваемых кромок

Используя УШМ, на наружной поверхности труб устранить царапины глубиной 0,2-0,4 мм, толщина стенок после шлифования не должна быть выведена за пределы допускаемой. Внутренние и наружные поверхности труб зачищаются на 20 мм от места будущего стыка.

6.2 Сборка и сварка

Сборка стыка труб производится с применением наружного звенного центризатора ЦЗН-530. Зазор в стыке должен быть в пределах от 1,0 до 3,0 мм. Внутреннее смещение кромок труб должно быть не более 2,0 мм. В случае наличия на свариваемых кромках следов влаги или, если температура воздуха в месте проведения работ ниже или равна + 5°С, осуществить просушку кромок нагревом до температуры +20 - +50°С. Просушка осуществляется на ширину не менее 75 мм от оси стыка в каждую сторону. Замер температуры нагрева осуществляется как минимум в трёх точках по периметру стыка на расстоянии 10-15 мм.

Выполнить прихватки равномерно по периметру стыка в количестве пяти штук длиной 40-50 мм на режимах сварки применяемых для сварки корневого слоя шва. Зачистить прихватки и обработать шлифовальным кругом начальный и конечный участки каждой из них.

Выполнить сварку корневого слоя шва согласно выбранным режимам. Зачистить корневой слой шва от брызг металла с помощью УШМ. Выполнить сварку заполняющих и облицовочного слоев шва производя послойную зачистку от брызг металла. Необходимое минимальное количество слоев – 4.

Используя УШМ выровнять поверхностные дефекты облицовочного слоя шва. Прилегающие поверхности зачистить от брызг металла. Контроль

качества произвести согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 17640-2016 неразрушающими методами контроля.

Последовательность сборки и сварки описана в технологической документации (приложение А).

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе сравниваются технико-экономические характеристики двух способов сварки – механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов без модуляции сварочного тока и с модуляцией.

Технико-экономический анализ покажет эффективность внедрения в производство способа сварки с модуляцией сварочного тока.

7.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты (таблица 11).

Обозначение способов сварки в таблице:

- А – сварка без модуляции тока;
- В – сварка с модуляцией тока.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 11, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений производится по формуле (16):

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i, \quad (16)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес i -го показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _A	Б _B	К _A	К _B
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Производительность труда	0,15	3	5	0,45	0,75
2. Уровень качества сварных соединений	0,15	4	5	0,60	0,75
3. Выгорание легирующих элементов*	0,10	4	5	0,40	0,50
4. Необходимость в высококвалифицированных специалистах**	0,10	3	4	0,30	0,40
5. Удобство в эксплуатации	0,10	3	3	0,30	0,30
6. Тепловложение	0,10	3	4	0,30	0,40
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	3	2	0,15	0,10
2. Цена***	0,15	4	3	0,60	0,45
3. Срок окупаемости	0,10	2	3	0,3	0,45
Итого	1	30	34	3,40	4,10

*- чем меньше выгорание легирующих элементов, тем выше балл.

** - чем ниже требуемая квалификация сварщика, тем выше балл.

***- чем ниже цена, тем выше балл.

Исходя из данных таблицы 11 можно сделать вывод, что технология «В» имеет преимущества над технологией «А».

При использовании данной технологии значительно снижается процент брака и повышается производительность работы что, безусловно, повышает количество и качество выпускаемых изделий. Также за счет меньшего выгорания легирующих элементов сохраняется качество металла сварного шва. Уменьшается количество потерь электродного металла при разбрызгивании, что снижает себестоимость выпускаемых изделий, при этом за счет повышения качества нет необходимости снижать цену на товар. Также стоит отметить меньшее тепловложение при сварке, что упрощает процесс сварки в положениях, отличных от нижнего.

7.2 SWOT-анализ проекта

SWOT анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз по его осуществлению. Этот анализ проводят для выявления внешней и внутренней среды проекта. Проводится этот анализ в три этапа.

Первый этап.

Данный этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны проекта – это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно–исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

- Повышение качества металла шва – С1;
- Облегчение сварки в положениях отличных от нижнего – С2;

- Повышение производительности труда – С3;
- Уменьшение требований к квалификации сварщика – С4.

К слабым сторонам проекта относятся:

- Более сложный подбор режимов сварки – Сл1;
- Большая нагрузка на глаза сварщика – Сл2;
- Необходимость в специальном оборудовании – Сл3.

К возможностям проекта относятся:

- Повышение спроса на данный вид сварки – В1;
- Привлечение внимания инвесторов – В2;
- Улучшение оборудования подходящего для данной технологии – В3.

К угрозам для проекта относятся:

- Дефицит сварщиков, удовлетворяющих требования к квалификации – У1;
- Недостаток финансов на переход к новой технологии – У2;

Второй этап.

Данный этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В таблице 12 представлена интерактивная матрица проекта.

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны					
		С1	С2	С3	С4
Возможности	В1	+	-	+	+
	В2	+	-	+	+
	В3	-	-	-	-
Угрозы	У1	-	-	-	+
	У2	-	-	-	-
Слабые стороны					
		Сл1	Сл2	Сл3	
Возможности	В1	-	-	-	
	В2	-	+	+	
	В3	-	-	-	
Угрозы	У1	-	-	-	
	У2	-	-	+	

В ходе анализа интерактивных матриц получаем следующие записи сильно коррелирующих сторон и возможностей: В1С1С3, В2С1С3С4, У1С4, В2Сл2Сл3, У2Сл3.

Третий этап.

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

В таблице 13 представлена итоговая SWOT-матрица.

