

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 15.04.01. машиностроение
Отделение электронной инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Технология сборки и сварки труб диаметром 1420мм.

УДК 621.791.753.042.4:621.3.025

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Шабалин Роман Викторович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселёв А.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков А.Г.	К.И.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 Машиностроение. Машины и технологии сварочного производства.	Гнюсов С.Ф.	Д.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 15.04.01

Код результата	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий
Р2	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
Р3	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники
Р4	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента качества предприятия
Р5	Способность работать в многонациональном коллективе над междисциплинарными проектами в качестве исполнителя и руководителя
Р6	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р9	Применять глубокие знания в области конструирования сборочно-сварочных приспособлений, механизации и автоматизации сварочных процессов с учетом специфики технологии изготовления сварной конструкции
Р10	Решать инновационные задачи по сварке специальных сталей, применению современных методов неразрушающего контроля с использованием системного анализа и моделирования процессов контроля
Р11	Ставить и решать инновационные задачи по применению необходимого оборудования для контактной сварки, проектировать сварочные процессы с принципиально новыми технологическими свойствами, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 15.04.01. машиностроение
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Гнусов С.Ф.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ61	Шабалину Роману Викторовичу

Тема работы:

Технология сборки и сварки труб диаметром 1420мм.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

--	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Трубы диаметром 1420 мм, толщиной стенки 16 мм из стали 10Г2ФБЮ. Планируемое применение: для изготовления линейной части магистральных нефтепроводов в соответствии с требованиями представленными в СТО Газпром 2-2.2-115-2007.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общая часть 2. Сварочные материалы 3. Сварочное оборудование 4. Сборочно-сварочные приспособления 5. Сборка и сварка стыка 6. Выводы
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Демонстрационный материал (презентация), технологическая карта, спецификация, 2 чертежа.</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p style="text-align: center;">Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p style="text-align: center;">А. Г. Данков, доцент ТПУ, отделение социально-гуманитарных наук</p>
<p style="text-align: center;">Социальная ответственность</p>	<p style="text-align: center;">И. Л. Мезенцева, ассистент ТПУ, отделение общетехнических дисциплин</p>
<td data-bbox="896 1075 1538 1137"> </td>	
<td data-bbox="896 1146 1538 1200"> </td>	

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
<p>1. Общая часть</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</p>	<p>Киселёв А.С.</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>1ВМ61</p>	<p>Шабалин Роман Викторович</p>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ61	Шабалин Роман Викторович

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования 	<p><i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ 2. Разработка устава научно-технического проекта 	<p><i>Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.</i></p> <p><i>Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета</i></p>
---	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИИ
4. График проведения и бюджет НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков А.Г.	К.И.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Шабалин Роман Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ61	Шабалин Роман Викторович

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Технология сборки и сварки труб диаметром 1420мм. Данный вопрос актуален для сооружения и капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	Анализ выявленных вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность; – инфракрасное и ультрафиолетовое излучения – шум и вибрация – отравление вредными газами, выделяющимися при сварке; Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – поражение электрическим током; – поражение глаз и открытой поверхности кожи излучением электрической дуги; – ожоги брызгами расплавленного металла; – возникновение пожара;
2. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта на воздушную среду
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– чрезвычайные ситуации
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<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.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Шабалин Роман Викторович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 107 с., 16 рисунков, 51 таблиц, 24 источников, 1 приложение, 2 л. графич. материала.

Ключевые слова: Корневой шов, магистральный нефтепровод, сварка в защитных газах, сварочные материалы, оборудование.

Цель работы - разработка технологии и технико-экономического обоснования сборки и сварки магистрального трубопровода.

В процессе работы был проведен сравнительный технико-экономический анализ сварки корневого слоя шва двумя способами сварки. Используемая технология, ручная дуговая сварка покрытыми электродами и предлагаемая – механизированная сварка в среде защитных газов.

Достигнутые технико-экономические показатели: экономия времени на сварке корневого слоя.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 с использованием графического редактора Компас-3D V17.

В ВКР использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СТО Газпром 2-2.2-115-2007 - Инструкция
по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 мпа включительно
2. СНиП 2.05.06-85*- Магистральные трубопроводы.
3. СТО Газпром 2-2.2-115-2007 - Инструкция
по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 мпа включительно.
4. ГОСТ 8050 – 85 – Двуокись углерода газообразная и жидкая.
5. ГОСТ 12.1.005-88 - Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху
рабочей зоны.
6. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ Пожарная безопасность. Термины и определения.
7. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые уровни
напряжений прикосновения и токов.
8. ГОСТ 17.4.3.04-85 - Охраны природы. Почвы. Общие требования к
контролю и охране от загрязнения.
9. ТУ 14-105-644-2000 - Технология производства толстолистового
проката из стали 10Г2ФБЮ для соединительных деталей магистральных
газопроводов.
10. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 – Шум на рабочих местах, в помещениях
жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
11. ГОСТ 12.1.007.0–75 - Система стандартов безопасности труда.
Оборудование электротехническое.
12. ГОСТ 12.1.005–88 – Общие санитарно-гигиенические требования
к воздуху рабочей зоны.

Список основных обозначений и сокращений

Сэкв - углеродный эквивалент

σ_B - Предел прочности

σ_T - Предел текучести

δ - Относительное удлинение

KCV - Ударная вязкость

The abstract

Final qualifying work 118 with., 16 drawings, 51 tables, 24 sources, 1 appendices, 2 page graphics material.

Keywords: root weld, the main pipeline, welding in protective gases, welding materials, the equipment.

The work purpose - working out of technology and the feasibility report on assemblage and welding of two lashes of the main pipeline consisting of two one-tubes.

In the course of work the comparative technical and economic analysis of procooking of a root layer of a seam has been carried out by two ways of welding. Used technology, manual arc welding by the covered electrodes and offered - the mechanised welding in the environment of protective gases.

The reached technical and economic indicators: economy of time on welding of a root layer.

Final qualifying work is executed in text editor Microsoft Word 2016 with use of graphic editor Kompas-3D V17.

Оглавление

	С
Введение.....	13
1. Общая часть	14
1.2 Описание сварной конструкции.....	14
1.3 Материал сварной конструкции.....	15
1.4 Выбор способа сварки	17
1.4.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.....	18
1.4.2 Сварка в защитных газах плавящимся электродом (метод STT)..	18
1.5 Особенность применения сварки методом STT	19
2. Сварочные материалы	22
2.1 Обоснование выбора сварочных материалов	23
2.2 Характеристики выбранных сварочных материалов	27
3. Сварочное оборудование.....	29
3.1 Оборудование для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (метод STT)	31
3.1.1 Источник питания	31
3.1.2 Подающий механизм	33
3.1.3 Сварочная горелка.....	34
3.2 Оборудование для автоматической сварки в среде защитных газов плавящимся электродом.....	35
3.2.1 Источник питания	35
3.2.2 Сварочная головка М-300С.....	37
4. Сборочно-сварочные приспособления.....	39
4.1 Приспособление для сборки и центровки труб	39
4.2 Приспособление для перемещения труб	40
5. Сборка и сварка стыка	42
5.1 Подготовка кромок деталей под сварку	42
5.2 Сборка стыка	43

5.3 Предварительный подогрев кромок.....	44
5.4 Режимы сварки корневого слоя шва механизированной сваркой плавящимся электродом (метод STT).....	44
5.5 Режимы сварки заполняющих слоев автоматической сваркой в среде защитных газов плавящимся электродом	46
5.6 Визуально-измерительный контроль.....	46
6. Организационно-экономическая часть	47
6.1 Определение норм времени при сварке корневого слоя шва предлагаемыми способами	48
6.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки	55
6.2.1 Первая экономическая ситуация	55
6.2.2 Вторая экономическая ситуация.....	61
6.3 Анализ конкурентных технических решений.....	69
6.4 SWOT – анализ.....	71
6.5 Планирование управления научно-техническим проектом	74
6.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	77
7. Социальная ответственность	80
7.1 Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	80
7.1.1 Инфракрасное и ультрафиолетовое излучения.....	81
7.1.2 Шум и вибрация	82
7.1.3 Электрическая безопасность.....	83
7.1.4 Сосуды, работающие под давлением	84
7.2 Экологическая безопасность	85
7.2.1 Воздушная среда и микроклимат производственного помещения	85
7.2.2 Охрана окружающей среды.....	87
7.3 Чрезвычайные ситуации	88
7.3.1 Отдел по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям.....	88
7.3.2 Пожарная безопасность и мероприятия по ее обеспечению	89
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	91
8. Заключение	93

Введение

Географически районы добычи и потребления нефти и газа разделены значительными расстояниями, поскольку основные запасы полезных ископаемых сосредоточены на Севере и на Востоке нашей страны, а главными их потребителями являются центральные и западные регионы. В связи с этим, одной из наиболее существенных является проблема транспортировки нефти и газа. Безусловным лидером среди различных способов доставки является трубопроводный транспорт [1].

Любое строительство начинают с проектной документации. Проектная документация включает в себя технологический расчет трубопровода, расчет режимов эксплуатации, определение транспортной схемы, определение границ осуществления строительства, определение числа малых переходов через естественные и искусственные преграды, определение числа транспортных средств и т.д.

Объектами строительства являются:

- линейная часть с ответвлениями и запорной арматурой;
- компрессорные станции;
- начальный и конечный терминалы;
- камеры запуска и приемки скребков и сканеров.

Одной из особенностей строительства линейной части магистральных трубопроводов является повторяемость сборки и сварки стыков. Благодаря тому, что операции по сборке и сварке повторяются на каждом последующем стыке, работа приобретает поточный характер. Определяющим фактором при строительстве магистральных трубопроводов является поток сварочно-монтажных работ, время необходимое для завершения строительства напрямую зависит от их выполнения.

Для увеличения темпов строительства на линейных участках ведут сварку двухтрубных секций. Сборку и сварку секций из однострубок

производят на трубосварочной базе (ТСБ), что значительно упрощает и удешевляет строительство, а также сокращает время, затрачиваемое на монтаж.

Для увеличения скорости строительства на трассе используют двусменный график работы, сварочную колонну комплектуют несколькими сварочными палатками. За каждой палаткой и оборудованием закрепляют сварщиков. Каждый сварщик в своей палатке выполняет только свой проход, для своевременного обнаружения причины возникновения браков.

Целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки магистрального трубопровода, а также его технико-экономическое обоснование.

1. Общая часть

1.2 Описание сварной конструкции

Для сооружения и капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов используются электросварные прямошовные и спиральношовные трубы диаметром 1420 мм. Трубы должны соответствовать требованиям по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа включительно [2].

При строительстве линейной части сварочной колонной производится монтаж и сварка двухтрубных секций. Сварная конструкция ФЮРА 01090.00001 представляет собой двухтрубную секцию. Данную двухтрубную секцию приваривают к нитке нефтепровода. Нитка нефтепровода представляет собой некоторый набор собранных и сваренных линейных участков. На рисунке 1 предоставлено расположение трубы на деревянных лежках.

Во избежание повреждения изоляции и для свободного доступа к стыку в потолочном положении, укладка сваренной нитки производится

вдоль траншеи на деревянных лежках с прокладками из дарнита (специальный нетканый материал) или резины. В зависимости от свойств грунта и угла наклона к горизонту число подкладываемых лежек может варьироваться.

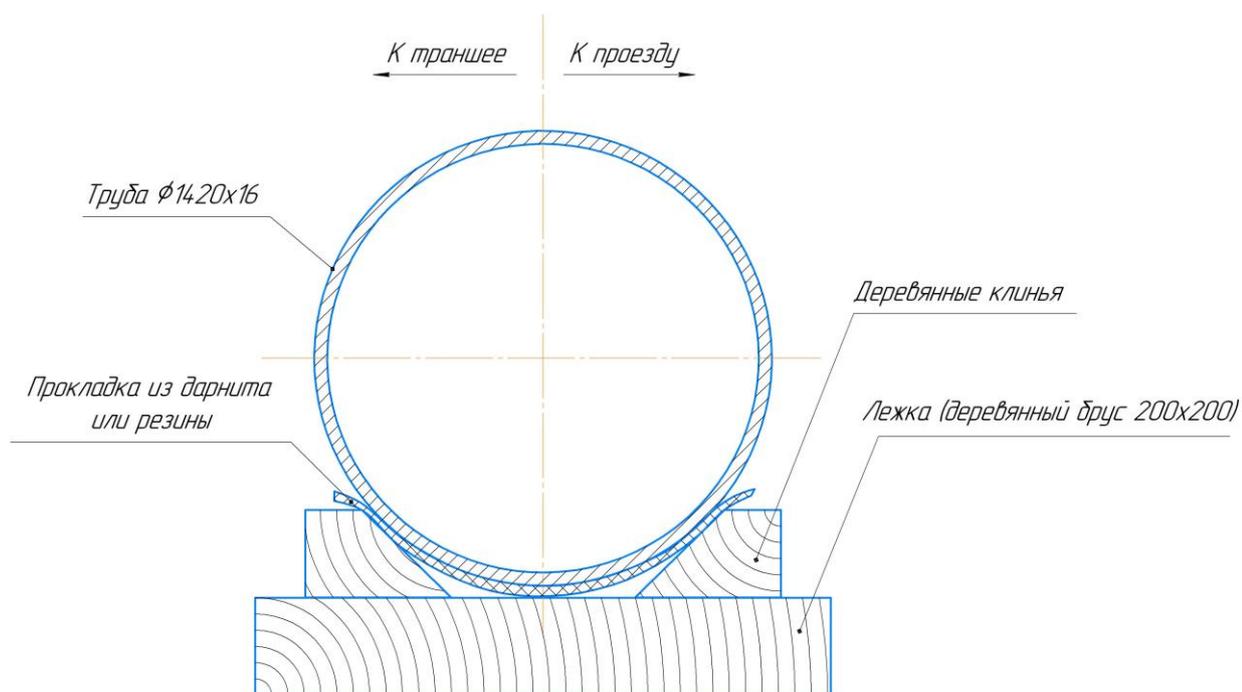


Рисунок 1 – Расположение трубы на деревянных лежках

1.3 Материал сварной конструкции

Трубы для магистральных нефтепроводов изготавливают разных категорий прочности до К65 включительно. Конкретный химический состав стали определяют по согласованию между Заказчиком и Производителем труб в зависимости от категории прочности, исполнения (обычное, хладостойкое) и технологии изготовления труб. Химический состав применяемых сталей должен соответствовать требованиям стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке [3].

Низколегированная сталь 10Г2ФБЮ относится к разряду хорошо изученных перлитных трубных сталей, легированных ниобием и ванадием,

получивших широкое практическое применение в производстве магистральных нефтепроводов.

Оптимальное сочетание прочностных, пластических и вязкостных свойств данной стали достигается в результате контролируемой прокатки, предусматривающей низкотемпературный нагрев и значительные обжатия раската при низких температурах в клетях листового или широкополосного стана.

В горячекатаном состоянии прокат всех толщин отличается однородностью прочностных, пластических и вязкостных свойств. Высокие прочностные характеристики наглядно свидетельствуют, об эффективном дисперсионном упрочнении стали ниобием и ванадием в результате горячей прокатки по выбранному режиму.

Пониженное содержание углерода в стали, благодаря совершенствованию технологии выплавки и прокатки, обеспечивает хорошую свариваемость стали категории прочности К60 — углеродный эквивалент (Сэкв) не превышает 0,43, а параметр против растрескивания при сварке не превышает 0,18.

Таблица 1 - Механические свойства проката из стали 10Г2ФБЮ

Временное сопротивление σ_b , МПа	Предел текучести σ_t , МПа	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость при температуре -40°C , Дж/см ²
590-690	460-580	20	43

Таблица 2 - Химический состав стали 10Г2ФБЮ

C, %	Mn, %	Si, %	Al, %	S, %	P, %	V, %	Nb, %	Ti, %	C, % экв
0,09-0,12	1,55-1,75	0,15-0,5	0,02-0,05	н.б. 0,006	н.б. 0,02	0,08-0,12	0,02-0,05	0,01-0,035	0,43

«Челябинский трубопрокатный завод» производит сварные прямошовные трубы диаметром 1420 мм и толщиной стенки 16 мм из листов стали 10Г2ФБЮ по ГОСТ 10706-76. Данные трубы имеют заводскую разделку кромок и трехслойную изоляцию.

Каждая партия труб должна иметь сертификат завода – изготовителя с указанием регламентируемых техническими условиями приемо-сдаточных характеристик. Каждая труба должна иметь паспорт, оформленный организацией, осуществляющей технический надзор за производством труб.

1.4 Выбор способа сварки

Сварку стыков линейной части нефтепроводов следует выполнять одним из следующих способов или их сочетанием [4]:

- ручной электродуговой сваркой покрытыми электродами;
- механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой;
- механизированной сваркой в среде углекислого газа проволокой сплошного сечения методом STT;
- автоматической сваркой в среде защитных газов проволокой сплошного сечения;
- автоматической сваркой под флюсом;

Процесс сварки стыка разделяют на три этапа:

- сварка корневого слоя шва;
- заполняющие проходы;
- сварка облицовочного шва.

В выпускной квалификационной работе предложено осуществлять сварку двумя способами. В начале сваривают корневой слой шва, потом сварку заполняющих проходов и облицовочного шва.

Наиболее ответственной процедурой сварки, является сварка корневого шва, где следует строго контролировать такие процессы как, сплавление, проплавление, формирования обратного валика, поэтому при

выборе способа сварки следует выбирать способы сварки, где сварщик вручную производит формирование шва. Для сваривания корневого слоя шва используют сварку покрытыми электродами и механизированную сварку в среде углекислого газа проволокой сплошного сечения методом STT. Для определения наиболее оптимального способа сварки были приведены достоинства и недостатки обоих способов.

1.4.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

Преимущества способа:

- возможность сварки в труднодоступных местах;
- быстрота смены электродов;
- мобильность.

Недостаток способа:

- низкая производительность;
- большие расходы материалов на огарки и разбрызгивание;
- самый тяжёлый способ по технике исполнения;
- необходимость подготовки электродов (прокалка);
- многофакторность качества.

1.4.2 Сварка в защитных газах плавящимся электродом (метод STT).

Преимущества способа:

- высокая степень концентрации дуги, обеспечивающая минимальную зону структурных превращений и небольшие деформации изделия;
- высокая производительность;
- высокоэффективная защита расплавленного металла;
- возможность визуального наблюдения за формированием шва;
- отсутствие операции по удалению шлака;
- минимальное разбрызгивание;

– значительное снижение дымообразования;

Недостатки способа:

– применение газовой аппаратуры;

– применение защиты против световой и тепловой радиации дуги;

– замерзание газовых коммуникаций и направляющего канала проволоки при низких температурах;

– вредное воздействие защитного газа на здоровье сварщика;

– дороговизна оборудования.

Для сварки заполняющего и облицовочного проходов, напротив, для прямолинейности шва, и равномерной чешуйчатости необходимо стабильное поперечное колебание и подача электрода в сварочную ванну.

1.5 Особенность применения сварки методом STT

Процесс STT — это инновационный метод сварки, основанный на переносе металла за счет сил поверхностного натяжения (Surface Tension Transfer™ — STT). Разработанный компанией Lincoln Electric (Линкольн Электрик) процесс STT – это технология сварки, использующая быстродействующую адаптивную схему управления эппорой сварочного тока (Waveform Control Technology™), пример показан на рисунке 2.

Отличительной особенностью данного процесса является то, что при сварке по способу STT перенос электродного металла в сварочную ванну осуществляется при минимуме действия на каплю электродинамической силы (силы Пинч-эффекта), т.е. переход капли в сварочную ванну осуществляется под действием сил поверхностного натяжения расплавленного металла на поверхности капли. В способе STT это достигается за счет сложной циклограммы изменения тока и напряжения на дуге. Разрыв перемычки между каплей и электродной проволокой, а также повторное зажигание дуги осуществляется также за счет сложной циклограммы тока и напряжения на дуге. Такой подход позволяет

контролировать вязкость расплавленного металла сварочной ванны, уравнивать силы, действующие на сварочную ванну, размеры и поверхностное натяжение металла сварочной ванны и таким образом эффективно формировать обратный валик.

Главными особенностями сварочного процесса STT являются:

– Величина сварочного тока регулируется автоматически в зависимости от требований сварочной дуги.

– Время реакции системы на изменения, происходящие в сварочной ванне, составляет единицы микросекунд.

– Параметры дуги оптимизируются в каждый момент времени в течение всего процесса образования и переноса каждой капли расплавленного металла с электрода в сварочную ванну.

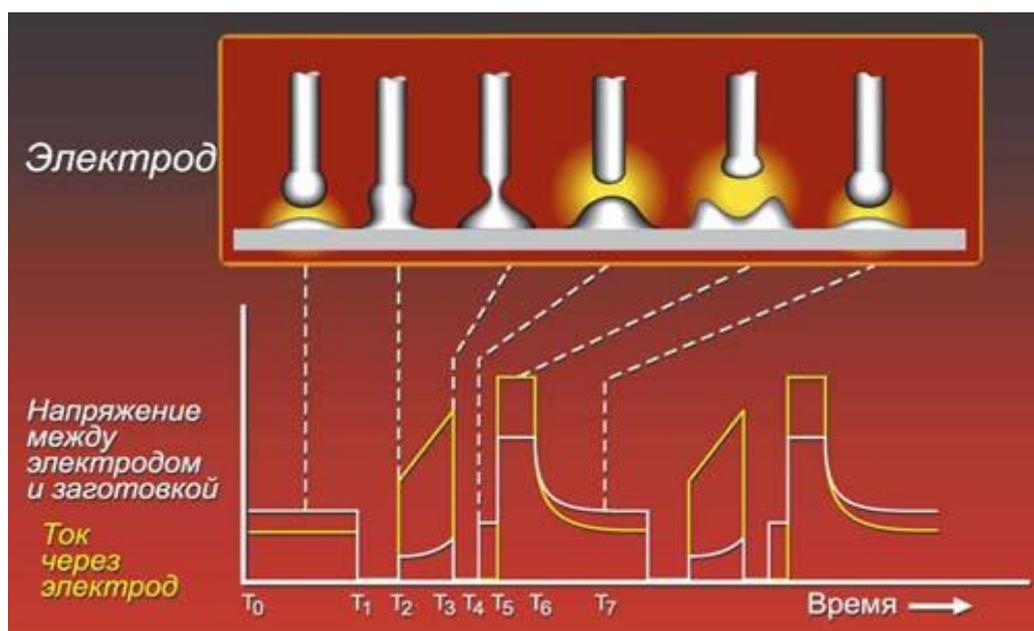


Рисунок 2 – Схема действия тока и напряжения при переносе металла при сварке методом STT

T_0 – T_1 — базовый ток — это постоянное значение тока дуги до короткого замыкания со сварочной ванной может быть установлено между 50 и 100А.

T1–T2 — формирование капли — при первом же замыкании электрода на сварочную ванну при базовом токе детектор разности потенциалов на дуге обнаруживает это замыкание. Базовый ток снижается до значения 10А и удерживается в этом значении примерно 0,75мсек.

T2–T3 — в этом интервале времени происходят:

а). Обжатие капли — вслед за формированием капли ток на закороченном электроде возрастает. Перенос расплавленного металла в сварочную ванну ускоряется за счёт эффекта обжатия. Электрическое сопротивление между электродом и каплей в этой фазе не равно нулю ввиду высокого сопротивления металла, нагретого до температуры плавления.

б). Вычисление скорости изменения напряжения — сечение шейки, соединяющей электрод с каплей, на этой фазе уменьшается ввиду обжатия, и сопротивление шейки растёт. Пропорционально росту сопротивления меняется и разность потенциалов. Достижение скоростью изменения напряжения определённого значения указывает на то, что сечение достигло критического значения и капля готова отделиться. Ток уменьшается до 5А в течение микросекунд. Это происходит до того, как электрод выходит из короткого замыкания со сварочной ванной.

T4 — отделение капли — собственно отделение капли происходит в момент T4 при низком токе. После того как шейка между каплей и электродом сильно сужается, уменьшается сила поверхностного натяжения, действующая на каплю со стороны электрода. Происходит мягкое отделение капли и её плавное соединение со сварочной ванной — за счёт превосходящих сил поверхностного натяжения, действующих на каплю со стороны сварочной ванны.

T5–T6 — рост плазменного столба — непосредственно за отделением капли и прерыванием короткого замыкания между электродом и сварочной ванной на электрод подаётся высокий ток, вызывающий активизацию плавления электрода и поддерживающий длину дуги. Форма плавящегося участка электрода в этот момент весьма прихотлива. Реактивные силы,

действующие на электрод со стороны катода — сварочной ванны, — поджимают вверх начавшую формироваться каплю, удлиняя дугу и исключая возможность преждевременного возникновения короткого замыкания. Одновременно высокое значение тока, действующее на этой фазе, выполняет задачу улучшения сплавления и смачивания, на короткое время расширяя дугу и вызывая сильный эффект катодного прогрева. При традиционном же процессе увеличение тока для улучшения сплавления порождает серию неуправляемых коротких замыканий, образуя огромное количество сварочных брызг.

T6–T7 — стабилизация — в этой фазе цикла ток дуги плавно снижается до базового значения, предотвращая ведущий к перемешиванию сварочной ванны бросок из-за внезапного резкого изменения величины электродинамических сил, действующих на сварочную ванну.

2. Сварочные материалы

При сварке магистральных трубопроводов рекомендуется использовать материалы [4]:

- электроды с основным и целлюлозным видами покрытия для ручной дуговой сварки;

- сварочные проволоки сплошного сечения для автоматической и механизированной сварки в среде защитных газов и автоматической сварки под флюсом;

- порошковые проволоки для автоматической сварки в среде защитных газов;

- защитные газы – аргон газообразный, двуокись углерода газообразная и их смеси – для автоматической и механизированной сварки;

Все использованные материалы подлежат обязательной аттестации.

2.1 Обоснование выбора сварочных материалов

Современный этап развития трубопроводного транспорта характеризуется дальнейшим повышением давления перекачиваемого продукта, ростом темпов, качества и надежности строительства трубопроводов. Повышение давления продукта до 9.8 МПа и более без увеличения металлоемкости трубопровода обеспечивается, прежде всего, за счет использования современных трубных сталей классов прочности К60 и К65. Для обеспечения эксплуатационной надежности трубопроводов, сооружаемых из таких сталей, необходимо применение специальных технологий сварки и сварочных материалов, которые, наряду с равной прочностью сварных стыков металлу труб, гарантируют высокие вязко-пластические свойства металла шва, особенно при отрицательных температурах. Рост темпов строительства достигается как за счет применения полуавтоматических или автоматических способов сварки, так и за счет организации выполнения сварочно-монтажных работ поточно-расчлененным методом. Суть этого метода заключается в максимально возможном расчленении операций при сварке неповоротных стыков труб. При этом общий темп сварки труб в нитку определяется временем сборки и сварки первого (корневого) слоя шва, а общая трудоемкость - затратами времени на сварку корневого и остальных слоев шва стыка труб и общей численностью персонала, выполняющего сварку. Таким образом, чем выше скорость сварки и производительность наплавки, тем меньше материальных и трудовых ресурсов необходимо для сварки стыков труб.

В современной практике строительства трубопроводов существует два полярных способа (приема) электродуговой сварки неповоротных стыков труб: «снизу- вверх», или «на подъем», и «сверху- вниз», или «на спуск». Доказано, что процесс сварки «на спуск» более производительный, чем «на подъем», так как позволяет повышать сварочный ток на 30-90 %, при этом увеличиваются скорость сварки и производительность наплавки. Поэтому при использовании практически всех высокопроизводительных технологий электродуговой сварки,

включая полуавтоматические и автоматические, неповоротные стыки труб сваривают способом «на спуск».

В мировой практике строительства трубопроводов сварка «на спуск» широко реализуется при организации работ поточно-расчлененным методом за счет применения высокопроизводительных электродов с целлюлозным покрытием (высоководородистые, органические). Однако использование электродов с целлюлозным покрытием для сварки всех слоев шва во многих случаях запрещено или ограничено из-за получения металла шва с низкими вязкопластическими свойствами. Указанный запрет на применение электродов с целлюлозным покрытием действует при низких (отрицательных) температурах монтажа и эксплуатации трубопроводов.

Альтернативой электродам с целлюлозным покрытием являются электроды с основным покрытием (низководородистые, фтористо-кальциевые), обеспечивающие сварку «на спуск». Металл шва, наплавленный такими электродами, имеет низкое содержание водорода и немаetalлических включений, обеспечивает высокие вязкопластические показатели при отрицательных температурах [1]. По этой причине только электроды с основным покрытием разрешены и рекомендованы для сварки трубопроводов в северных районах, сварки труб, изготовленных из новых высокопрочных сталей.

Сварка стыков трубопроводов электродами с основным покрытием в положении сверху вниз возможна только на постоянном токе, обратной полярности. Источники питания сварочной дуги должны иметь падающую характеристику и высокое напряжение холостого хода.

В настоящее время для сварки «на спуск» на рынке предлагаются такие марки электродов с основным покрытием, как LB-52U, LB-62U, LB-78VS, FOX BVD 85, FOX BVD 90, FOX BVD 100, FOX BVD 110 и другие.

Механизированную сварку методом STT следует производить омедненной проволокой сплошного сечения. При выборе проволоки следует

учитывать ее прочностные и пластические свойства. В качестве защитного газа применяют двуокись углерода высшего сорта. [6]

Таблица 3 – Проволоки сплошного сечения для механизированной сварки в среде защитных газов методом STT

№п/п	Назначение	Марка проволоки	Диаметр, мм	Фирма производитель
1.	Для сварки корневого слоя шва стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 637 МПа	Super Arc L-56	1,2	Lincoln Electric (США)
2.		Pipeliner 80S-G*	1,2	Lincoln Electric (США)
3.		OK Autrod 12.66	1,2	ESAB (Швеция)
Примечание: * проволока обеспечивает повышенные вязко-пластические свойства и ударную вязкость металла шва.				

Таблица 4 - Физико-химические показатели CO₂ [6]

Наименование показателя	Норма	
	высший сорт	первый сорт
1. Объемная доля двуокиси углерода (CO ₂), %	99,8	99,5
2. Объемная доля окиси углерода (CO)	Окись углерода должна практически отсутствовать	
3. Содержание минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более	0,1	0,1
4. Содержание водяных паров при температуре 20° С и атм. давлении 760 мм рт. ст., г/см ³ , мг/кг	0,037	0,184

Для автоматической сварки заполняющих и облицовочного слоев шва стыков труб, следует использовать порошковые проволоки, приведенные в таблице 5. Применение порошковой проволоки позволяет снизить трудоемкость и повысить качество сварных соединений при трубопроводном строительстве.

Таблица 5 – Порошковые проволоки для автоматической сварки в среде защитных газов

п/п	Назначение	Марка проволоки	Диаметр, мм	Фирма производитель
1.	Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва стыков труб из стали с нормативным пределом прочности от 550 до 600 МПа	Pipelinер Autoweld G70M*	1,2	Lincoln Electric (США)
2.		PX 701	1,4	ESAB VAMBERG (Чехия)
3.		OK Tubrod 15.19*	1,2	ESAB (Швеция)

Примечание: * проволока обеспечивает повышенные вязко-пластические свойства и ударную вязкость металла шва.

Порошковая проволока состоит из малоуглеродистой ленты, свернутой и протянутой в трубочку диаметром 2–3 мм, заполненную порошкообразным наполнителем. Наполнитель состоит из смеси минералов, руд, ферросплавов металлических порошков, химикатов и других материалов, сгорание которых при сварке обеспечивает защиту зоны сварки от воздействия окружающей среды.

В качестве защитного газа для сварки всех слоев шва используется готовая смесь 75% Ar + 25% CO₂. Используемые в смеси защитные газы должны соответствовать требованиям [6], таблица 6

Таблица 6 – Технические характеристики сварочных смесей аргона и углекислого газа

Параметры	Значение параметра		
Массовая доля влаги	Не более 0,008 %		
Объемная доля азота	Не более 0,01%		
Объемная доля углекислого газа	15 ± 1,5%	25 ± 2,5%	50 ± 5%

Объемная доля аргона	остальное	остальное	остальное
----------------------	-----------	-----------	-----------

2.2 Характеристики выбранных сварочных материалов

Описание электродов BÖHLER FOX BVD 90. Электрод с основным покрытием BÖHLER FOX BVD 90 разработан для сварки высокопрочных сталей К60, К70 в положении сверху вниз. Отличные механические свойства наплавленного металла и сварочно-технологические характеристики делают электрод незаменимым при сварке труб с толщиной стенок >14 мм или в тех случаях, когда необходимо достижение высокой ударной вязкости.

Низкое содержание водорода в наплавленном металле ($HD < 5$ мл/100 г) предотвращает образование индуцированных водородом холодных трещин. Коэффициент перехода металла в шов 110 %. Электрод позволяет проводить сварку на высоких токах, производительность наплавки сравнима с производительностью электродов с целлюлозным покрытием. В таблице 7, 8 представлены свойства металла шва, наплавленного электродами BÖHLER FOX BVD 90.