Таблица 13 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Повышение качества металла шва;</p> <p>С2. Облегчение сварки в положениях отличных от нижнего;</p> <p>С3. Повышение производительности труда;</p> <p>С4. Уменьшение требований к квалификации сварщика.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Более сложный подбор режимов сварки;</p> <p>Сл2. Большая нагрузка на глаза сварщика;</p> <p>Сл3. Необходимость в специальном оборудовании.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение спроса на данный вид сварки;</p> <p>В2. Привлечение внимания инвесторов;</p> <p>В3. Улучшение оборудования подходящего для данной технологии.</p>	<p>Повышение качества сварных соединений и производительности труда приведет к повышению спроса на данный вид сварки.</p> <p>Также это может привлечь инвесторов, что позволит провести более масштабные исследования по данной теме.</p>	<p>Увеличение нагрузки на глаза сварщика может оттолкнуть инвесторов, не желающих вкладывать деньги в еще более вредное производство.</p> <p>Необходимость в специальном оборудовании может оттолкнуть инвесторов желающих быстрой прибыли.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Дефицит сварщиков, удовлетворяющих требования к квалификации;</p> <p>У2. Недостаток финансов на переход к новой технологии;</p>	<p>Уменьшение требований к квалификации сварщиков позволит сократить затраты на производство, а более квалифицированных специалистов направить на более важные проекты.</p>	<p>Специальное оборудование как правило повышает цену на производство, что может затруднить или сделать невозможным переход на новую технологию.</p>

7.3 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по части финансового менеджмента (ФМ) выпускной квалификационной работы.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведено распределение исполнителей по видам работ.

В таблице 14 представлен перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Исполнители
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ФМ, консультант СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по заданной теме	Бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, бакалавр
	4	Календарное планирование работ по заданной теме	Научный руководитель, бакалавр
Теоретические исследования	5	Ознакомление с сущностью СМТ	Бакалавр
	6	Поиск информации и изучение конкретных технологий основанных на СМТ	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, бакалавр

Продолжение таблицы 14

Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Расчет режимов сварки, разработка технологии сборки и сварки	Бакалавр
	10	Оценка экономической эффективности исследования	Бакалавр, консультант ФМ
	11	Определение социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки	Бакалавр

7.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется формула (17):

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (17)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях ТР, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как

удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{Pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (18)$$

где T_{Pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

7.5 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (19):

$$T_{Ki} = T_{Pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (19)$$

где T_{Ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{Pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (20):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (20)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб	Трудоемкость работы						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{Pi}		Длительность работ в календарных днях T_{Ki}	
	t_{\min} , человеко-дни		t_{\max} , человеко-дни		$t_{\text{ож}}$, человеко-дни							
	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В
1	2	2	4	4	2,8	2,8	Б		2,8	2,8	4	4
	1	1	2	2	1,4	1,4	НР		0,5	0,5	1	1
	1	1	2	2	1,4	1,4	КФМ		0,5	0,5	1	1
	1	1	2	2	1,4	1,4	КСО		0,5	0,5	1	1
2	6	6	11	13	8	8,8	Б		8	8,8	10	11
3	1	1	4	4	2,2	2,2	НР		1,1	1,1	2	2
	1	1	4	4	2,2	2,2	Б		1,1	1,1	2	2
4	1	1	4	4	2,2	2,2	НР		1,1	1,1	2	2
	1	1	4	4	2,2	2,2	Б		1,1	1,1	2	2
5	8	8	13	15	10	10,8	Б		10	10,8	13	14
6	7	7	11	13	8,6	9,4	Б		8,6	9,4	11	12
7	9	9	12	12	10,2	10,2	НР		5,1	5,1	7	7
	4	4	7	7	5,2	5,2	Б		2,6	2,6	4	4
8	9	9	12	12	10,2	10,2	НР		5,1	5,1	7	7
	9	9	12	12	10,2	10,2	Б		5,1	5,1	7	7
9	3	3	9	12	5,4	6,6	Б		5,4	6,6	7	8
10	15	15	20	20	17	17	Б		8,5	8,5	11	11
	15	15	20	20	17	17	КФМ		8,5	8,5	11	11
11	15	12	20	17	17	14	Б		8,5	7	11	9
	15	12	20	17	17	14	КСО		8,5	7	11	9
12	13	13	21	21	16,2	16,2	Б		16,2	16,2	20	20

НР – научный руководитель;

Б – бакалавр;

КФМ – консультант по финансовому менеджменту;

КСО – консультант по социальной ответственности.

Далее строится календарный план-график на основе предыдущей таблицы. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей,

ответственных за ту или иную работу:

Н. руководитель	Бакалавр	Консультант ФМ	Консультант СО

Календарный план-график представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работы	Исполнитель	Тк, дней	Продолжительность выполнения работ														
			февраль		март			апрель			май						
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ФМ, консультант СО, бакалавр	5															
Подбор и изучение материалов	Бакалавр	11															
Выбор направления исследований	Научный руководитель, бакалавр	2															
Календарное планирование работ	Научный руководитель, бакалавр	2															
Ознакомление с принципами работы	Бакалавр	14															
Поиск информации и изучение моделей	Бакалавр	12															
Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр	7															
Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, бакалавр	7															
Анализ устройства и конструкции, разработка принципиальной блок-схемы	Бакалавр	8															
Оценка экономической эффективности исследования	Бакалавр, консультант ФМ	11															
Определение социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	11															
Составление пояснительной записки	Бакалавр	20															

7.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

7.6.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования,

износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Для проведения НТИ потребуются следующие материалы:

- Сварочная проволока Св-08Г2С-О;
- Газовая смесь 80% аргона и 20% углекислого газа;
- Костюм сварщика.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (21):

$$Z_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i}, \quad (21)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от

условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во		Цена за единицу, руб		Затраты на материалы (З _м), руб	
		А	В	А	В	А	В
Сварочная проволока Св-08Г2С	кг	5	5	160	160	1000	1000
Газовая смесь 80% аргона и 20% углекислого газа	баллон	1	1	1200	1200	1500	1500
Сварочный костюм спилковый Gigant GT-109	шт.	1	1	3890	3890	4862,5	4862,5
Итого:				10500		7362,5	7362,5

7.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В качестве специального оборудования при выполнении данного НТИ можно выделить ПЭВМ (персональный компьютер). Указанное оборудование необходимо для проведения расчетов, а также поиска, систематизации и оформления информации.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Затраты на спецоборудование для научных работ приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Цена, руб	Цена с учетом затрат на доставку и монтаж, руб
Цифровой импульсный сварочный полуавтомат ALLOY MC-351MX PULSE	262000	301300
Редуктор универсальный Сварог Tech Control UNI	2922	3360,3
Маска сварочная AURORA Sun7	4600	5290
ПЭВМ	36990	42538,5
Центратор звенный наружный ЦЗН-530	8125	9343,75
УШМ Makita GA 5030	3640	4186
ультразвуковой дефектоскоп А1211 Mini	142000	163300
Итого:	460277	529318,55

7.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Основная заработная плата научного руководителя и консультантов рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.
- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.
- иные выплаты; районный коэффициент.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (22)$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке ТПУ, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ

и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (23)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 19).