Таблица 7 – Химический состав наплавленного металла

Марка электрода	Диаметр, мм	C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %
BÖHLER FOX BVD 90	3,2	0,04	0,3	1,2	2,2	Max 0,02	Max 0,03

Таблица 8 – Механические свойства наплавленного металла

Марка проволоки	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² (-20°C)
BÖHLER FOX BVD 90	650	600	27	130

Выбранная проволока сплошного сечения Pipeliner 80S-G Lincoln Electric (США) характеризуется высокими вязкопластическими свойствами благодаря повышенному содержанию марганца. Данная проволока предназначена для сварки в любом пространственном положении. Отсутствие порошка в проволоке упрощает условия хранения, транспортировки и использования. Омедненное покрытие, нанесенное на поверхность проволоки, позволяет уменьшить трение и износ направляющего канала; улучшить электрический контакт между токоподводящим наконечником и проволокой; защитить металл проволоки от коррозии. Поставка проволоки в герметичной упаковке исключает необходимость прокалки и упрощает условия хранения.

Таблица 9 – Химический состав наплавленного металла

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
Pipeliner 80S-G Lincoln Electric (США)	1,2	0,08	1,1	1,7	0,009	0,016

Таблица 10 – Механические свойства наплавленного металла

Марка проволоки	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относит. Удлинение δ , %	Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² (-20°C)
Pipeliner 80S-G Lincoln Electric (США)	570	475	25	70

Описание порошковой проволоки Pipeliner Autoweld G80M (Lincoln Electric, США). Порошковая проволока разработана для сварки высокопрочных сталей К60, в любом пространственном положении сварочными головками М300 (М300С) в смеси защитных газов (Ar+CO₂).

Отличные механические свойства наплавленного металла, хорошая пластичность и сварочно-технологические характеристики позволяют без проблем сваривать трубы с толщиной стенок >14 мм при заполняющих проходах и облицовке. Наличие порошка в сечении проволоки способствует дополнительному раскислению и защите металла сварочной ванны. Поставляется в герметичной упаковке весом 5 и 15 килограмм. В таблице 11, 12 представлены свойства металла шва, наплавленного порошковой проволокой Pipeline Autoweld G70M.

Таблица 11 – Химический состав наплавленного металла

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
Pipeliner Autoweld G70M (Lincoln Electric)	1,2	0,05	0,52	1,4	Max 0,013	Max 0,011

Таблица 12 – Механические свойства наплавленного металла

Марка проволоки	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относит. удлинение δ , %	Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² (-20°C)
Pipeliner Autoweld G80M (Lincoln Electric)	578	529	30	100

3. Сварочное оборудование

Все сварочное оборудование, используемое для сварки стыка, должно пройти аттестацию и соответствовать требованиям руководящих документов [13].

Для сварки неповоротного стыка остановим выбор на сварочном оборудовании фирмы «Lincoln Electric®», которое по статистике имеет наименьшее количество поломок в процессе работы в полевых условиях.

Преимущества сварочного оборудования «Lincoln Electric®»:

- надежность в тяжелых полевых условиях эксплуатации проверена временем;
- номинальный режим определен для ПВ 100%; -для каждого способа сварки переключением тумблера выбирается своя оптимизированная внешняя характеристика;
- электронная и термостатическая защита от перегрузок;
- качество сборки, пропитки силовых элементов, защита электронных компонентов обеспечивают стойкость выпрямителей в тяжелых условиях эксплуатации;
- встроенные цепи питания подающих механизмов и дополнительного электроинструмента;
- гарантийный период 3 года;
- автоматическое срабатывание вентилятора.

Механизированная сварка в среде защитных газов методом STT возможна при использовании специализированного источника питания Invertec STT II в совокупности с механизмом подачи проволоки LN-25 и сварочной горелкой Magnum 300.

Для автоматической сварки в среде защитных газов неповоротных стыков труб, рекомендуют использование сварочных головок M300 (M300-C). В качестве источника питания для головок использовать Idealarc DC-400 (Lincoln Electric®). Выпрямитель «Idealarc DC-400» является универсальным источником. Применяется для ручной дуговой сварки электродами с основным и целлюлозным видами покрытия, полуавтоматической сварке, автоматической сварке в защитных газах и аргонодуговой сварке неплавящимся электродом [13].

3.1 Оборудование для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (метод STT)

3.1.1 Источник питания

Инверторный источник сварочного тока Invertec STT II благодаря использованию технологии STT основанной на управлении тока эмпорой тока (Waveform Control), позволяет резко снизить уровень разбрызгивания и дымообразования, исключить прожоги и сварить детали, не заботясь о точности подгонки кромок. Эти особенности аппарата повышают производительность и гарантируют выполнение чистого высококачественного сварного шва. Сварка конструкций с помощью этого процесса характеризуется отсутствием коробления изделия, гарантированным проваром без прожогов и значительным сокращением времени обработки после сварки.



Рисунок 3 – Внешний вид инверторного источника питания Invertec STT II фирмы (Lincoln Electric®)

Применение микропроцессорной техники позволяет быстро отстроить величину сварочного тока, а точный контроль тока в течение всего сварочного цикла минимизирует или совсем исключает основные недостатки сварки сплошной проволокой короткими замыканиями. В источнике установка сварочного тока и скорости подачи проволоки выполняются независимо. Установка значения пикового тока позволяет регулировать длину дуги и достигать хорошего сплавления. Установка значения базового тока определяет форму шва и общее тепловложение.

Совместно с STT II могут использоваться различные сварочные материалы, включающие сплошную и порошковую проволоку для сварки обычных и нержавеющей сталей, никелевых сплавов, а так же позволяет применять проволоку большего диаметра, чем при традиционном процессе, и повысить скорость сварки. Источник позволяет решить проблемы с высоким уровнем разбрызгивания и дымообразования, прожогами, регулировкой тепловложения, плохой сборкой стыка, а также осуществлять ремонт сварного соединения.

Преимущества источника питания Invertec STT II :

- инновационный метод STT II;
- точный контроль вводимого тепла;
- быстрая сварка с низкими затратами;
- отличная работа при сварке корня шва;
- контроль значений пикового и базового тока;
- Возможность программирования двух сварочных режимов.

Переключение с одного режима на другой осуществляется либо с помощью кнопок на контрольной панели механизма подачи, либо тумблером на сварочной горелке или пульте дистанционного управления.

- снижение разбрызгивания металла и дымообразования;
- не требует специальной квалификации сварщика.

Таблица 13 - Технические характеристики источника питания
Invertec STT II (Lincoln Electric®)

Наименование параметров	Значения
1. Номинальный сварочный ток при ПВ 60%, А	225
2. Пределы регулирования сварочного тока, А	1-450
3. Номинальное рабочее напряжение, В	29
4. Напряжение питающей сети, В	3x200/220/380 415/440 50/60 Гц
5. КПД, %	90
6. Масса, кг	53
7. Габаритные размеры, мм	589x336x620
8. Степень защиты	IP23
9. Назначение источника	РД, АПГ, ААДП, АФ

3.1.2 Подающий механизм

В качестве подающего механизма для источника питания Invertec STT II производителем идеализирован и рекомендован подающий механизм типа LN-25, пример показан на рисунке 4.

Достоинства подающего механизма LN-25:

- может быть использован в комбинации с большинством источников сварочного тока;
- механизмы подключаются непосредственно в сварочную цепь без использования управляющего кабеля;
- лёгкий ударопрочный, огнестойкий кожух аппарата надёжно защищает механизм подачи и катушку сварочной проволоки.

Главной особенностью данной модели, наряду с мобильностью, является схема зависимой подачи проволоки, позволяющей использовать этот механизм без управляющего кабеля при питании от источников, как с

жесткой, так и падающей ВАХ. Стабильность и качество выше при использовании источников с жесткой ВАХ.

Двигатель механизма подачи проволоки питается от дуги, не требуя отдельного управляющего кабеля. Вместо традиционной пары «управляющий кабель – сварочный кабель» используется один сварочный кабель. Технические характеристики подающего механизма представлены в таблице 14.



Рисунок 4 – Внешний вид подающего механизма LN-25 фирмы (Lincoln Electric®)

Таблица 14 – Технические характеристики подающего механизма

Марка подающего механизма	Питание, В	Диапазон скорости подачи проволоки, (м/мин)	Диапазон диаметров проволоки, (мм)	Размеры, ВхШхГ (мм)	Вес, (кг)
LN-25 (Lincoln Electric®)	34 - 44	1,3 – 17,8	0,6-2,0	355x190x535	15

3.1.3 Сварочная горелка

В качестве горелки для источника питания Invertec STT II, в совокупности с подающим механизмом типа LN-25, производителем рекомендована сварочная горелка Magnum 300, пример показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Внешний вид сварочной горелки Magnum 300 фирмы (Lincoln Electric®)

Достоинством сварочной горелки Magnum 300 является сложнокпозиционное покрытие сопла, обеспечивающее стойкость сопла при высоких температурах, а также стойкость к прилипанию брызг расплавленного металла.

Таблица 15 – Технические характеристики сварочной горелки

Марка сварочной горелки	Допустимые значения сварочного тока, А	Габариты ВхШхГ, мм	Вес, кг
Magnum 300	300	86x495x470	5

3.2 Оборудование для автоматической сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

3.2.1 Источник питания

Idealarc DC-400 – это универсальный сварочный выпрямитель, наиболее широко используемый в настоящее время почти во всех сварочных отраслях, пример на рисунке 6. Он обеспечивает номинальный сварочный

ток 400 А при напряжении дуги 36 В и 100 % рабочем цикле, характеристики представлены в таблице 14.



Рисунок 6 – Внешний вид тиристорного источника питания Idealarc DC-400 фирмы Lincoln Electric®

Выпрямитель оборудован стабилизатором, гарантирующим постоянство параметров сварочного процесса при колебаниях напряжения сети $\pm 10\%$, а также принудительным воздушным охлаждением, защитой от перегрузок по току и защитой от перегрева. В аппарате реализована функция управления дугой, за счет чего достигается управление переносом металла и формой шва.

Таблица 16 - Технические характеристики источника питания Idealarc DC-400 (Lincoln Electric®)

Наименование параметров	Значения
1. Номинальный сварочный ток при ПВ 60%, А	450
2. Пределы регулирования сварочного тока, А	60-500
3. Номинальное рабочее напряжение, В	22-42
4. Напряжение питающей сети, В	3x200/220/380 415/440

	50/60 Гц
5. КПД, %	90
6. Масса, кг	215
7. Габаритные размеры, мм	840x561x698
8. Степень защиты	IP23
9. Назначение источника	РД, АПГ, ААДП, АФ

3.2.2 Сварочная головка М-300С

Головка М-300С, пример на рисунке 7, является эффективной при сварке во всех пространственных положениях проволокой сплошного сечения или порошковой проволокой в среде защитного газа с использованием обычных или импульсных источников сварочного тока.

Главным преимуществом головки М-300С является новая концепция блока управления, построенного на базе микропроцессора. Защищенный паролем блок управления сварочной головки М300С гарантирует, что доступ к параметрам будет осуществляться лишь уполномоченными техниками, которые и смогут задавать значения параметров сварки: тока, напряжения, скорости подачи проволоки, скорости перемещения головки, осцилляции, времени задержки на кромках. Все эти параметры, включая напряжение дуги, устанавливаются непосредственно на блоке управления. Заданные параметры выдерживаются автоматически, не взирая на изменения сопротивления сварочного кабеля.

Достоинства сварочных головок М-300С:

- Универсальность головки такова, что сварка может производиться и по узкой разделке кромок, и по разделке, рекомендованной API.
- Надёжность головки М-300С позволяет добиться ритмичности работ и точно прогнозировать сроки их завершения.
- Удобство эксплуатации — процедура сварки этой головкой легко осваивается и значительно снижает нагрузку на оператора.

- Каждый сварочный аппарат М-300С для орбитальной сварки включает в себя три компонента:

- каретку для перемещения по направляющему поясу;
- распределительная коробка питания;
- сварочную секцию.



Рисунок 7 – Внешний вид сварочной головки М-300С

Сварочные головки перемещаются по направляющему поясу из пружинной стали толщиной 2,3 мм и шириной 120 мм, охватывающему трубу по окружности. Пояс фиксируется на трубе перед началом сварки стыка. Обычно пояс размещается на расстоянии 95–159мм (в зависимости от модели) от края трубы, а точность его установки по окружности обеспечивается специальным шаблоном. Каретка состоит из шарнирного основания, регулируемого под конкретный диаметр трубы, электродвигателя (24В) с редуктором и эксцентрикового зажимного механизма для установки аппарата на поясе. Кроме этого, имеются три желобчатых ведомых колеса и одно колесо с насечкой, перемещающееся по краю пояса.

Сварочные головки обычно используются парами. Наличие правосторонних и левосторонних моделей обеспечивает одновременную сварку двумя головками с использованием одного направляющего пояса.

Каждый аппарат выполняет сварку половины шва от положения 12 часов до положения 6 часов.

4. Сборочно-сварочные приспособления

4.1 Приспособление для сборки и центровки труб

Центраторы внутренние гидравлические типа ЦВ, пример представлен на рисунке 8, с двумя независимыми центрирующими рядами жимков предназначены для центрирования торцов секций и отдельных труб диаметром от 325 до 1420 мм при температуре окружающей среды от -40 до +40 С° при неповоротной сварке линейной части трубопроводов и центровки торцов труб при поворотной сварке в секции на трубосварочных базах. Центраторы укомплектованы специальной штангой, длиной не менее 36 м. Центратор является гидравлической машиной с автономным приводом.

Внутренние центраторы гарантируют соосность собираемым трубам, обеспечивают их концентричную сборку, равномерно распределяя разность периметров. Преимущество их по сравнению с наружными центраторами состоит в том, что стык, оставаясь открытым, позволяет вести сварку первого слоя непрерывно и использовать сварочные автоматы.

Внутренние центраторы имеют электрогидравлический привод и два независимых ряда центрирующих жимков. Питание всех центраторов осуществляется от сварочных агрегатов постоянного тока напряжением 27В. Перемещение центратора от стыка к стыку производится за штангу трубоукладчиком или трактором.



Рисунок 8- Внутренний гидравлический центратор ЦВ-144

Таблица 17 -Технические характеристики внутреннего гидравлического центратора ЦВ-144

Наименование параметров	Значения
1. Диаметр труб, мм	1420
2. Толщина стенки труб, мм	10-42
3. Количество жимков в ряду центратора, шт	16
4. Расстояние между осями центрирующих рядов, мм	120
5. Суммарное усилие, развиваемое одним центрирующим рядом, кН	850
6. Время разжатия/сжатия жимков, с	15
7. Рабочее давление в гидросистеме, МПа, не более	15
9. Габаритные размеры, мм:	
длина	3265
ширина	1330
высота	1570
10. Масса (без штанги), кг	2350

4.2 Приспособление для перемещения труб

В качестве приспособлений для перемещения труб при строительстве магистральных нефтепроводов применяют траверсы, монтажные полотенца и

захваты для труб. Все эти приспособления предназначены для перемещения, погрузки/разгрузки и складирования труб с помощью трубоукладчиков, автокранов, козловых кранов, а также подвесных и опорных кранов. Для сборки и сварки стыков, при строительстве линейной части нефтепровода используют монтажные полотенца и траверсы. Монтажные полотенца используют при сварке одиночных труб и гнутых отводов. Траверсы же используют, в основном, при сборке и стыковке двухтрубных секций. На рынке оборудования и приспособлений для строительства нефтепроводов есть несколько видов траверс, рисунок 9. Основными параметрами траверс являются: диаметр и толщина стенки трубы; длина и масса секций труб. Поэтому выбор типа траверсы следует осуществлять с рассмотрения этих параметров. Для сварки стыка труб Ø1420 мм будем использовать траверсу типа ТРВ-321-ПМ.

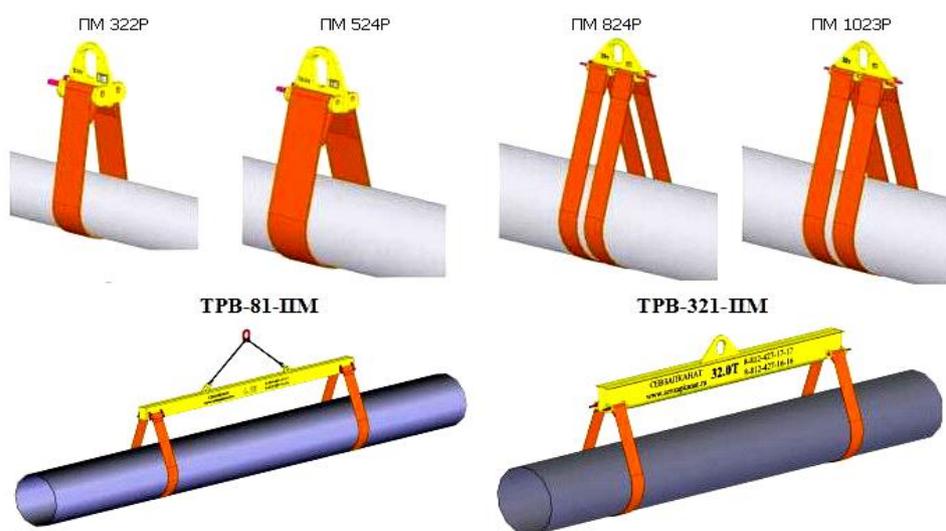


Рисунок 9 – Основные типы траверс

Основные технические характеристики выбранной траверсы приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Технические характеристики траверсы ТРВ-321-ПМ.

Наименование параметров	Значения	
1. Грузоподъемность, т	25	
2. Диаметр трубопровода, мм	1020-1420	

3. Максимальная длина трубной секции, мм	36	
4. Максимальная толщина стенки трубы, мм	36	
5. Материал стропильной ленты СТП ПМ 300	полиэстер	
5. Габаритные размеры ленты, мм длина ширина толщина	5100 300 8	
7. Габаритные размеры траверсы, мм длина высота ширина	6000 800 600	
8. Масса траверсы на более, кг	1400	

5. Сборка и сварка стыка

Все операции по сборке и сварке стыка должны производиться согласно разработанной операционной технологической карте сборки и сварки неповоротного стыка трубы диаметром 1420 мм (приложение Б).

5.1 Подготовка кромок деталей под сварку

Все трубные секции, поставляемые на трассу должны иметь сопроводительную документацию, пройти ультразвуковой контроль на наличие расслоений в металле. Контроль проводится на расстоянии 100-150 мм от кромки.

При подготовке кромок каждая секция должна пройти ВИК на:

- отсутствие повреждения изоляции, при повреждении изоляции на глубину более 15% от нормативной толщины – секцию отбраковывают;
- отсутствие забоев кромки, задигов как кромки, так и тела трубы (царапины, риски, задиры глубиной до 5% от нормативной толщины стенки удаляются шлифмашинкой);

Прилегающую к кромкам внутреннюю и наружную поверхность трубы зачищают до чистого металла на ширину не менее 15 мм, а усиление

заводского горизонтального шва сошлифовывают до 0,5 – 1,0 мм на расстоянии 10 – 15 мм.

5.2 Сборка стыка

Сборка стыка начинается с установки внутреннего гидравлического центратора в уже сваренной нитке нефтепровода, перемещение центратора в трубе осуществляется за штангу при помощи экскаватора. Дальний от штанги ряд жимков разжимают в кромку сваренной нитки, пример показан на рисунке 10. При помощи трубоукладочной машины, используя траверсу, кромку, стыкуемой двухтрубной секции, располагают над вторым рядом жимков, при этом штангу центратора протаскивают внутри стыкуемой секции.



Рисунок 10 – Установка внутреннего гидравлического центратора ЦВ-144 в трубе.

После контроля зазора и соосности между стыкуемыми трубами (приложение Б) разжимают второй ряд жимков, надежно фиксируя стык на время сварки. При этом трубоукладочная машина поддерживает стыкуемую двухтрубную секцию до завершения сварки «горячего прохода».

5.3 Предварительный подогрев кромок.

Предварительный подогрев кромок до + 50⁰С при температуре окружающего воздуха выше 0⁰С и 100⁰С при температуре ниже 0⁰С. После сборки стыка, подъезжает гусеничная машина с манипулятором и генератором переменного тока и накрывает место расположения стыка сварочной палаткой. На стык надевают пояс индукционного подогревателя ProHeat 35. Сам индукционный подогреватель расположен на гусеничной машине, пример показан на рисунке 11.



Рисунок 11 – Внешний вид индукционного подогревателя ProHeat 35

Под пояс устанавливаются контактные термометры. После подогрева стыка до 120-150⁰С пояс снимают, и сварщики приступают к сварке корневого слоя шва.

5.4 Режимы сварки корневого слоя шва механизированной сваркой плавящимся электродом (метод STT)

Таблица 19 – Параметры режима сварки труб корневого слоя шва

Наименование параметра	Значение
1. Вид прохода	Корневой
2. Направление сварки	На спуск
3. Скорость сварки, м/час	Не нормируется
4. Род и полярность тока	Постоянный, обратная
5. Сила тока, А	(*)
6. Напряжение на дуге, В	Не нормируется
7. Скорость подачи проволоки, м/мин	(**)
8. Вылет электрода, мм	10-15
9. Угол наклона электрода, град	(***)
10. Защитный газ	100% CO ₂
11. Расход газа л/мин	10-16

(*) – для сварки корневого слоя шва методом STT на источнике питания устанавливаются специальные параметры: базовый ток = 50 – 55 А; пиковый ток = 400 – 420 А;

(**) – при выполнении корневого слоя шва в положении 0...1 час сварка осуществляется с поперечными колебаниями без задержки на кромках при скорости подачи проволоки от 135 до 180 м/час; в положении 1...6 час без поперечных колебаний при скорости подачи проволоки 180 – 240 м/час;

(***) – угол наклона электрода (назад): в положении 0...5 час – от 10 до 30 град; в положении 5...6 час – от 0 до 10 град.

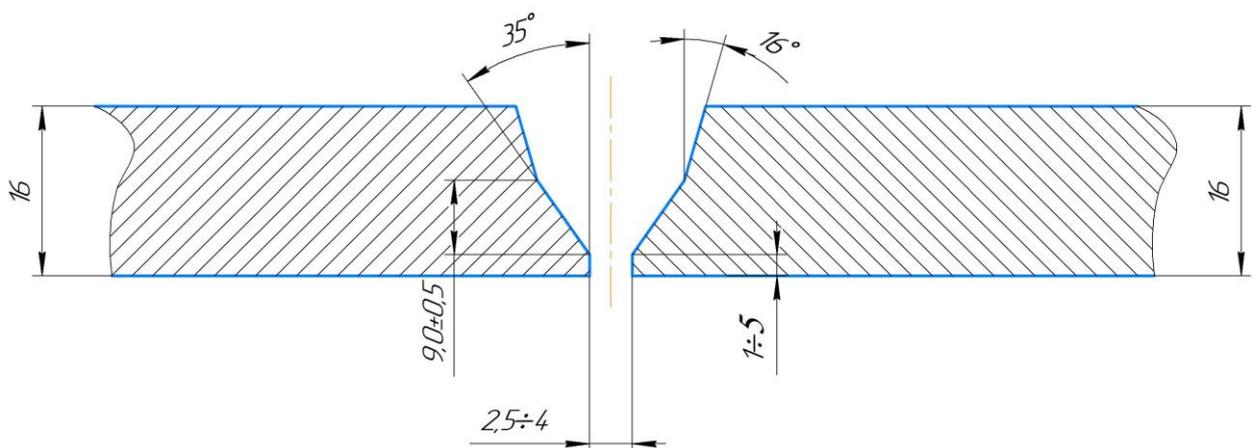


Рисунок 12 – Заводская разделка кромок

5.5 Режимы сварки заполняющих слоев автоматической сваркой в среде защитных газов плавящимся электродом

Таблица 20 – Параметры режима сварки заполняющих слоев труб

Наименование параметра	Значение	
1. Вид прохода	Заполняющий	Облицовочный
2. Направление сварки	На подъем	На подъем
3. Скорость сварки, м/час	7,6 – 16,8	6,9 – 13,7
4. Род и полярность тока	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная
5. Сила тока, А	220 – 250	190 – 215
6. Напряжение на дуге, В	21 – 23	20 – 21
7. Скорость подачи проволоки, м/мин	5,8 – 6,6	4,8 – 5,3
8. Вылет электрода, мм	8 – 12	8 – 15
9. Угол наклона электрода, град	0 – 7	0 – 7
10. Защитный газ	75% Ar + 25% CO ₂	75% Ar + 25% CO ₂
11. Расход газа л/мин	32 - 42	
<p>(*) – для сварки корневого слоя шва методом STT на источнике питания устанавливаются специальные параметры: базовый ток = 50 – 55 А; пиковый ток = 400 – 420 А;</p> <p>(**) – при выполнении корневого слоя шва в положении 0...1 час сварка осуществляется с поперечными колебаниями без задержки на кромках при скорости подачи проволоки от 135 до 180 м/час; в положении 1...6 час без поперечных колебаний при скорости подачи проволоки 180 – 240 м/час;</p> <p>(***) – угол наклона электрода (назад): в положении 0...5 час – от 10 до 30 град; в положении 5...6 час – от 0 до 10 град.</p>		

5.6 Визуально-измерительный контроль

После сварки стыка сварной шов подлежит визуально-измерительному контролю. Требования к размерам сварного шва представлены на рисунке 13.

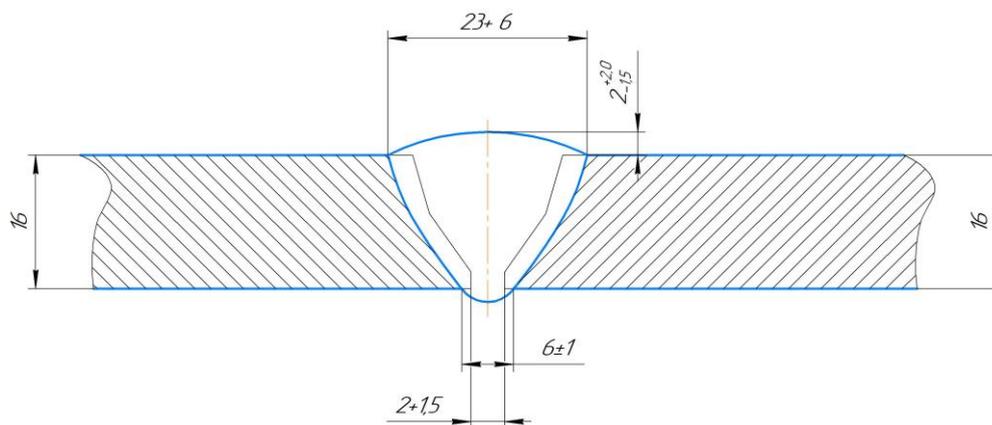


Рисунок 13 – Внешний вид сварного шва

6. Организационно-экономическая часть

Согласно существующей технологии, сварка заполняющих слоев ведется одним и тем же способом сварки – автоматической сваркой в среде защитных газов. А сварку корневого слоя шва, возможно выполнять одним из двух способов – сваркой покрытыми электродами и механизированной сваркой в среде защитных газов методом STT. Поэтому будем определять экономическую эффективность сварки корневого слоя шва при использовании одного из указанных способов. При этом будем рассматривать первую и вторую экономическую ситуацию, потому что сварка методом STT возможна при использовании специализированного источника питания.

Отличительной особенностью нового процесса является то, что при сварке по способу STT перенос электродного металла в сварочную ванну осуществляется при минимуме действия на каплю электродинамической силы (силы Пинч-эффекта). Переход капли в сварочную ванну осуществляется под действием сил поверхностного натяжения расплавленного металла на поверхности капли. Что значительно уменьшает потери на разбрызгивание металла, приводя к оптимизации технико-экономических показателей при сварке.

Остальные процессы, такие как: способ защиты ванны; подача электродной проволоки; род применяемого защитного газа; проплавливающие способности; физико-химические свойства наплавленного металла похожи по исполнению и принципу. Для определения факторов, приводящих к оптимизации технико-экономических показателей при сварке, между общепринятой механизированной сваркой плавящимся электродом и сваркой методом STT, ниже приведен ряд таблиц 21-37.

6.1 Определение норм времени при сварке корневого слоя шва предлагаемыми способами

Нормирование—это определение времени на выполнение какого-либо процесса. Под технико обоснованной нормой времени понимается, установленное для определенных организационно-технических условий время на выполнение заданной работы, исходя из рационального использования средств производства и с учетом передового производственного опыта. Технически обоснованные нормы времени являются основой правильного решения вопросов разделения труда, организации и обслуживания рабочих мест, проектирования передовых методов труда, оценки его эффективности и организации систем материального стимулирования.

Для того чтобы нормировать процесс сварки методом STT, воспользуемся методикой расчета механизированной сварки плавящимся электродом в CO_2 , поскольку эти процессы схожи по сущности. Главным образом, различие представляет отсутствие постоянных значений сварочного тока. Так при сварке корневого слоя шва методом STT на источнике питания устанавливаются специальные параметры: базовый ток $I_B = 50 - 55$ А; пиковый ток $I_{П} = 400 - 420$ А. Напряжение на дуге устанавливают в пределах $U_d = 16,5-18,5$ В.

Для того чтобы определить основное время сварки, нужно найти площадь наплавленного металла. Общую площадь поперечного сечения наплавленного металла рассчитаем аналитически.

Разделка кромок при сварке заданных деталей – односторонний ломаный скос кромок. Размеры сварного шва нормируются технологической картой [п. 5.4], причем они имеют одинаковые значения. Геометрические размеры корневого слоя шва примем из учета правильного формирования обратного валика и полного сплавления кромок пример на рисунке. 14.

Площадь наплавки корневого слоя шва определим, как площадь эллипса.

$$F_H = F_{\text{эллипса}} = \pi \cdot a \cdot b = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 0,4 = 0,31 \text{ см}^2, \quad (1)$$

Где: $a=0,25$ см, полуось эллипса;
 $b=0,4$ см, полуось эллипса.

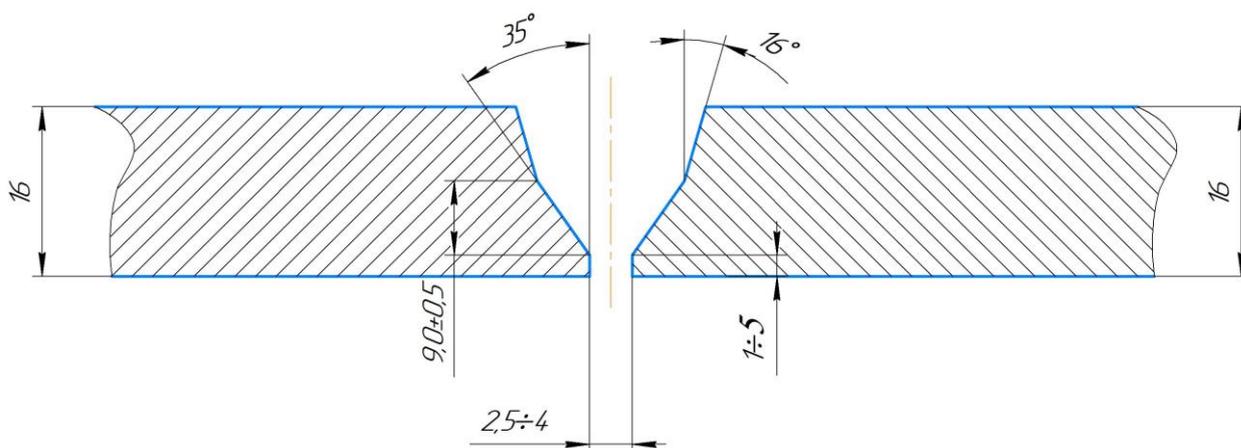


Рисунок 14 - Заводская разделка кромок и внешний вид корневого прохода

Масса наплавленного металла шва:

$$G_H = F_H \cdot L_{\text{шв}} \cdot \gamma, \quad (2)$$

где F_H – площадь наплавленного металла, $F_H = 0,31 \text{ см}^2$;
 $L_{\text{шв}}$ – длина шва; $L_{\text{шв}} = 384$ см;
 γ – плотность металла; $\gamma = 7,8$ г/см³ ;

$$G_n = 0,31 \cdot 384 \cdot 7,8 = 0,94 \text{ кг.}$$

Коэффициент наплавки при типовых режимах сварки:

$$\alpha_n = 9,5 \text{ г/А} \cdot \text{ч, для РДС;}$$

$$\alpha_n = 10,9 \text{ г/А} \cdot \text{ч, для механизированной в CO}_2;$$

$$\alpha_n = 11,4 \text{ г/А} \cdot \text{ч, для механизированной в CO}_2 \text{ методом STT}$$

коэффициент наплавки повышается на 5% по сравнению с механизированной в CO₂ без модулированного тока

Таблица 21 - Основное время для сварки

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы			Изменение мин/по г.м
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная плавящимся электродом в CO ₂ Св –08Г2С	Механизированная методом STT Pipeliner 80S-G	
	1	2	3	(1-3)
F _n - площадь наплавленного металла $l \cdot i^2$	31	31	31	-
γ – плотность наплавляемого металла г/см ³	7,8	7,8	7,8	-
I _{св} -сварочный ток	120	210	≈210*	-
α _n - коэффициент наплавки г/А·ч	$t_0 = \frac{31 \cdot 9,5 \cdot 60}{120 \cdot 9,5} =$	$t_0 = \frac{31 \cdot 10,9 \cdot 60}{210 \cdot 10,9} =$	$t_0 = \frac{31 \cdot 11,4 \cdot 60}{210 \cdot 11,4} =$	-
Расчетная формула $t_0 = (F_n \cdot \gamma \cdot 60 / I_{св} \cdot \alpha_n)$	= 12,7	= 6,4	= 6,0	6,7

* - базовый ток I_Б= 50 – 55 А; пиковый ток I_П= 400 – 420 А

Формула расчета времени на смену электродов в процессе сварки:

$$T_3 = t_{31} \cdot F_n \cdot \gamma / g \cdot b, \quad (3)$$

$$T_3 = 0,11 \cdot 0,31 \cdot 7,8 / 70,5 \cdot 1,3 = 0,3 \text{ мин/м.}$$

где t_{31} - время на смену одного электрода; $t_{31} = 0,11$ мин;

g – вес стержня электрода; $g = 70,5$ г;

b – коэффициент перехода металла электрода в шов $b = 1,3$.