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Бакалавр	Консультант ФМ	Консультант СО
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней				
- выходные дни	52	52	52	52
- праздничные дни	14	14	14	14
Потери рабочего времени				
- отпуск	48	48	48	48
- невыходы по болезни	7	7	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	245	245	245

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель							
ППС3	35120	0,3	1,3	59352,8	2519,5	10,4	26202,8
Бакалавр							
ППС1	8600	0,3	1,3	14534,0	616,9	81,1	50030,6
Консультант ФМ							
ППС4	35120	0,3	1,3	59352,8	2519,5	9	22675,5
Консультант СО							
ППС2	26050	0,3	1,3	44024,5	1868,8	9	16819,2
Итого							115728,1

7.6.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (24)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем $k_{\text{доп}} = 0,15$.

Общая заработная плата исполнителей представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{зн}}$, руб.
Научный руководитель	26202,8	3930,4	30133,2
Бакалавр	50030,6	7504,6	57535,2
Консультант ФМ	22675,5	3401,4	26076,9
Консультант СО	16819,2	2522,9	19342,1
Итого	115728,1	17359,3	133087,4

7.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (25)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Для сотрудников

Томского Политехнического Университета этот коэффициент составляет 30,2%.

В таблице 22 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	26202,8	3930,4
Бакалавр	50030,6	7504,6
Консультант ФМ	22675,5	3401,4
Консультант СО	16819,2	2522,9
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого:	40192,4	

7.6.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (26)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (14725 + 529318,55 + 115728,1 + 17359,3 + 40192,4) \cdot 0,16 = \\ &= 114771,74 \text{ руб} \end{aligned}$$

7.6.7 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при

формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

В таблице 23 представлен расчет бюджета НТИ.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Сумма, %	Примечание
1. Материальные затраты	14725	1,9%	Пункт 6.6.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	529318,55	63,6%	Пункт 6.6.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	115728,1	13,9%	Пункт 6.6.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17359,3	1,9%	Пункт 6.6.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	40192,4	4,9%	Пункт 6.6.5
6. Накладные расходы	114771,74	13,8%	Пункт 6.6.6
Бюджет затрат НТИ	832095,09	100%	Сумма п. 1-6

7.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением финансовой эффективности и ресурсоэффективности в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (27)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (28)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

В таблице 24 показана сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	А	В
1. Производительность труда	0,25	4	5
2. Качество сварных соединений	0,25	4	5
3. Удобство в эксплуатации	0,2	4	4
4. Тепловложение	0,15	3	5
5. Надежность	0,15	4	4
ИТОГО	1		
I_p		3,85	4,65

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп i} = \frac{I_{pi}}{I_{финр i}}, \quad (28)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп 1}}}{I_{\text{исп 2}}}, \quad (28)$$

Сравнительная эффективность разработки показана в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	А	В
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,85	4,65
3	Интегральный показатель эффективности	3,85	4,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,83	1

Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительным для рассмотрения является вариант исполнения «В», так как данный вариант является наиболее экономичным и ресурсоэффективным.

7.8 Выводы по разделу

В рамках данного раздела ВКР была определена конкурентоспособность способа механизированной сварки с применением модуляции сварочного тока. Был составлен перечень этапов работ и определена их трудоемкость, построен календарный план-график выполнения работ. Рассчитан ориентировочный бюджет на исследование научной разработки, а также проведена оценка эффективности научного исследования с позиции ресурсосбережения и сравнительная эффективность разработки.

8 Социальная ответственность

В этом разделе приводится анализ технологического процесса сборки и сварки неповоротных стыков труб диаметром 530 мм, с точки зрения наличия или возможного появления опасных и вредных факторов, а также воздействия их на работающих.

Рабочее место расположено на открытом воздухе. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный.

При сварке осуществляются следующие операции: сборка, механизированная сварка в среде защитных газов, слесарные операции.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Требования по охране труда при эксплуатации трубопроводов определяются Федеральным законом от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Федеральным законом от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (п.4 от технологических эстакад и трубопроводов - от крайнего трубопровода), Земельным кодексом РФ от 10 июля 1998 г. N 1736 (Статья 28.1. Охранные зоны трубопроводов) и Уголовным кодексом Российской Федерации от 13 июня 1996 г. N 63-ФЗ (УК РФ) (Статья 269. Нарушение правил безопасности при строительстве, эксплуатации или ремонте магистральных трубопроводов).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на

которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Согласно Федеральному закону от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» трубопровод и входящие в его состав объекты, относятся к опасным производственным объектам [28].

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к трубопроводам.

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

Обслуживание и ремонт технических средств трубопроводов должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При изготовлении осуществляются следующие операции: сборка стыка трубы, механизированная сварка в среде защитных газов, слесарные операции. При сварке труб диаметром 530 мм на участке используется следующее оборудование:

- Инвертор сварочный ALLOY MC-351MX PULSE, 1 шт.;
- Углошлифовальная машина Makita GA 5030, 1 шт;
- Наружные звенные центраторы ЦЗН-530.

В качестве основного материала используют сталь марки 09Г2С, применяется механизированная сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения марки Св-08Г2С диаметром 1,2 мм.

Рабочее место сварщика соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

8.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование механизированной сварки в среде защитных газов, инвертора сварочного ALLOY MC-351MX PULSE, 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 [29].

8.2.1 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». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 26.

Таблица 26 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля [30]

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Механизированная сварка в среде защитных газов; Работа со сварочным оборудованием.	Недостаточная освещенность рабочей зоны [31, 32]; Повышенный уровень шума на рабочем месте [33]; Неудовлетворительный климат; Укусы насекомых; Вредные вещества; Психофизические факторы: повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, монотонность труда, высокий уровень интенсивности деятельности.	Электрический ток [34, 35]; Статическое электричество; Термические ожоги; Ожоги роговицы глаз.	СП 52.13330.2016 СанПиН 1.2.3685-21 ГОСТ 30494-2011 СП 155.13130.2014 ГОСТ 12.1.019-2017 ГОСТ 12.1.019-2017 ГОСТ 12.1.046-2014 ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ Р 12.4.296-2013 Р 3.5.2.2487-09 ГОСТ Р 55102-2012

8.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Электробезопасность:

Согласно ПУЭ все электроустановки по условиям электробезопасности принято разделять на 2 группы:

- электроустановки напряжением до 1000 В (1 кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000 В (1 кВ).

В нашем случае применяемое сварочное оборудование работает от напряжения 380 В, следовательно, относиться к первой категории опасности [36].

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019-2017.

Наиболее распространенными причинами электротравматизма являются:

- появление напряжения там, где его в нормальных условиях быть не должно; чаще всего это происходит вследствие повреждения изоляции;
- возможность прикосновения к незащищенным токоведущим частям при отсутствии соответствующих ограждений;
- прочие причины: несогласованные и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под напряжением без надзора, допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.

В качестве обеспечения вопросов электробезопасности для труб наиболее актуальны:

- молниезащита;
- защитное заземление.

Инструкция по работе с оборудованием:

- Используемое оборудование должно быть заземлено.
- В начале смены необходимо проверить непрерывность цепи между зажимом защитного заземления на электроустановке.
- Запрещается включать электрооборудование в сеть при поврежденной изоляции шнура питания.
- Запрещается работать с неисправным оборудованием.
- Запрещается самостоятельно устранять неисправности электрооборудования, ремонт осуществляет работник требуемой квалификации.
- Перед началом работы сварщик обязан пройти инструктаж по технике безопасности.

Освещение:

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Территория сварочного участка по монтажу и прокладке трубопровода в темное время суток должна иметь освещение в соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» и СП 155.13130.2014. Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок» [32, 37].

Для освещения сварочно-монтажных участков следует применять прожекторы на мачтах.

Осветительные устройства должны быть во взрывозащищенном исполнении в соответствии с установленными требованиями:

- не допускается применение открытых газоразрядных ламп и ламп накаливания с прозрачной колбой;
- питание устройств производится от сети переменного тока частотой 50 Гц и постоянного тока;
- мачты для установки должны обеспечиваться молниезащитой.

Согласно, ГОСТ 12.1.046-2014 «Нормы освещения строительных площадок», наименьшая освещенность должна быть 50 лк [38].

Освещение на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

Шум:

Шум стал фактором социального значения. Шум в 80 дБ снижает работоспособность, увеличивает колебания артериального давления, резко ухудшает ориентацию в пространстве и восприятие происходящего [33].

Уровень шума на рабочем месте сварщика должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). ШУМ. Общие требования безопасности.

Вредные вещества:

Эксплуатация трубопроводов не должна приводить к загрязнению окружающей среды загрязняющими веществами выше допустимых норм.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 27 согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [39].

Таблица 27 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов [39]

Название	Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Класс опасности
Твердая составляющая сварочного аэрозоля		
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%)	0,2	2
Железа оксид	6,0	3
Кремний диоксид	1,0	2
Хром (III) оксид	1,0	2
Хром (IV) оксид	0,01	1
Газовая составляющая сварочного аэрозоля		
Азот диоксид	2,0	3
Марганец оксид	0,3	2
Озон	0,1	1
Углерода оксид	20,0	4
Фтористый водород	0,5/1,0	2

Для защиты от вредного воздействия воздушных загрязнений (при превышении ПДК) работодатель обязан использовать самый последний, и самый надежный метод – применение средств индивидуальной защиты органов дыхания, кожи и глаз.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны сварщика соответствует допустимым нормам.

Климат:

Работы по монтажу нефтепровода проводятся на открытом воздухе. В зимний и летний периоды это накладывает требования по особой организации процесса работ.

В зимнее время:

- 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.
- во избежание локального охлаждения работающих следует обеспечивать рукавицами, обувью, головными уборами применительно к конкретному климатическому региону (поясу). На рукавицы, обувь, головные уборы должны иметься положительные санитарно-эпидемиологические заключения с указанием величин их теплоизоляции.
- в целях нормализации теплового состояния работника температура воздуха в местах обогрева поддерживается на уровне 21-25°C. Помещение следует также оборудовать устройствами, температура которых не должна быть выше 40°C (35 - 40°C), для обогрева кистей и стоп.
- продолжительность первого периода отдыха допускается ограничить 10 минутами, продолжительность каждого последующего следует увеличивать на 5 минут.
- в обеденный перерыв работник обеспечивается "горячим" питанием. Начинать работу на холоде следует не ранее, чем через 10 минут после приема "горячей" пищи (чая и др.).
- при температуре воздуха ниже - 30°C не рекомендуется планировать выполнение физической работы категории выше Па. При температуре воздуха ниже - 40°C следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей.

В летнее время:

- в целях профилактики перегрева работников при температуре воздуха выше допустимых величин, время пребывания на этих рабочих местах следует ограничить.
- время непрерывного пребывания на рабочем месте не адаптированному к нагревающему микроклимату, сокращается на 5 минут, а продолжительность отдыха увеличивается на 5 минут.
- 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.
- для оптимального водообеспечения работающих целесообразно размещать устройства питьевого водоснабжения (установки газированной воды-сатураторы, питьевые фонтанчики, бачки и т.п.) максимально приближенными к рабочим местам, обеспечивая к ним свободный доступ.
- для восполнения дефицита жидкости целесообразно предусматривать выдачу работающим чая, минеральной щелочной воды, клюквенного морса, молочнокислых напитков (обезжиренное молоко, пахта, молочная сыворотка), отваров из сухофруктов при соблюдении санитарных норм и правил их изготовления, хранения и реализации.

Мероприятия по организации процесса работы в летнее и зимнее время для защиты от воздействия климатических условий на сварщиков соответствует допустимым нормам.

Статическое электричество:

От накопления и опасных проявлений статического электричества защита основана на следующих принципах:

- рассеяние возникающих электростатических зарядов путем увеличения проводимости самих материалов и окружающей среды;

- уменьшение процесса генерации электрических зарядов (ограничение скорости переработки и транспортирования материалов);
- исключение опасных разрядов статического электричества (заземление проводящих объектов).