Таблица 22 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы			Изменения мин/по г.м
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизованная плавящимся электродом в CO ₂ Св – 08Г2С	Механизованная методом STT Pipeliner 80S- G	
	1	2	3	(1-3)
Очистка перед сваркой, свариваемых кромки от налета ржавчины и осмотр	0,5	0,5	0,5	-
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	-	1,1	-	-
Зачистка шва от шлака	4	-	-	-
Откусывание огарков проволоки	-	0,1	0,1	-
Осмотр и промер шва	0,3	0,3	0,3	-
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	-	0,25	0,25	-
Время на замену электродов	0,3	-	-	-

Всего	5,1	2,25	1,15	3,95
-------	-----	------	------	------

Таблица 23 - Подготовительно – заключительное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы		
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизованная плавящимся электродом в CO ₂ Св – 08Г2С	Механизованная методом STT Pipeliner 80S-G
Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	4,0		4,0
Ознакомление с работой	2,0		3,0
Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов	-		4,0
Подготовка рабочего места и приспособлений к работе	2,0		4,0
Всего, мин/пар	8,0		15,0

Таблица 24 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы		
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизованная плавящимся электродом в CO ₂ Св – 08Г2С	Механизованная методом STT Pipeliner 80S-G
Время на установку	2,2		2,2
Снятие и транспортировка	1,7		1,7
Всего	3,9		3,9

Таблица 25 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы			Изменение , мин/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная плавящимся электродом в CO ₂ Св –08Г2С	Механизированная методом STT Pipeliner 80S-G	
	1	2	3	(1-3)
t_0 - основное время на сварку, мин/м	12,7	6,4	6,0	-
$t_{всп}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва в мин	5,1	2,25	1,15	-
l - длина шва, м	3,84	3,84	3,84	-
$t_{виз}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, в мин	3,9	3,9	3,9	-
$K_{об}$ - коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,1	1,12	1,12	-
Расчетная формула $T_{шт} = \left[\frac{(t_0 + t_{в.ш.}) \times l + t_{в.и.}}{k_{об}} \right] \times k_{об}$ $\times k_{об}$, мин / изд	$T_{шт} = \left[\frac{(12,7+5,1) \times 3,84 + 3,9}{1,1} \right] \times 1,1 = 79,47.$	$T_{шт} = \left[\frac{(6,4+2,25) \times 3,84 + 3,9}{1,12} \right] \times 1,12 = 41,57.$	$T_{шт} = \left[\frac{(6,0+1,15) \times 3,84 + 3,9}{1,12} \right] \times 1,12 = 35,12.$	44,35

Таблица 26 – Размер партии

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы			Изменение, мин/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизованная плавящимся электродом в CO ₂ Св – 08Г2С	Механизованная методом STT Pipeliner 80S-G	
	1	2	3	
$T_{см}$ - продолжительность одной рабочей смены, часов	8	8	8	-
$T_{шт}$ - штучное время	79,47	41,14	35,12	-
Расчетная формула $n = \frac{8 \cdot 60}{t_{шт}}$, мин/изд	$n = \frac{8 \cdot 60}{79,47} = 6$	$n = \frac{8 \cdot 60}{41,57} \approx 11$	$n = \frac{8 \cdot 60}{35,12} \approx 13$	7

Таблица 27 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы			Изменение Мин/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизованная плавящимся электродом в CO ₂ Св – 08Г2С	Механизованная методом STT Pipeliner 80S-G	
	1	2	3	
$t_{фд}$ - штучное время	79,47	41,57	35,12	-
$t_{пз}$ - подготовительно – заключительное время	8,0	15,0	15,0	-
n - размер партии	6	11	13	-
Расчетная формула $t_{шк} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}$, мин/изд	$T_{шк} = 79,47 + \frac{8}{6} = 80,8$	$T_{шк} = 41,57 + \frac{15,0}{11} = 42,9$	$T_{шк} = 35,12 + \frac{15}{13} = 36,3$	44,5

Проведя сравнительный анализ между нормированием времени для двух способов можно сделать следующие выводы: Во-первых, при сварке

методом STT сокращается основное время сварки из-за увеличения значений коэффициента наплавки и применении модулированного сварочного тока, при использовании которого уменьшаются потери на разбрызгивание металла. Во-вторых, при сварке покрытыми электродами увеличивается вспомогательное время, связанное со сваркой шва, из-за необходимости очистки шва от шлака и необходимости смены электродов. В-третьих, увеличение подготовительно–заключительного времени для сварки при сварке методом STT вызвано необходимостью продувки газовых коммуникаций.

В итоге, применение механизированной сварки плавящимся электродом методом STT позволило повысить технико-экономические показатели, в сравнении с механизированной сварки плавящимся электродом в классическом исполнении. Если же провести сравнение со сваркой покрытыми электродами, то следует отметить, что произошло сокращение штучного, штучно-калькуляционного времени и произошло увеличение объемов партии.

6.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

6.2.1 Первая экономическая ситуация

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

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, тот есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении ручной и полуавтоматической нет

необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала. Поскольку сравнение вариантов следует вести из предложения, что предприятие располагает соответствующими способами и средствами, во внимание не следует принимать затраты на приобретение оборудования и амортизационные отчисления.

Критерием выбора лучшего способа сварки будут служить затраты на сварку изделия. При этом во внимание принимаются те затраты, которые будут различаться по сравниваемым вариантам.

Таблица 28 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизованная сварка методом STT Pipeliner 80S-G	
$g_{\text{НМ}}$ - масса наплавленного металла, кг/изд	0,94	0,94	-
$k_{\text{П}}$ - коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,05	-
$\Pi_{\text{СМ}}$ - цена сварочной проволоки, электродов, (руб/кг)	204	117	-
Расчетная формула $C_{\text{СМ}} = g_{\text{НМ}} \cdot k_{\text{П}} \cdot \Pi_{\text{СМ}}$, руб./изд.	$C_{\text{СМ}} = 0,94 \cdot 1,6 \cdot 204 = 306,8$	$C_{\text{СМ}} = 0,94 \cdot 1,05 \cdot 117 = 115,5$	191,3

Таблица 29 – Затраты на защитный газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная сварка методом STT Pipeliner 80S-G	
$g_{\text{газ}}$ - норма расхода газа, л/мин	-	14	-
t_0 - основное время на сварку, мин/м	-	6	-
l - длина сварного шва, м	-	$C_3 = \frac{3,84420}{V_2 \cdot 509} = \frac{3,84420}{40 \cdot 509} = 0,02$	-
$\Pi_{\text{газ}}$ - цена за единицу газа (руб/л)	-		-
Расчетная формула $C_{\text{газ}} = g_{\text{газ}} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{\text{газ}}$, руб./изд.	-	$C_{\text{газ}} = 14,0 \cdot 6 \cdot 3,84 \cdot 0,02 \approx 6,5$	6,5

Таблица 30 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная сварка методом STT Pipeliner 80S-G	
$C_{\text{мз}}$ - среднемесячная зарплата сварщиков	40000	40000	-
$F_{\text{мр}}$ - месячный фонд времени работы рабочих, час/месяц $F_{\text{мр}} = 170$ час./мес.	170	170	-
$t_{\text{шк}}$ - штучно – калькуляционное время мин\изд	80,8 $C_3 = \frac{40000 \cdot 80,8}{170 \cdot 60} =$	36,3 $C_3 = \frac{40000 \cdot 36,3}{170 \cdot 60} =$	-
Расчетная формула $C_3 = \frac{C_{\text{мз}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{мр}} \cdot 60}$, руб./изд.	= 316,9	= 142,4	174,5

Таблица 31 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная сварка методом STT Pipeliner 80S-G	
$k_{отч}$ - процент отчислений на социальные цели от основной и доплатной заработной платы $k_{отч}=26\%$	26%	26%	-
$C_з$ - затраты на заработанную плату рабочих	316,9	142,4	-
Расчетная формула $C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_з}{100}$, руб./изд.	$C_{отч}=(26 \cdot 316,9)/100=82,4$	$C_{отч}=(26 \cdot 142,4)/100=37$	45,4

Таблица 32 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами. DC-400 (Lincoln Electric)	Механизированная сварка методом STT. Invertec STT II (Lincoln Electric)	
U - напряжение, В;	25	18	-
I - сила тока, А;	120	210	-
t_0 - основное время сварки, мин/м;	12,7	6	-
l - длина сварного шва, м/изд	3,84	3,84	-
η - коэффициент полезного действия	0,90	0,75	-

источника питания			
$C_{эл}$ - стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	1,20	1,20	-
Расчетная формула $C_{эТ} = \frac{C_0}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot C_{эл}$	$C_{эТ} = \frac{25 \cdot 120 \cdot 12,7 \cdot 3,84}{60 \cdot 0,9 \cdot 1000} \cdot 1,2 = 3,25 \text{ руб./изд.}$	$C_{эТ} = \frac{18 \cdot 210 \cdot 6 \cdot 3,84}{60 \cdot 0,75 \cdot 1000} \cdot 1,20 = 2,3 \text{ руб./изд.}$	0,95

Таблица 33 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная сварка методом STT Pipeliner 80S-G	
$C_{об}$ - цена оборудования соответствующего вида	DC-400 (Lincoln Electric) 418 000	Invertec STT II (Lincoln Electric) 520 000	-

Продолжение таблицы 33

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная сварка методом STT Pipeliner 80S-G	
$k_{рем}$ - коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25	-
$t_{шк}$ -штучно- калькуляционное время, мин\изд	80,8	36,3	-
$F_{го}$ -годовой фонд времени работы оборудования, час/год	2000	2000	-

k_3 - коэффициент, загрузки оборудования	0,8	0,8	-
Расчетная формула $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем0} \cdot t_{шк}}{F_{Г0} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = (418000 \cdot 0,25 \times 80,8) \setminus (2000 \cdot 0,8 \cdot 60) = 88,17$	$C_p = (520000 \cdot 0,25 \cdot 36,3) \setminus (2000 \cdot 0,8 \cdot 60) = 49,2$	≈ 39

Таблица 34 - Результаты расчетов

Наименование	Сварка электродами LB-62U 1	Сварка методом STT Pipeliner 80S-G 2		Разница 1-2
		Проволока:		
1. Сварочные материалы, руб./изд.	306,8	115,5	12	184,8
		Газ: 6,5	2	
2. Основная зарплата, руб./изд.	316,9	142,4		174,5
3. Социальные цели, руб./изд.	82,4	37		45,4
5. Электроэнергия, руб./изд.	3,25	2,3		0,95
6. Ремонт, руб./изд.	88,17	49,2		39
Итого, руб./изд.	797,5	352,9		444,6

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки:

$$Q_{Г} = \frac{F_{Г0} \cdot k_3 \cdot 2000 \cdot 0,8 \cdot 60}{t_{шк_{пр}}} = \frac{2644,6}{36,3} = 2644,6 \text{ ,ед/год,} \quad (14)$$

где $t_{шк_{пр}}$ - норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд.

В условиях многономенклатурного производства годовой объем производства целесообразно выразить через массу наплавленного металла. Принимая в качестве изделия неповоротный стык Ø1420 мм, получаем годовой объем производства, выраженный через массу наплавленного металла по формуле:

$$M_{Г} = Q_{Г} \cdot \frac{F \cdot l \cdot \gamma}{1000} = 2644,6 \cdot \frac{31 \cdot 3,84 \cdot 7,8}{1000} = 2455,5 \text{ ,кг/год,} \quad (15)$$

где F - площадь поперечного сечения сварного шва, мм²;

l - длина сварного соединения, м;

Годовой экономический эффект от применения лучшего варианта можно рассчитать через массу наплавленного металла по формуле:

$$\bar{\Delta C} = M_{\Gamma} \cdot \frac{\Delta c \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma} = 2455,5 \cdot \frac{444,6 \cdot 1000}{31 \cdot 3,84 \cdot 7,8} = 1175768,6 \text{ ,руб/год,} \quad (16)$$

где $\frac{\Delta c \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}$ представляет собой удельную экономию на 1 кг

наплавленного металла ($\bar{\Delta C}$ кг).

Итак, более выгоден второй вариант, то есть полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа методом STT. Этот вариант нам обходится дешевле на 444,6 руб/изд и годовой экономический эффект от применения лучшего варианта составляет 1175768,6 руб/год.

6.2.2 Вторая экономическая ситуация

Вторая ситуация характеризуется тем, что в процессе производства сварной конструкции возникает потребность в инвестициях (приобретения соответствующего оборудования).

Худший из вариантов имеется, а другой вариант будет внедряться (он раньше отсутствовал). Исходим из того, что ручная дуговая сварка применяется, а предлагается механизированная сварка плавящимся электродом методом STT.

Необходимо оценить экономическую выгоду данного предложения с учётом полученных инвестиций. Когда возникает вторая ситуация, то появляется необходимость в инвестициях. Экономическая эффективность, предлагаемых решений, будет сводиться к экономической оценке инвестиций. В соответствии с основами стандарта экономической оценки инвестиций, оценка инвестиций осуществляется путем расчета четырех показателей:

- NPV – чисто текущая стоимость;

- PP – срок окупаемости;

- IRR – внутренняя ставка доходности;

- PI – индекс доходности.

Данный показатель характеризует эффективность инвестиции в абсолютном выражении. Он показывает насколько прирастут доходы предприятия в результате замены существующего процесса на предлагаемый. Оценку инвестиций в новый процесс следует признать оправданной, если $NPV > 0$.

Расчет чистой текущей стоимости (NVP) может быть установлен по формуле:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{ч_t} + \Delta C_{a_t})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (17)$$

где n – продолжительность расчетного периода, в течение которого предприятие может воспользоваться результатами функционирования предлагаемого (нового) процесса (в курсовой работе величину n можно принять 5 годам);

$\Delta\Pi_{ч_t}$ - изменение чистой прибыли, получаемой в t -м году, руб/год;

ΔC_{a_t} - изменение амортизационных отчислений в t -м году, руб/год;

I_0 - инвестиции, осуществляемые в начальный момент ($t = 0$);

i - ставка дисконтирования, учитывающая плату за привлечение финансовых ресурсов.

Для того, чтобы воспользоваться формулой 17, необходимо отдельно рассчитать ее составляющие.

Изменение чистой прибыли, получаемой в t -м году, определяется по формуле:

$$\Delta\Pi_{ч_t} = \left(\overline{\Delta C_t} \cdot Q_{Г_t} - \Delta C_{a_t} \right) \cdot (1 - Н_{пр}), \quad (18)$$

где $\overline{\Delta C_t}$ – изменение текущих расходов в t -м году, руб/год;

Q_T - годовой объем производства продукции, в t -м году;

ΔC_{a_t} - изменение амортизационных отчислений в t -м году, руб/год;

$N_{\text{пр}}$ - ставка налога на прибыль ($N_{\text{пр}} = 24\%$).

Изменение амортизационных отчислений в t -м году представляет собой разность затрат на амортизацию основных средств, занятых по существующему и предлагаемому варианту в соответствующем году и выражается формулой:

$$\Delta C_{a_t} = C'_{a_t} - C''_{a_t}, \quad (19)$$

где C'_{a_t} и C''_{a_t} – затраты на амортизацию соответственно по существующему и предлагаемому процессами, руб/год.

Поскольку для сварочного оборудования срок полезного использования устанавливается в интервале 5-7 лет, то можно предположить, что по существующему процессу основные средства себя полностью самортизировали, т.е. $C'_{a_t} = 0$.

Исходные данные:

Расчетный период	$n = 5$ лет
Годовой фонд времени работы оборудования,	$F_{T_0} = 2000$ час/год
Норма времени, мин/изд.	$t_{\text{ШК}} = 36,3$ мин
Удельная экономия на текущих расходах в t -м году, руб/изд	$\overline{\Delta C_t} = 444,6$ руб/изд
Инвестиции, руб.	$I_0 = 520000$ руб
Период полезного использования, годы	$T_{\text{пи}} = 6$ лет
Ставка налога на прибыль, %	$N_{\text{пр}} = 24\%$
Ставка дисконтирования, %	$i = 10\%$

Для расчета чистой текущей стоимости вводимого метода построим таблицу 35.