Заземление является обязательной мерой защиты от статического электричества, но на процесс накопления электростатических зарядов в диэлектриках оно практически не влияет. Повышенное внимание должно уделяться заземлению различных передвижных объектов или вращающихся элементов оборудования. Оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление в любой его точке при самых неблагоприятных условиях не превышает 106 Ом. Заземление диэлектрического оборудования может быть осуществлено нанесением на его поверхность проводящих покрытий (пленок).

На рабочем месте сварщика используемое оборудование заземлено и обеспечивает защиту от воздействия статического электричества.

Термические ожоги:

Термические ожоги могут вызывать ожог кожных покровов частей тела, лица и органов зрения. Основной причиной ожога являются брызги раскаленного металла, искры, а также поверхность металла, на котором происходила сварки.

Для защиты сварщика необходимо применение средств индивидуальной защиты таких как сварочные краги, маска, брезентовый сварочный костюм или фартук.

На рабочем месте сварщика защита от термических ожогов соответствует нормам.

Ожоги роговицы глаз:

При горении сварочная дуга испускает сильное ультрафиолетовое излучение, которое при прямом воздействии на глаза человека может вызвать ожог роговицы глаза. Для предотвращения данной ситуации сварщику при

работе необходимо использовать защитную маску, а также перед началом работы следует убедиться в отсутствии в прямой видимости людей не имеющих защитных средств для глаз (защитные маски, очки, щитки).

Укусы насекомых:

При работе на открытой местности в летнее время работники могут подвергнуться укусам различных насекомых (комаров, клещей, блох, шершней и т.д.). ГОСТ Р 12.4.296-2013 Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных) и Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции регламентируют требования к конструкции и защитным характеристикам спецодежды для работы в местах обитания насекомых и паукообразных, являющихся переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний.

Эффективность защиты может обеспечиваться различными способами (механическими, химическим или другими способами) или совокупностью способов.

Механический способ защиты основан на применении конструктивных элементов одежды и материалов, препятствующих проникновению насекомых и паукообразных к телу человека.

Химический способ защиты основан на применении инсектицидных, акарицидных, инсектоакарицидных и/или репеллентных средств, зарегистрированных в установленном порядке и разрешенных для обработки материалов, используемых для изготовления спецодежды.

Конструкция спецодежды должна обеспечивать защиту от клещей и насекомых за счет:

- плотного прилегания к телу пользователя по низу рукавов и брюк, горловине;
- отсутствия возможности проникновения клещей и насекомых к телу пользователя через застежки или вентиляционные отверстия;
- наличия капюшона;

- возможности применения двухслойного (или многослойного) пакета одежды;
- других элементов, обеспечивающих защиту.

Защитные свойства спецодежды должны сохраняться в результате ожидаемых движений (выполняемых рабочих функций) пользователя, одетого в данную одежду [40, 41].

Работодатель обязан обеспечить работников медицинской страховкой на случай укусов клещей.

На рабочем месте сварщика защита от укусов насекомых и животных соответствует нормам.

Психофизические факторы:

Основные психофизическими факторами при работе сварщиков на участке являются повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, монотонность труда, высокий уровень интенсивности деятельности.

Для предотвращения получения травм рекомендуется:

- произвести уменьшение плотности рабочего времени;
- исключить перебои в работе и настроить ритмизацию трудовых процессов;
- наладить правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

На рабочем месте сварщика защита от влияния психофизических факторов соответствует нормам.

8.3 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.

8.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии необходимо планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на сварочном участке монтажа трубопровода.

На каждом производственном участке должна находиться аптечка с необходимым запасом медикаментов и перевязочных материалов по установленному перечню, согласованному с медицинскими службами. Весь производственный персонал должен быть обучен способам оказания первой помощи, пострадавшим при несчастных случаях.

Для борьбы с паводковыми водами необходимо заготовить запас инструмента и инвентаря (лопаты, мешки с песком, лодки и т.п.). Период прохождения весеннего паводка уточняется в местных отделениях гидрометеорологической службы.

8.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Для достижения норм ПДС загрязняющих веществ со сточными водами необходимо осуществлять мероприятия по уменьшению количества сбрасываемых сточных вод и повышению глубины их очистки.

Уменьшение количества сбрасываемых сточных вод может быть обеспечено за счет повторного использования очищенных сточных вод на производственные нужды и сокращения общего потребления воды для этих целей, предотвращения утечек нефтепродуктов из-за неплотностей запорной арматуры, фланцевых, муфтовых соединений, сварных стыков, коррозионных повреждений резервуаров и трубопроводов; вследствие переливов, что

приведет к уменьшению количества загрязненных нефтепродуктами производственноливневых стоков, сбрасываемых в канализационную сеть.

В электронных и электрических приборах содержатся не мало опасных и токсичных веществ, таких как свинец, кадмий, сурьма, которые под воздействием внешних природных факторов могут нанести большой вред окружающей среде и здоровью человека.

Необходимость в профессиональной утилизации также возникает в связи с тем, что внутри микросхем, плат, содержатся детали, с определенной долей драгоценных металлов, которые требуют особого учета и контроля. Поэтому в случае несанкционированного захоронения подобные отходы представляют не только серьезную угрозу для здоровья человека из-за содержащихся в них опасных веществ, но и ведут к утере ценных компонентов, которые могут использоваться вторично.

Утилизацией отработанных микросхем оборудования занимается специализированная компания в соответствии с ГОСТ Р 55102-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами.

8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара. Источники возгорания, приводящие к пожарам на взрывопожароопасных объектах, весьма разнообразны:

- разряды атмосферного электричества;
- фрикционные искры;
- самовозгорание пирофорных отложений;
- открытое пламя и искры;

- короткое замыкание кабеля или воздушных линий электропередач, проходящих в непосредственной близости от участка монтажа трубопровода;
- преступные действия людей.

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.

К огневым работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, новообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций. Огневые работы можно производить только после выполнения всех подготовительных мероприятий, обеспечивающих полную безопасность работ. При проведении огневых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения. Баллоны со сжатым, сжиженным и растворенными газами не должны иметь контактов с электропроводящими кабелями.

Огневые работы должны проводиться исправным инструментом и заземленным сварочным оборудованием. Запрещено использовать приставные лестницы.

Огневые работы должны быть немедленно прекращены при обнаружении несоблюдения мер безопасности, предусмотренных в наряде-допуске на огневые работы, появления в воздухе рабочей зоны паров нефтепродукта или горючих газов, а также возникновении опасной ситуации.

По окончании огневых работ место их проведения должно быть тщательно проверено и очищено от раскаленных огарков, окалины или тлеющих предметов, а при необходимости залито водой.

По периметру и внутри сварочного участка должны быть вывешены знаки безопасности, определяющие противопожарный режим на их территории (запрещение разведения открытого огня, ограничение проезда автотранспорта и др.)

По пожарной и взрывопожарной опасности сварочный участок трубопровода относится к категории повышенная взрывопожароопасность (А).

8.5 Выводы по разделу

Рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места с точки зрения социальной ответственности.

Даны рекомендации по организации мероприятий по уменьшению количества сбрасываемых сточных вод и повышению глубины их очистки.

Составлен перечень рекомендуемых средств пожаротушения на территории сварочного участка.

Разработанные мероприятия возможно внедрить на территории предприятия, они позволят повысить уровень безопасности и снизить риск возникновения профессиональных заболеваний, вызванных вредными факторами.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен анализ литературы, описывающей влияние различных параметров модулированного тока на формирование соединений при механизированной сварке плавящимся электродом и на основании проведенного анализа была разработана технология сборки и сварки модулированным током неповоротного стыка труб диаметром 530 мм из стали 09Г2С.

Были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор сварочного оборудования. Составлен комплект технологической документации для разработанной технологии.

Также были разработаны разделы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность», в которых описываются экономическая состоятельность представленного режима сварки и мероприятия по снижению вероятности возникновения опасных для жизни и здоровья происшествий.

Подводя итог, можно отметить, что использование выбранной технологии сварки позволяет получить качественные сварные соединения и является более оптимальным решением, чем механизированная сварка без применения модуляции сварочного тока, при сварке участков линейных трубопроводов за счет меньших затрат на обучение сварщиков, существенного снижения количества дефектов в сварных швах и уменьшения, вводимой в сварное соединение, погонной энергии за счёт применения модулированного тока.

Список использованных источников

1. Гузенков П.Г. Детали машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд. испр. Репринтное воспроизведение издания 1986 г. – М.: Издательство Альянс. 2012. – 350 с.:ил.
2. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Управление процессом плавления и переноса при сварке в углекислом газе длинной дугой // Монография - 2009 г.
3. Потапьевский А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чиханов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с. ISBN – 978-5-4387-0171-2.
4. Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG): учебное пособие/ Юхин Н.А., Стеклова О.И. – Москва: «Соуэло», 2008. – 73 с.
5. Т.Г. Шигаев. О терминалогии сварки модулированным током // Автоматическая сварка, 1991. - №8, 21 с.
6. Князьков В.Л. Повышение эффективности ручной дуговой сварки модулированным током электродами с покрытием за счет автоматической адаптации параметров режима к технологическому процессу // Диссертация, 2006 г.
7. Ожиганов, Е. А. Оценка качества сварки модулированным током конструкционных сталей методом акустической эмиссии в режиме реального времени / Е. А. Ожиганов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 6(94). – С. 109-111.
8. Крампит А.Г., Крампит Н.Ю. Способы управления формированием сварного шва. // Технологии и материалы. – 2015. – С. 21 – 26.

9. Крампит, А. Г. Современные способы импульсно-дуговой MIG/MAG сварки / А. Г. Крампит, Е. А. Зернин, М. А. Крампит // Технологии и материалы. – 2015. – № 1. – С. 4-11.
10. Мозок В.М. Дополнительные особенности технологии дуговой механизированной и автоматической сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство – 2010 - №2
11. Павлов Н. В., Крюков А. В., Зернин Е.А. Распределение температурных полей при сварке в смеси газов с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство – 2011 - №1
12. Лебедев В.А. Математическая модель формирования капель электродного металла при механизированной дуговой сварке с импульсной подачей сварочной проволоки // Сварочное производство – 2008 - №7
13. Жерносеков А.М., Андреев В.В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (обзор) // Автоматическая сварка – 2007 - №10
14. Жерносеков А.М. Влияние вылета электрода на параметры шва при импульсно-дуговой сварке сталей // Автоматическая сварка – 2004 - №8
15. Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Усовершенствование процесса сварки в среде углекислого газа при модернизации оборудования // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2008 - №9.
16. Лащенко Г.И. Способы сварки стали плавящимся электродом // Екотехнологія, 2006 г.
17. Крампит М.А. Повышение эффективности процесса импульсного питания сварочной дуги // Сборник работ победителей отборочного тура Всероссийского смотра-конкурса научно-технического творчества студентов вузов «ЭВРИКА» - 2012 г.
18. SpeedArc: Сварка толстолистового металла в узкую разделку: сайт. – URL: <https://www.shtorm-its.ru/> (дата обращения: 26.04.2021). – Текст: электронный.

19. Коновалов А.В., Куркин А.С., Макаров Э.Л., Неровный В.М., Якушин Б.Ф. Теория сварочных процессов // Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007г, 752 с.
20. ТД «Ареал», Низколегированная сталь: Сайт, - URL: <https://areal-metal.ru/> (дата обращения: 20.10.2020). – Текст: электронный.
21. ГОСТ 19281-2014 прокат повышенной прочности. Общие технические условия: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24.10.2014 г. N 1430-ст: дата введения 2015-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113779> (дата обращения: 17.03.2021). – Текст: электронный.
22. СП 36.13330.2010 магистральные трубопроводы: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25.12.2012 г. N 108/ГС: дата введения 2013-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103173> (дата обращения: 17.03.2021). – Текст: электронный.
23. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия: Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 23.06.1970 N 952: дата введения 1973-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005429> (дата обращения: 22.03.2021). – Текст: электронный.
24. ГАЗСТРОЙСЕРВИС: сайт. – URL: <https://gazss.ru/> (дата обращения: 22.03.2021). – Текст: электронный.
25. Трущенко Е.А. Технологические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие / Е.А. Трущенко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 80 с.
26. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры: Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 апреля 1980 г. N 1876: Дата введения 1981-07-01. – URL:

- <https://docs.cntd.ru/document/1200001918> (дата обращения: 29.03.2021). – Текст: электронный.
27. Сварочные технологии: сайт. – URL: <https://www.welding-russia.ru/> (дата обращения: 03.04.2021). – Текст: электронный.
28. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ: [Принят Государственной Думой 20 июня 1997 года]: (с изменениями). – Доступ из электронного фонда Консорциум Кодекс. – Текст: электронный.
29. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, Томск 2019. – 29 с.
30. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 10.05.2021). – Текст: электронный.
31. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: Утвержден и введен в действие постановлением главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 N 2: дата введения 2021-03-01. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (дата обращения: 12.05.2021). – Текст: электронный.
32. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение: Утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 ноября 2016 г. N 777/пр: дата введения 2017-05-08. – URL:

- <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 12.05.2021). – Текст: электронный.
- 33.ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст: дата введения 2015-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения 13.05.2021). – Текст: электронный.
- 34.ГОСТ 12.1.009-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 ноября 2018 г. N 942-ст: дата введения 2019-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161311> (13.05.2021). – Текст: электронный.
- 35.ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 ноября 2018 г. N 941-ст: дата введения 2019-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения: 13.05.2021). – Текст: электронный.
- 36.Дашковский А.Г. Расчет устройства защитного заземления. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Электробезопасность» для студентов всех специальностей ЭЛТИ. Томск, изд. ТПУ, 2010. – 8 с.
- 37.СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности: Утвержден и введен в действие приказом МЧС России от 26.12.2013 г. N 837: дата введения 2014-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108948> (дата обращения: 13.05.2021). – Текст: электронный.

- 38.ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.11.2014 г. N 1644-ст: дата введения 2015-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200114236> (дата обращения: 16.05.2021). – Текст: электронный.
- 39.ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.88 N 3388: дата введения 1989-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения: 18.05.2021). – Текст: электронный.
- 40.ГОСТ Р 12.4.296-2013 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных). Общие технические требования. Методы испытаний: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. N 2118-ст: дата введения 2014-12-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107957> (дата обращения: 16.05.2021). – Текст: электронный.
- 41.Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции: Утвержден Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г.Онищенко 26.02.2009: дата введения 2009-05-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200077719> (дата обращения: 16.05.2021). – Текст: электронный.

Приложение А
(обязательное)

Комплект технологической документации

Дубл.														
Взам.														
Подл.														

ФЮРА.02190.092

6

1

ТПУ

ФЮРА.02190.001

Сборка и сварка неповоротного стыка труб

у

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
 "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

СОГЛАСОВАЛ:

Доцент

20.05.2021

Першина А.А.

УТВЕРДИЛ:

Доцент

20.05.2021

Першина А.А.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на технологические процессы сборки и сварки
 неповоротного стыка труб диаметром 530 мм

ПРОВЕРИЛ:

Доцент

17.05.2021

Першина А.А.

РАЗРАБОТАЛ:

студент группы 1В71

15.05.2021.

Иванов В.Н.

Акт №1 от 01.02.2021

ГОСТ 3.1105-84 ЕСТД

ТЛ

Титульный лист

2

Дцбл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА.02190.092					5

Разраб.	Иванов В.Н.		09.04.21
Проверил	Першина А.А.		09.04.21
Н. контр.	Першина А.А.		09.04.21

ТПУ

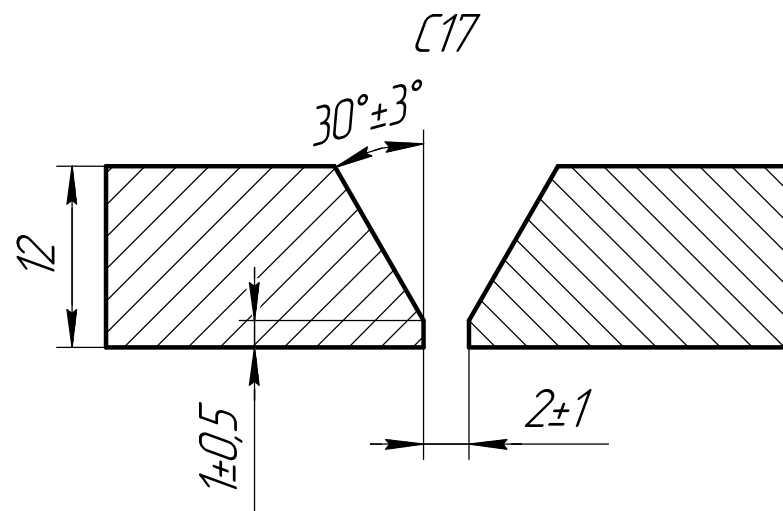
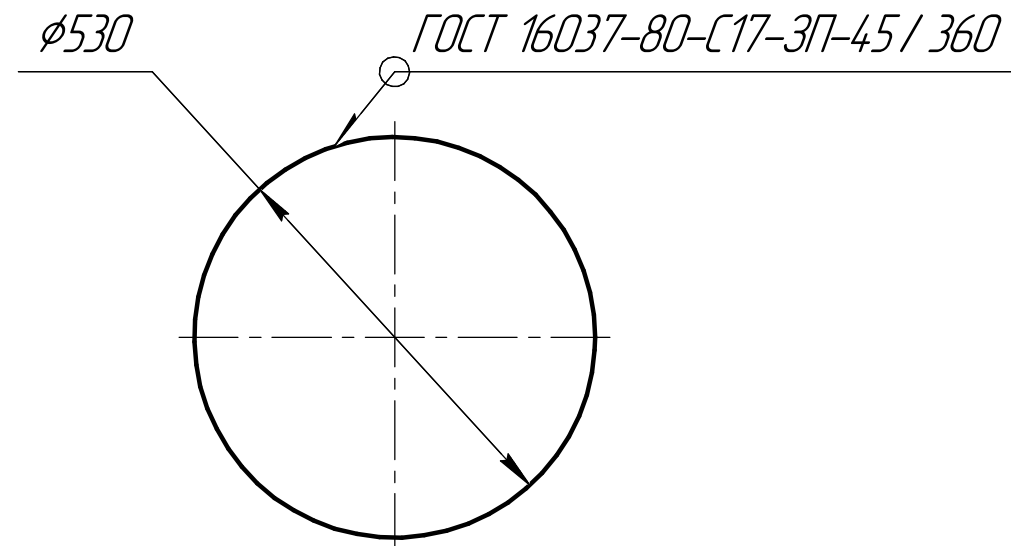
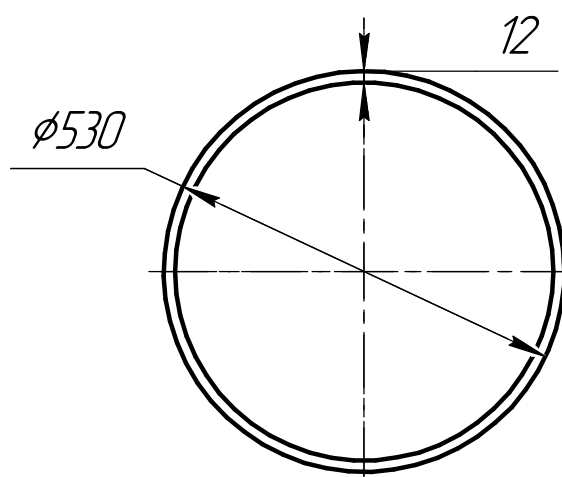
ФЮРА.20190.005