Таблица 35 - Расчет чистой текущей стоимости

№/ t/i	Наименование показателей	Расчетный период, годы					
		0	1	2	3	4	5
1	Коэффициент загрузки, k_z	0	0,5	0,75	1,0	1,0	1,0
2	Годовой объем производства, ед/год $Q_T = \frac{F_{\text{об}}}{t_{\text{шк}}}$	0	1653	2479	3306	3306	3306
3	Удельная экономия на текущих издержках $\overline{\Delta C}_t$, руб/ед	0	444,6	444,6	444,6	444,6	444,6
4	Годовая экономия на текущих издержках, руб/год, $(C_2 \cdot C_3)$	0	734923	1102163	1469847	1469847	1469847
5	Амортизационные отчисления по новому (предлагаемому) процессу	0	86666	86666	86666	86666	86666
6	Изменение годовой прибыли, руб/год, $(C_4 - C_5)$	0	648257	1015497	1383181	1383181	1383181
7	Налог на прибыль, руб/год, (24% от C_6)	0	155581	243719	331963	331963	331963
8	Изменение чистой прибыли, руб/год $(C_6 - C_7)$	0	492676	771778	1051218	1051218	1051218
9	Чистый денежный поток от операционной деятельности руб/год $(C_5 + C_8)$	0	579342	858444	1137884	1137884	1137884
10	Инвестиции, руб.	-520000	-	-	-	-	-
11	Коэффициент дисконтирования, $\alpha_t = \frac{1}{(1+0,1)^t}$ при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621

12	Дисконтированный денежный поток (C9иC10)·C11	-520000	526622	709075	854551	777175	706626
13	Накопленный дисконтированный денежный поток	-520000	6622	715697	1570248	2347423	3054049

Затраты на амортизацию оборудования выражаются формулой:

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{T_{\text{пи}}} = \frac{520000}{6} = 86666 \text{ руб/год}, \quad (20)$$

где C_j - цена оборудования соответствующего вида;

$T_{\text{пи}}$ - срок полезного использования оборудования (для сварочного оборудования $T_{\text{пи}} = 5 - 7$ лет).

Расчитав составляющие формулы 17, и подставив их в выражение,

получим:

$$NPV = \left[\frac{579342}{(1+0,1)^1} + \frac{858444}{(1+0,1)^2} + \frac{1137884}{(1+0,1)^3} + \frac{1137884}{(1+0,1)^4} + \frac{1137884}{(1+0,1)^5} \right] - 520000 = 4175696 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости (PP) осуществляем по формуле:

$$n_{\text{ок}} = n + (D_n / D_{n+1}) = 0 + (520000 / 526622) = 0,98 \text{ года.}, \quad (21)$$

где: n - год расчетного периода, в котором накопленный дисконтированный поток последний раз принимает отрицательное значение;

D_n - непокрытая часть накопленного денежного потока в момент года n ;

D_{n+1} - денежный поток в году $n+1$, направленный на возмещение непокрытой части данного потока.

Для подробного рассмотрения срока окупаемости построим график срока окупаемости инвестиционных затрат рисунок 15.

Расчет индекса доходности (PI) проведем по формуле:

$$PI = 1 + (NPV / I_0) = 1 + (4175696 / 520000) = 8,03 \quad (22)$$

где $I_0 = 520000$ руб, размер инвестиций.

Формально проект признается эффективным, если $PI > 1.0$

$8,03 \gg 1$, следовательно, проект эффективен.

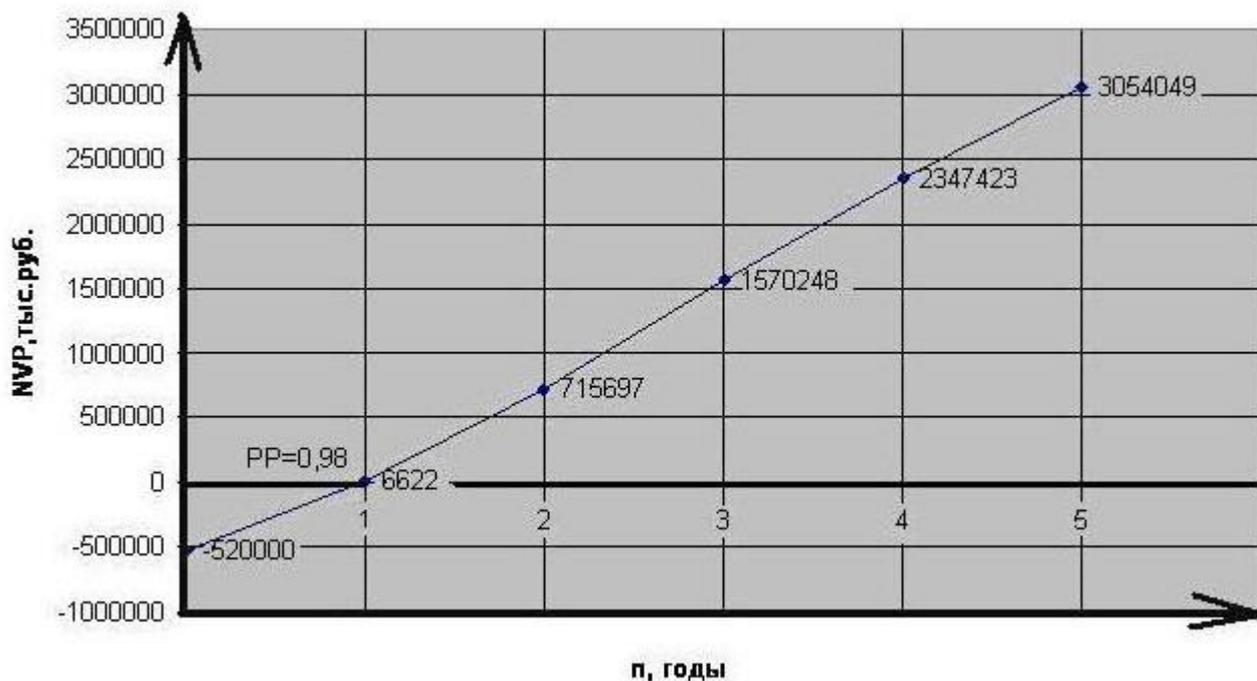


Рисунок 15 – График срока окупаемости инвестиционных затрат

Расчёт внутренней нормы доходности (IRR)

Данный показатель имеет богатое экономическое содержание. Во-первых, по тому насколько IRR превышает ставку дисконтирования можно судить о степени эффективности инвестиции. Во-вторых, по разности данных показателей ($IRR - i$) можно судить о запасе финансовой прочности и риска проекта. Чем больше эта разность, тем устойчивее проект к неблагоприятным изменениям различных важнейших параметров проекта. В-третьих, внутренняя норма доходности показывает предельную плату за привлечение финансовых ресурсов, при превышении которой инвестиционный проект становится не эффективным.

Количественно данный показатель может быть установлен графическим путём. Для этого необходимо построить график зависимости $NPV = f(i)$. Для построения графика необходимо получить NPV для нескольких (как минимум для трёх) значений ставок дисконтирования, чтобы

построить кривую. Точка пересечения кривой с осью абсцисс позволит установить внутреннюю норму доходности IRR.

Для построения графика необходимо определить NPV для нескольких значений ставок дисконтирования табличным путём. Причём для одного значения ставки ($i=1,0$) показатель NPV мы уже установили. Он равен 1782282 рубля. Тогда необходимо рассчитать NPV как минимум ещё для двух значений. Например для 15 % и 20 %, или же для 0и 15%. Расчётные значения NPV приведены в таблице 36.

Таблица 36 – Расчёт чистой текущей стоимости NPV.

№ п/п	Наименование показателей	Расчетный период, годы					
		0	1	2	3	4	5
1	Чистый денежный поток (при $i = 0$)	-520000	579342	858444	1137884	1137884	1137884
2	Накопленный денежный поток (при $i = 0$)	-520000	59342	917786	2055670	3193554	4331438
3	Коэффициент дисконтирования $\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$ при 15%	1,0	0,869	0,756	0,657	0,572	0,497
4	Дисконтированный денежный поток	-520000	503448	648984	747590	650870	565528
5	Накопленный денежный поток (при $i = 15\%$)	-520000	-16552	632432	1380022	2030892	2596420
6	Коэффициент дисконтирования $\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$ при $i = 100\%$	1,0	0,5	0,25	0,125	0,062	0,031
7	Дисконтированный денежный поток	-520000	289671	214611	142236	70549	35274
8	Накопленный денежный поток (при $i = 100\%$)	-520000	-230329	-15718	126518	197067	232341

Таблица 37 – Зависимость чистой текущей стоимости NPV в зависимости от ставки дисконтирования i

Ставка дисконтирования, %, i	0	10	15	100
Чистая текущая стоимость ,руб, NPV	4331438	3054049	2596420	232341

Графическая зависимость чистой текущей стоимости от ставки дисконтирования представлена на рисунке 16.

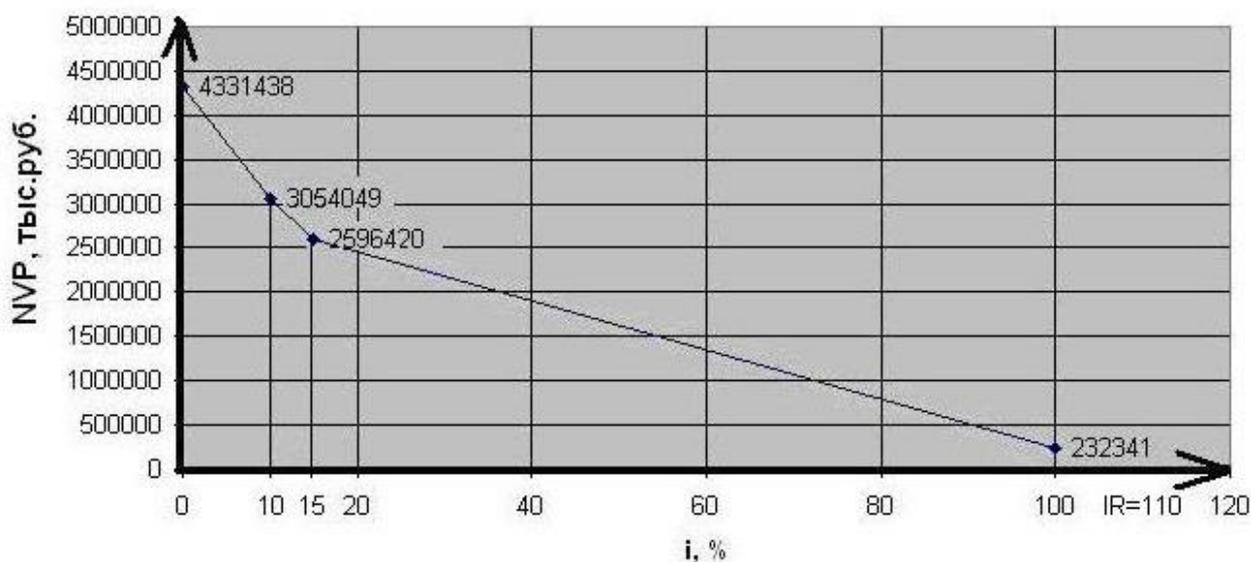


Рисунок 16 - График зависимости чистой текущей стоимости от ставки дисконтирования $NPV=f(i)$

Проведен технико-экономический анализ процесса сварки корневого слоя шва неповоротного стыка трубы диаметром 1420 мм, ручной дуговой сваркой покрытыми электродами и полуавтоматической сваркой в среде защитных газов методом STT.

По затратам на сварку изделия (первая ситуация) выгодна сварка методом STT. Она нам обходится дешевле на 444,6 руб./изд.

Учитывая условия второй ситуации (когда худший вариант имеет место, а второй будет внедряться) внедрять в производство

механизированную сварку методом STT тоже выгодно. Так как срок окупаемости при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PP = 0,98$ года. Чисто текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (6 лет) очень высокая. С точки зрения внутренней ставки доходности IRR проект оправдан. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PI = 8,03$, а проект считается эффективным, если $PI > 1$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение полуавтоматической сварки в среде защитных газов методом STT очень выгодно.

Таблица 38 - Сегментирование рынка

	Свариваемые толщины		
	До 10 мм	10 мм	Св. 10 мм
Для сварки простых конструкций	1, 2	1, 2	1, 2
Для сварки ответственных конструкций	1, 2	1, 2	1, 2

1 – Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U;

2 – Механизированная методом STT Pipeliner 80S-G.

Результат сегментирования рынка показал, что уровень конкуренции является высоким. Но если проанализировать данные, полученные из сегментации и сравнить преимущества и недостатки рассматриваемых по способу сварки, можно сделать вывод, что Механизированная методом STT являются наиболее подходящими для большинства сварочных операций, выполняемых в производственных условиях.

6.3 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 39 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности	0,25	3	5	0,75	1,25
2. Удобство в эксплуатации	0,1	4	5	0,4	0,5
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	0,5	0,4
4. Качество сварного соединения	0,15	3	5	0,45	0,75
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность работы	0,1	4	5	0,4	0,5
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	0,5	0,5
3. Цена	0,15	4	5	0,6	0,75
4. Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	0,25	0,25
Итого	1	33	39	5,85	4,9

Где сокращения:

Б_ф – Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U;

Б_{к1} – Механизированная методом STT Pipeliner 80S-G.

Во-первых, при сварке методом STT сокращается основное время сварки из-за увеличения значений коэффициента наплавки и применении модулированного сварочного тока, при использовании которого уменьшаются потери на разбрызгивание металла. Во-вторых, при сварке покрытыми электродами увеличивается вспомогательное время, связанное со сваркой шва, из-за необходимости очистки шва от шлака и необходимости смены электродов. В-третьих, увеличение

подготовительно–заключительного времени для сварки при сварке методом STT вызвано необходимостью продувки газовых коммуникаций.

В итоге, применение механизированной сварки плавящимся электродом методом STT позволит повысить технико-экономические показатели. Если же провести сравнение со сваркой покрытыми электродами, то следует отметить, что происходит сокращение штучного, штучно-калькуляционного времени и произойдет увеличение объемов партии.

6.4 SWOT – анализ

Таблица 40 - Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
<p>С1. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С2. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С4. Широкая область применения.</p> <p>С5. Актуальность проекта.</p>	<p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки.</p> <p>Сл2. Перенастройка оборудования.</p> <p>Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.</p> <p>Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала.</p>

<p>В1. Использование данной технологии при строительстве нефтепровода.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В4. Получение качественных сварных соединений</p>	<p>Получение высокоэффективного оборудования для механизированной сварки методом STT.</p> <p>Возможность создавать партнерские отношения с другими ведущими компаниями.</p>	<p>Снижение цен на технологии, используемые при механизированной сварки методом STT;</p> <p>Требуется множество перенастроек в связи с новшеством оборудования.</p> <p>Сотрудничество с зарубежными профессионалами и повышение квалификации персонала.</p>
<p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение.</p> <p>У3. Введение дополнительных требований.</p>	<p>Экономическая эффективность данного оборудования. Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.</p>	<p>- Расширение области применения за счет развития новых технологий.</p>

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4, 5, 6, 7.

Таблица 41 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	-	+	+
	B4	0	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетания сильных сторон и возможностей: В1С2С3С4С5, В2С1С2С3С4С5, В3С3С4С5, В4С2С3С4С5.

Таблица 42 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	-	+	+
	В2	+	-	+	-
	В3	-	+	-	+
	В4	+	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетания слабых сторон и возможностей: В1Сл1Сл3Сл4, В2Сл1Сл3, В3Сл2Сл4, В4Сл1Сл2Сл3.

Таблица 43 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	+	+	+
	У3	-	-	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание сильных сторон и угроз: У1С4С5, У2С1С3С4С5, У3С3С4.

Таблица 44 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие сочетание слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3, У2Сл1Сл2Сл3.

6.5 Планирование управления научно-техническим проектом

Таблица 45 – Календарный план проекта

№	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление и утверждение темы проекта	3	11.02	13.02	Руководитель
2	Анализ актуальности темы	4	14.02	17.02	Дипломник
3	Поиск и изучение материала по теме	4	18.02	21.02	Руководитель
4	Выбор направления исследований	3	22.02	24.02	Руководитель
5	Календарное планирование работ	3	25.02	28.02	Дипломник

6	Изучение литературы по теме	15	1.03	15.03	Дипломник
7	Подбор нормативных документов	11	16.03	26.03	Руководитель, Дипломник
8	Расчет параметров технологии	24	27.03	20.04	Руководитель, дипломник
9	Проверка параметров технологии	20	21.04	30.04	Дипломник
10	Анализ результатов	15	1.05	15.05	Руководитель, Дипломник
11	Исправление недочетов	15	16.05	30.05	Руководитель, Дипломник
12	Заключение	16	31.05	16.06	Руководитель, дипломник
Итого:		133			

Таблица 46- Календарный план-график проведения ВКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал.д н.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3	///													
2	Анализ актуальности темы	Дипломник	4	■													
3	Поиск и изучение материала по теме	Дипломник	4		■												
4	Выбор направления исследований	Руководитель	3		///												
5	Календарное планирование работ	Дипломник	3			■											
6	Изучение литературы по теме	Дипломник	5			■	■										
7	Подбор нормативных документов	Дипломник	1				■										
8	Расчет параметров технологии	Руководитель, дипломник	4						///	■							
9	Проверка параметров технологии	Дипломник	0								■						
10	Анализ результатов	Руководитель, Дипломник	5								///	■					
11	Исправление недочетов	Руководитель, Дипломник	5									///	■				
12	Заключение	Руководитель, дипломник	6												///	■	

6.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Таблица 47- Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.- дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.- дн.,	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3	3,6	14
2.	Анализ актуальности темы	Дипломник	4	4,4	22
3.	Поиск и изучение материала по теме	Дипломник	4	4,4	22
4.	Выбор направления исследований	Руководитель	3	3,6	14
5.	Календарное планирование работ	Дипломник	3	3,6	14
6.	Изучение литературы по теме	Дипломник	15	0,8	15
7.	Подбор нормативных документов	Дипломник	11	4,4	63
8.	Расчет параметров технологии	Руководитель, дипломник	24	0,8	25
9.	Проверка параметров	Дипломник	20	0,8	21

	технологии				
10.	Анализ результатов	Руководитель, Дипломник	15	0,8	15
11.	Исправление недочетов	Руководитель, Дипломник	15	4,4	85
12.	Заключение	Руководитель, дипломник	16	0,8	16
Итого:					326

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Ззп = Зосн + Здоп, \quad (7)$$

где $Зосн$ – основная заработная плата;

$Здоп$ – дополнительная заработная плата (12...20 % от $Зосн$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 10700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Здоп = k_{доп} \cdot Зосн, \quad (8)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 12304 рублей.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Звнеб = k_{внеб} \cdot (Зосн + Здоп), \quad (9)$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 48 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
Руководитель проекта	48000	5760
Студент	10700	1605
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого.	24190,5 руб	

Накладные расходы. Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{внеб}} \cdot \sum \text{статей}, \quad (10)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $Z_{\text{накл}} = 24190,5 \cdot 0,16 = 40089,8$ руб.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 49 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	326000
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	40875
3. Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5
4. Накладные расходы	40089,8
5. Бюджет затрат НТИ	542595,3

7. Социальная ответственность

7.1 Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

Сварку неповоротных стыков производят в универсальной палатке сварщика ПС-УМ.

Широкое применение электродуговой сварки при производстве металлоконструкций требует такой организации сварочных работ, которая обеспечила бы максимально возможную безопасность труда сварщиков.

При эксплуатации установок для дуговой сварки обслуживающий персонал может подвергаться воздействию большой группы опасных и вредных факторов. Наиболее характерными являются:

- поражение электрическим током;
- поражение глаз и открытой поверхности кожи излучением электрической дуги;

- ожоги брызгами расплавленного металла;
- отравление вредными газами, выделяющимися при сварке;
- ИК-излучение и тепловыделение от оборудования и нагретых поверхностей;
- возникновение пожара;
- шум и вибрация.

Таким образом, обслуживающий персонал при работе на данном оборудовании подвергается воздействию практически всех перечисленных факторов. Рассмотрим опасные и вредные факторы и методы защиты от их воздействия.

7.1.1 Инфракрасное и ультрафиолетовое излучения

Для ИК-излучения характерны электромагнитные волны с длиной волны 0,76...420 мкм. ИК-излучение испускается любым нагретым телом, температура которого определяет интенсивность и спектр излучаемой электромагнитной энергии. Тела, нагретые выше 1000°С, являются источниками коротковолнового ИК-излучения (0,7...9 мкм). С уменьшением температуры тела до 50 - 1000С ИК-излучение характеризуется длинноволновым спектром.

В зависимости от длины волны меняется проникающая способность. Наибольшей способностью обладает ИК-излучение с $\lambda=0,76...1,4$ мкм, которое способно проникать в ткани человека на глубину нескольких сантиметров. ИК-лучи длинноволнового диапазона задерживаются в поверхностных слоях кожи. Большая проникающая способность короткого ИК-излучения вызывает непосредственное воздействие на жизненно - важные органы (оболочка мозга, глаза и др.), поэтому опасность его воздействия существенна.

При эксплуатации сварочного оборудования, как правило, нет мощных источников ИК-излучения. Оборудование нагревается умеренно,

что не приводит к образованию опасного коротковолнового ИК-излучения. Его источником может стать зона взаимодействия сварочной дуги со свариваемым изделием.

Электрическая дуга во время сварки при эксплуатации является источником ИК и ультрафиолетового излучения, оказывающего вредное влияние на глаза своим действием. Испускаемые сварочной дугой невидимые ИК и УФ лучи вредно действуют на сетчатую и роговую оболочку глаза. Длительное воздействие дуги на незащищенный глаз (в течении 5-10 минут) вызывает через 1,5-2 часа сильные боли в глазах, слезотечение, светобоязнь, спазмы век и воспаление глаз. Облучение ультрафиолетовыми лучами в течении 1-3 часов вызывает ожог кожи наподобие солнечного. Испускаемые сварочной дугой невидимые инфракрасные лучи вызывают при длительном облучении незащищенных глаз общую потерю зрения.

Мерой защиты от излучения дуги является использование сварщиком защитных стекол из стекла марки ТС-3. Это стекло полностью поглощает УФ излучение. Из него изготавливают светофильтры типа четырех классов «Э» выбираемые для использования в зависимости от величины сварочного тока. Так для нашего случая для тока порядка 100-120А необходимо использовать светофильтр типа «Э-2» перекрывающего диапазон по защите току от 80 до 200А. Наилучшим вариантом является использование зеркального светофильтра из стекла данной марки, отражающего помимо УФ излучения ИК.

7.1.2 Шум и вибрация

В сварочной палатке основным источником шума является сварочное оборудование и подъемно-транспортные механизмы, расположенные рядом с палаткой. Воздействие этого оборудования мало и можно не применять средств защиты от шума и вибрации.

При сварке и сборке данной конструкции используют шлифовальные машинки, которые создают дополнительный шум, вредно действующий на

организм. У лиц, работающих в условиях постоянного шума, наблюдается повышенная утомляемость, нарушается концентрация внимания, точность и координация движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что способствует росту травматизма на производстве.

Вибрации, воздействуя на организм человека, могут явиться причиной функциональных расстройств нервной и сердечно-сосудистой системы, а также опорно-двигательного аппарата. Увеличение интенсивности и длительности вибрации, в ряде случаев, приводит к развитию вибрационной болезни.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003–83* и санитарными нормами [16].

Для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется организовывать 10-15 минутные перерывы после каждого часа работы и проводить комплекс профилактических мероприятий. Одним из направлений борьбы с шумом является создание шумопоглощающих устройств в самом технологическом образовании [10].

7.1.3 Электрическая безопасность

Электрический ток является важнейшим опасным фактором, воздействию которого может подвергаться персонал во время работы. Поражающее действие электрического тока зависит от следующих факторов:

- значение и длительность проникания тока через тело человека;
- род и частота тока;
- индивидуальные особенности человека.

Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20...100 Гц.

Все оборудование сварочного цеха должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) и действующим ГОСТам. Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок, имеющих в инструкциях заводов изготовителей.

Рассматривая сварочную палатку как рабочее помещение следует отметить, что она относится к категории помещений с повышенной опасностью [ПУЭ], так как присутствуют токопроводящие полы и отсутствует токопроводящая пыль. В соответствии с этим минимально допустимая степень защиты источника питания IP 11.

Для предотвращения поражения электрическим током применяются следующие основные методы защиты:

- изоляция, защитное заземление;
- недоступность токоведущих путей;
- использование двойной (рабочей и дополнительной изоляции);
- защитное отключение;
- применение специальных электрозащитных средств;
- организация безопасной эксплуатации.

Корпус источника питания и корпус сварочной машины необходимо заземлять. Для присоединения заземляющего провода на электросварочном оборудовании должно быть предусмотрено крепление - болт диаметром 5÷8 мм, расположенный в доступном месте с надписью “Земля” (или условным обозначением “Земля”). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых аппаратов запрещается [10].

7.1.4 Сосуды, работающие под давлением

Для того чтобы предупредить несчастные случаи от взрыва баллонов с защитными газами, следует строго соблюдать правила обращения с ними. В первую очередь нельзя допускать перегрева баллонов, резких толчков и ударов.

Баллоны с защитными газами обязательно должны закрепляться в специальных стойках. Во время транспортировки, при замене пустого баллона, также необходимо соблюдение техники безопасности. Транспортировка баллона должна осуществляться на специальных ручных тележках или носилках. Запрещается переносить баллоны на руках [10].

7.2 Экологическая безопасность

7.2.1 Воздушная среда и микроклимат производственного помещения

Микроклимат в производственном помещении оказывает существенное влияние на здоровье и самочувствие людей. Значительные колебания микроклимата могут приводить к перегреву или переохлаждению организма, что снижает производительность труда и влечет за собой заболевания и травматизм. Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда.

Процесс сварки сопровождается выделением мелкодисперсной пыли, содержащей до 90% частиц размером менее 5 мкм, что делает ее особо вредной для организма человека, так как она практически не оседает в воздухе производственного помещения, находится во взвешенном состоянии и легко проникает в легкие. Эта пыль имеет в своем составе такие вещества, как марганец, хром, никель и т. д., являющиеся канцерогенными и мутагенными веществами, влияющими, кроме того, на репродуктивную функцию человека и приводящими в некоторых случаях к заболеванию пневмокониозом. Данные вещества относятся к 1 классу опасности с допустимой концентрацией 0,01-0,05 мг/м³. Однако концентрация этих веществ в воздухе очень мала в связи с небольшими габаритами изделия и высокой скоростью процесса.

Основными вредными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения. В таблице 38 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

Таблица 50 – Классификация опасностей вредных веществ, выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

Согласно предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать величин, указанных в таблице 38.

В сварочных цехах на стационарных рабочих постах, а также, где это возможно, на нестационарных постах следует устанавливать местные вытяжные устройства.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам приведенным в таблице 39.

Таблица 51 – Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс	V, м/с
Сварка ручная	$\geq 0,5$
Сварка в инертных газах	$\leq 0,3$

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами, составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшиеся количество вредных веществ (10-20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции.

7.2.2 Охрана окружающей среды

Загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями связано в большей степени с загрязнением атмосферы.

Поэтому мероприятия по повышению экологической чистоты производства можно отнести к охране и рациональному использованию воздушного бассейна.

Эти мероприятия связаны с сооружением установок, для очистки воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией из цехов промышленных предприятий. Одним из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли являются электрофилтры. Их принцип основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего заряда, передачи заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах, с которых они затем удаляются механически. Также широкое применение для очистки газов от частиц пыли получили сухие пылеуловители – циклоны.

Для очистки технологических и вентиляционных выбросов от газов и паров применяют адсорберы. Адсорбция представляет собой процесс поглощения газов или паров поверхностью твердых веществ – адсорбентов. В качестве адсорбентов (поглотителей) применяют такие вещества, как глинозем, силикагель, активированный уголь и др.

Проектируемые и внедряемые в сварочное производство машины, оборудование, технологии не должны в процессе эксплуатации вызывать вредные экологические последствия. При разработке и внедрении технологических процессов предпочтение должно отдаваться безотходным и малоотходным технологиям.

7.3 Чрезвычайные ситуации

7.3.1 Отдел по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям

На случай чрезвычайных ситуаций (военное положение, применение оружия массового поражения, вооруженные конфликты, экономическое, политическое, научно-техническое противостояние, а также бедствия природного либо техногенного характера) на предприятии необходим отдел по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям. Данный отдел является самостоятельным функциональным структурным подразделением системы организации и обеспечения безопасности производства и защиты обслуживающего его персонала в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

Отдел в своей деятельности руководствуется: законами Российской Федерации, Постановлениями Правительства Российской Федерации, приказам и распоряжениями МЧС Российской Федерации, уставом, положениями и приказами предприятия.

Основными функциями отдела являются:

- анализ, прогнозирование и оценка возможных последствий при возникновении радиационной аварии на объекты, персонал и территорию промплощадки, санитарно - защитной зоны, зоны наблюдения и разработка мероприятий по их защите;

- организация и проведение под руководством комиссии по чрезвычайным ситуациям предприятия спасательных и других неотложных работ в зонах чрезвычайных ситуаций с привлечением для этих целей гражданских организаций гражданской обороны предприятия, сил и средств ГО и ЧС областного и городского уровня в соответствии с планом взаимодействия;

- подготовка, организация и проведение под руководством КЧСО комплексных, командно-штабных учений и тренировок в соответствии с планом общих мероприятий по ГО и ЧС предприятия;

- организация накопления, хранения и поддержания в готовности индивидуальных и коллективных средств защиты, специального имущества и материалов гражданской обороны;

- организация, совершенствование и поддержание в постоянной готовности локальных и объектовых систем оповещения, систем управления и связи;

- организация обучения и подготовки руководящего и командно-начальствующего состава, рабочих и служащих к действиям при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время.

- организация своевременного оповещения и сбора руководящего и командно-начальствующего состава, персонала и населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время;

- организация и контроль за проведением эвакуационных мероприятий при возникновении чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время;

- разработка, планирование и контроль за выполнением мероприятий по мобилизационной подготовке предприятия и др.

7.3.2 Пожарная безопасность и мероприятия по ее обеспечению

Наиболее вероятным и опасным случаем ЧС являются пожары.

Сварочное производство относится к пожароопасным, что обусловлено наличием веществ и материалов в горячем состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр, пламени, твердых, жидких газообразных веществ, которые сжигаются в качестве топлива.

Здание сварочного цеха относится ко второй степени огнестойкости сооружений, к категории Г.

Пожарная безопасность предприятия может быть обеспечена следующими мероприятиями.

Во всех производственных, административных и вспомогательных помещениях должны быть вывешены таблички с указанием порядка вызова пожарной охраны.

Правила применения на территории объекта открытого огня, проезда транспорта, допустимость курения и проведения временных пожароопасных работ устанавливаются общими объектными инструкциями о мерах пожарной безопасности.

Приказом устанавливается соответствующий противопожарный режим, в том числе:

- определены и обозначены места для курения;
- определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещении материалов;
- установлен порядок уборки горючих отходов, хранение промасленной спецодежды;
- определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня;
- регламентированы порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы;
- регламентированы порядок проведения временных огневых работ и других пожароопасных работ;
- определены действия работников при обнаружении пожара;
- определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначены ответственные за их проведение.

Руководитель работ совместно с работником пожарной охраны должен определить места установки противопожарного оборудования и обеспечить необходимым противопожарным инвентарем.

Объект необходимо обеспечить прямой связью с ближайшим подразделением пожарной охраны или центральным пунктом пожарной связи.

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Перед началом работы вновь зачисленных в штат рабочих обязательно инструктируют по безопасности труда, а в последующем не реже чем один раз в три месяца для всех рабочих проводят повторный инструктаж. Не позднее месяца со дня зачисления рабочего в штат руководство организации обучает его по безопасным методам производства работ. После окончания обучения, а в дальнейшем ежегодно проверяют знание рабочими безопасных методов и приемов выполнения работ.

При производстве сварочных работ предусматривают такую последовательность технологических операций, чтобы предыдущая операция не являлась источником производственной опасности при выполнении последующих. Для этого необходимо правильно организовать производственную площадку, участок работ и рабочие места.

Прежде всего на строительной площадке устанавливают для людей опасные зоны и обозначают их знаками безопасности установленной формы. Такими зонами являются зоны вблизи от неизолированных токоведущих частей электроустановок, вблизи не огражденных перепадов по высоте на 1,3 м и более, в местах перемещения труб, машин и оборудования, в местах производства погрузочно-разгрузочных работ. Проезды, проходы, погрузочно-разгрузочные площадки и рабочие места регулярно очищают от мусора (огарков электродов, кусков проволоки, стружки, предохранительных колец, которые снимают с торцов труб и др.). Проходы для рабочих, расположенные на стеллажах, уступах, откосах с уклоном более 20 градусов,

оборудуют стремянками или лестницами с перилами. Стеллажи для сборки и сварки труб должны быть смонтированы по утвержденному проекту. Рабочая поверхность стеллажа должна быть горизонтальной.