Сварка неповоротного стыка труб

У

010

015



КЭ

Дцбл.			
Взам.			
Подл.			

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

ФЮРА.02190.092

6

Разраб. Иванов В.Н. 09.04.21

Проверил Першина А.А. 09.04.21

ТПУ

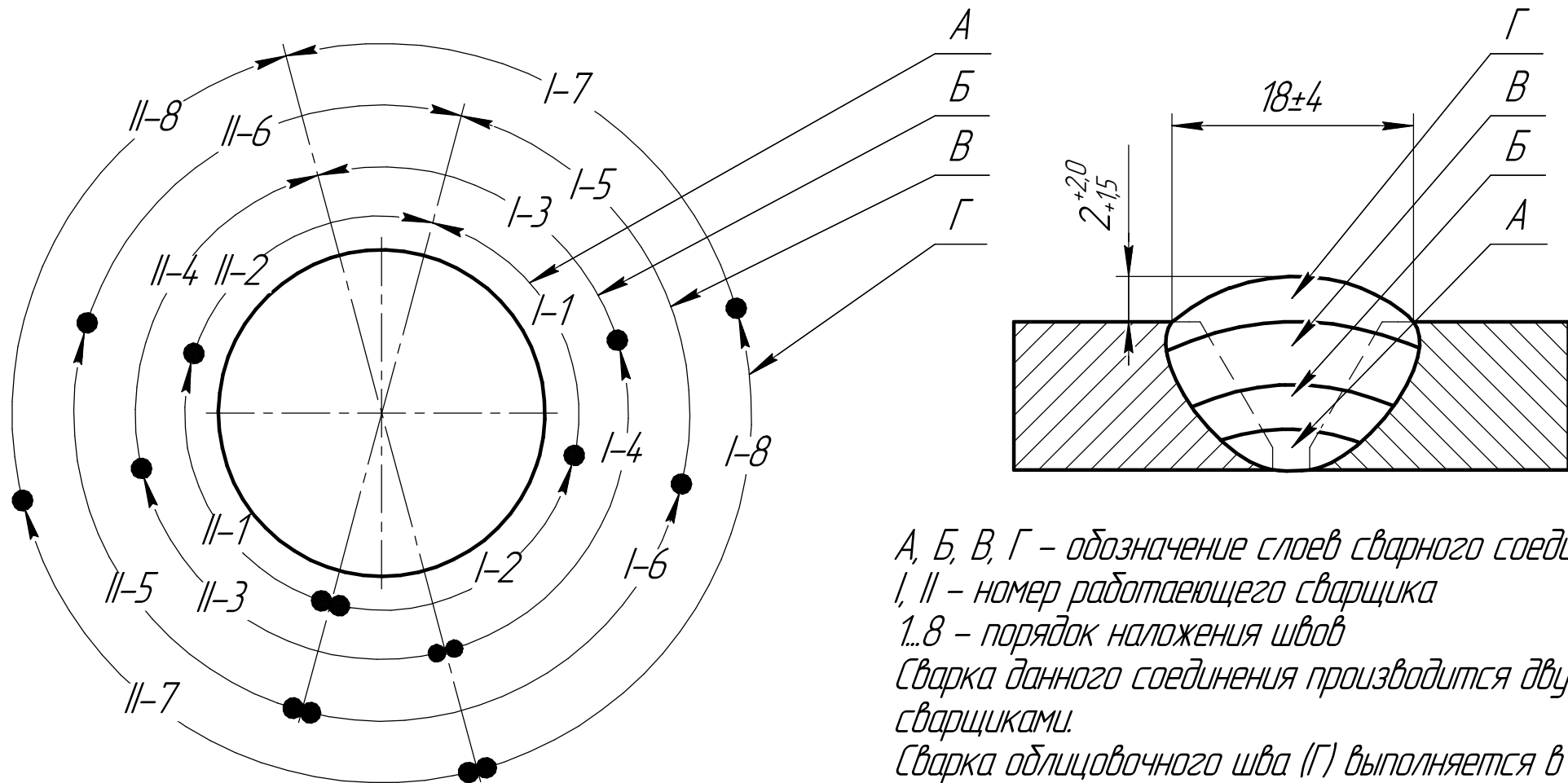
ФЮРА.20190.006

Н. контр. Першина А.А. 09.04.21

Сварка неповоротного стыка труб

У

020



А, Б, В, Г - обозначение слоев сварного соединения
 I, II - номер работающего сварщика
 1..8 - порядок наложения швов
 Сварка данного соединения производится двумя сварщиками.
 Сварка облицовочного шва (Г) выполняется в 2 прохода