Особое внимание уделяют складированию труб на станциях разгрузки и трубосварочных базах. Трубы диаметром до 300 мм следует укладывать в штабель высотой до 3-х метров на подкладках и прокладках и прокладках с концевыми упорами; трубы диаметром более 300 мм - в штабель высотой до 3-х метров в седло без подкладок. Нижний ряд труб должен быть уложен на подкладки, укреплен инвентарными металлическими башмаками или концевыми упорами, надежно закрепленными на подкладках.

Сама планировка производственной площадки тщательно продумывается с точки зрения безопасности труда.

Важно соблюдать правила безопасной работы при погрузочно-разгрузочных операциях. Выгрузку труб из полувагонов и платформ производят кранами, снабженными специальными стропами или захватами. Запрещается нахождение людей в полувагоне или на платформе во время подъем или опускания труб. Такелажные приспособления (стропы, клещевые захваты) подвергаются техническому осмотру через каждые 10 дней с фиксацией результатов осмотра в журнале. Запрещается сбрасывать трубы с транспортных средств, а также вытаскивать их с торцов полувагонов тракторами, трубоукладчиками и автомобилями. При выгрузке труб кран следует установить так, чтобы расстояние между стенкой полувагона и поворотной частью крана при любом ее положении было не менее 1м. Погрузку секций труб на трубосварочных базах и разгрузку их на трассе следует производить трубоукладчиками. Во время погрузки секции на автопоезд запрещается кому-либо находиться на раме автомобиля или прицепа, или непосредственной близости от погружаемой секции. Трубы или секции, погруженные на транспортные средства, должны быть надежно закреплены против перемещения в продольном и поперечном направлениях.

Сварочные работы характеризуется рядом факторов, которые при незнании безопасных приемов труда и нарушении правил безопасности могут вызвать тяжелый производственный травматизм, как самих рабочих, так и лиц, работающих поблизости (электрический ток, световая радиация дуги, тепловое воздействие дуги, вредные выделения, взрывоопасность и др.)

К обслуживанию электросварочных установок допускаются специалисты, имеющие соответствующие удостоверения и не ниже 2-й квалификационной группы по технике безопасности. Разрешается использование только источников сварочного тока, специально предназначенных для электросварочных работ. Размещение сварочного оборудования должно обеспечивать безопасный и свободный доступ к нему. Электросварочные установки должны включаться в электросеть только при помощи пусковых устройств.

На месте работ по подъему, перемещению труб не должны находиться лица, не имеющие прямого отношения к выполнению данных работ.

8. Заключение

В результате проделанной работы была разработана технология сборки и сварки стыка нефтепровода. Для этого были подобраны соответствующие материалы, а также необходимое оборудование, были рассчитаны параметры режимов сварки.

Однако до начала производства по данным режимам обязательна их проверка на практике и соответствующая корректировка, особенно вследствие того, что часть расчётов проводилась по приближённым данным, часть по рекомендациям литературы, в которой в свою очередь нередко встречаются противоречивые данные.

По сравнению с существующей технологией предлагаемая технология более экономичная.

Проведен технико-экономический анализ процесса сварки корневого шва неповоротного стыка трубы диаметром 1420 мм, ручной дуговой

сваркой покрытыми электродами и полуавтоматической сваркой в среде защитных газов методом STT. По затратам на сварку изделия (первая ситуация) выгодна сварка методом STT. Она нам обходится дешевле на 444,6 руб./изд.

Экономический расчет так же показал, что новый проект устойчив к неблагоприятным изменениям важнейших параметров (инвестиций, количество производимой продукции и другие).

Список использованных источников:

1. «Сварка и свариваемые материалы: справочник»/ Под ред. В.М.Ямпольского.– М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 574с.
2. СТО Газпром 2-2.2-115-2007 - Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 мпа включительно
3. СНиП 2.05.06-85*- Магистральные трубопроводы.
4. СТО Газпром 2-2.2-115-2007 - Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 мпа включительно.
5. В.Н .Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров, под ред. В.В.Фролова. «Теория сварочных процессов».- М.: Высшая школа, 1988.- 559с.
6. А.И. Акулов, Т. А Бельчук., В. П. Демянцевич «Технология и оборудование сварки плавлением». М., Машиностроение, 1977.-432с.
7. Г. Д. Никифоров, Г. В. Бобров, В. М. Никитин и др «Технология и оборудование сварки плавлением». М., Машиностроение, 1978.-372с.
8. О.Н. Браткова «Источники питания сварочной дуги». М., Высшая школа, 1982.-168с.
9. «Сварка и свариваемые материалы: справочник»/ Под ред. В.М.Ямпольского.– М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 574с.
10. Е. А. Трущенко «Расчет режимов дуговой сварки сталей»: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. – Томск, тип. ООО «РауШ мбХ», 2005 – 27с.
11. «Оборудование для дуговой сварки»: Справочное пособие /Под ред. В.В. Смирнова. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1986. – 656с.
12. А. И. Гитлевич, П.А. Животинский. «Технологическое нормирование технологических процессов». – М: Машиностроение , 1976.– 172 с.

13. «Сварка в машиностроении»: Справочник в 4-х т./Редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др.–М.: Машиностроение,1979–Т.3/Под ред. В.А. Винокурова. 1979.–567 с., ил.
14. «Охрана труда в машиностроении»: Учебник для вузов; Под ред. Е.Я. Юдина – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983.–432 с.
15. Колосков М.М., Долбенко В.Т. и др. «Марочник сталей и сплавов».
16. М.: Машиностроение, 2001. – 672 с.
17. ТУ 14-105-644-2000 - «Технология производства толстолистового проката из стали 10Г2ФБЮ для соединительных деталей магистральных газопроводов».
18. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 – «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
19. ГОСТ 12.1.007.0–75 - «Система стандартов безопасности труда. Оборудование электротехническое».
20. ГОСТ 12.1.005–88 – «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
21. Менеджмент. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности (150202) оборудование и технология сварочного производства /Сост. Ю.С.Прокофьев. - Томск: Изд – во ТПУ,2006. – 56с.
22. ГОСТ 8050 – 85 – «Двуокись углерода газообразная и жидкая».
23. <http://mashinform.ru/>
24. <http://www.splav-kharkov.com>

Приложение А
(обязательное)

Раздел (1)
Общая часть

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Шабалин Роман Викторович		

Консультант отделения электронной инженерии ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Слободян М. С.	К. Т. Н.		

Консультант – лингвист отделения электронной инженерии ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Игна О. Н.	Д. П. Н.		

1 General

1.1 Description of the welded structure

For the construction and overhaul of the linear part of the main oil pipelines, electrically welded, straight-seam and spiral-seam pipes with a diameter of 1420 mm are used. Pipes must meet the requirements for welding of main gas pipelines with operating pressure up to 9.8 MPa inclusive [2].

When constructing the linear part of the welding column, installation and welding of two-pipe sections, one-pipe, single-tube cold bending with a bend angle of max. 6° is carried out. The FURA 01090.00001 welded construction is a two-pipe section. This two-pipe section is welded to the thread of the oil pipeline. The thread of the pipeline is a set of collected and welded linear sections. Figure 1 provides the location of the pipe on the wooden legs.

To avoid damage to the insulation and for easy access to the joint in the ceiling position, laying of the welded thread is done along a trench on wooden legs with dunnite gaskets (special non-woven fabric) or rubber. Depending on the properties of the soil and the angle of inclination to the horizon, the number of paddles laid can vary.

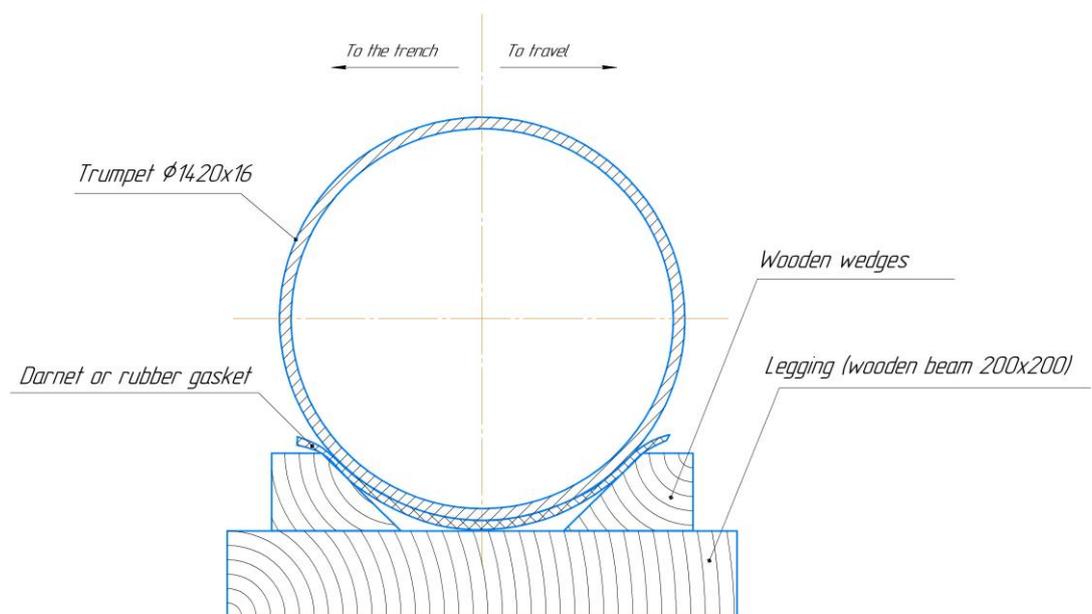


Figure 1 - Location of the pipe on the wooden legs

1.2 Material of welded construction

Pipes for main oil pipelines are made of different strength categories up to K65 inclusive. The concrete chemical composition of the steel is determined by agreement between the Customer and the Pipe manufacturer, depending on the strength category, the performance (conventional, cold-resistant) and the pipe manufacturing technology. The chemical composition of the steels used must comply with the requirements of standards or technical conditions approved in accordance with the established procedure [3].

Low-alloyed steel 10Г2ФБЮ refers to the category of well-studied perlite pipe steels alloyed with niobium and vanadium, which have received wide practical application in the production of main oil pipelines.

Optimal combination of strength, plastic and viscous properties of this steel is achieved as a result of controlled rolling, which involves low-temperature heating and significant rolling depressions at low temperatures in the stands of a sheet or broadband mill.

In the hot rolled condition, rolling of all thicknesses differs in the uniformity of strength, plastic and viscosity properties. High strength characteristics clearly demonstrate the effective dispersion hardening of niobium and vanadium steel as a result of hot rolling under the chosen regime.

The low content of carbon in steel, thanks to the improvement of the technology of smelting and rolling, made it possible to ensure good weldability of K60-grade carbon steel - the carbon equivalent (S_{eq}) does not exceed 0.43, and the parameter for cracking during welding does not exceed 0.18.

Table 1 - Mechanical properties of rolled steel 10G2FBU

Temporal resistance, σ_B MPa,	Yield strength σ_T , MPa	Relative extension δ , %	Impact toughness at temperature -40°C, J / cm ²
590-690	460-580	20	43

Table 2 - Chemical composition of 10G2FBU

C, %	Mn, %	Si, %	Al, %	S, %	P, %	V, %	Nb, %	Ti, %	C, % ЭКВ
0,09- 0,12	1,55- 1,75	0,15- 0,5	0,02- 0,05	0,006	0,02	0,08- 0,12	0,02- 0,05	0,01- 0,035	0,43

"Chelyabinsk Tube-Rolling Plant" produces welded straight-seamed pipes with a diameter of 1420 mm and a wall thickness of 16 mm from sheets of steel 10G2FBYU according to GOST 10706-76. These pipes have factory edge trimming and three-layer insulation.

Each batch of pipes must have a manufacturer's certificate specifying the acceptance specifications that are regulated by the technical conditions. Each pipe must have a passport issued by an organization that carries out technical supervision of pipe production.

1.3 Selection of the welding method

Welding of the joints of the linear part of oil pipelines should be performed by one of the following methods or by a combination of them [4]:

- automatic submerged arc welding;
- automatic welding in a protective gas environment with a solid wire;
- mechanized welding in a carbon dioxide medium with a solid-wire wire by the STT method;
- mechanized welding self-shielded flux cored wire;
- manual arc welding with coated electrodes;

The welding process of the joint is divided into three stages:

- welding of the root layer of the weld;
- filling passages;
- welding of the seam.

Before analyzing possible welding methods, it should be noted that joint welding,

according to the technology, is produced by two methods of welding. In one way, the root layer of the seam is welded, while the other way is welding the filling passages and the lining seam.

The most important welding procedure is welding of the root seam, where it is necessary to strictly control such processes as melting, melting, forming of the return roller, therefore, when choosing the welding method, it is necessary to choose welding methods where the welder manually produces the seam. Currently, welding of the root layer of the seam involves welding with coated electrodes and mechanized welding in a carbon dioxide medium with a solid wire by the STT method. To determine the most optimal welding method, consider the advantages and disadvantages of both methods.

1.3.1 Manual arc welding with coated electrodes.

The advantages of the method:

- simplicity and availability of equipment;
 - possibility of welding in hard-to-reach places;
 - speed of electrode change;
- mobility.

Lack of method:

- low productivity;
- large costs of materials for cinders and spills;
- the most difficult method of execution;
- the need for preparation of electrodes (calcination);
- multifactor quality.

1.3.2 Welding in shielding gases with a consumable electrode (STT method).

The advantages of the method:

- high degree of arc concentration, providing a minimal zone of structural transformations and small deformations of the product;

- high performance;
- Highly effective protection of molten metal;
- the possibility of visual observation of the formation of a seam;
- no slag removal operation;
- minimal spraying;
- significant reduction of smoke formation;

Disadvantages of the method:

- application of gas equipment;
- application of protection against light and thermal radiation of the arc;
- freezing of gas communications and the channel guide wire at low temperatures;
- the harmful effect of shielding gas on the health of the welder;
- high cost of equipment.

For welding the filling and facing passages, on the contrary, for straightness of the seam, and uniform scaling, a stable lateral oscillation and feeding of the electrode into the weld pool is necessary.

1.4 Special feature of STT welding

To compare the two methods, first, we study the nature of welding by the STT method. The STT process is an innovative welding method based on metal transfer due to surface tension forces (Surface Tension Transfer TM - STT). Developed by Lincoln Electric (Lincoln Electric), the STT process is a promising concept for welding technology using the high-speed adaptive Waveform Control Technology TM, an example is shown in Figure 2.

A distinctive feature of this process is that when welding by the STT method, the transfer of the electrode metal to the welding bath is carried out with a minimum of action on the drop of the electrodynamic force (Pinch effect force), i.e. The transfer of the drop into the weld pool is carried out under the action of surface tension forces of the molten metal on the surface of the drop. In the STT method, this is achieved by a complex cyclogram of the current and voltage variation on the arc.

The rupture of the jumper between the drop and the electrode wire, as well as the repeated ignition of the arc, is also due to a complex cyclogram of the current and voltage on the arc. This approach makes it possible to control the viscosity of the molten metal of the weld pool, to balance the forces acting on the weld pool, the dimensions and surface tension of the weld pool metal, and thus effectively form the return roller.

The main features of the STT welding process are:

- The value of the welding current is adjusted automatically, depending on the requirements of the welding arc.
- The reaction time of the system to changes occurring in the weld pool is a few microseconds.
- The arc parameters are optimized at each time during the whole process of formation and transfer of each drop of molten metal from the electrode to the weld pool.

T0-T1 - base current - this constant arc current value before a short circuit with the weld pool can be set between 50 and 100A.

T1-T2 - droplet formation - when the electrode is first closed to the weld pool at the base current, the potential difference detector on the arc detects this short circuit. The base current drops to a value of 10A and is held at this value about 0.75 msec.

T2-T3 - in this time interval occur:

- a). Compression of a droplet - after the formation of a droplet, the current at the shorted electrode increases. The transfer of molten metal into the weld pool is accelerated by the crimping effect. The electrical resistance between the electrode and the droplet in this phase is not zero because of the high resistance of the metal heated to the melting point.
- b). Calculating the rate of change in voltage - the cross section of the neck connecting the electrode to the drop in this phase decreases due to reduction, and the resistance of the neck increases. Proportional to the increase in resistance, the potential difference also changes. Reaching the rate of change in the voltage of a

certain value indicates that the cross section has reached a critical value and the drop is ready to separate. The current decreases to 5 A during microseconds. This occurs before the electrode goes out of the short circuit with the weld pool.

T4 - droplet separation - the actual droplet separation occurs at time T4 at low current. After the neck between the drop and the electrode strongly narrows, the surface tension force acting on the drop on the side of the electrode decreases.

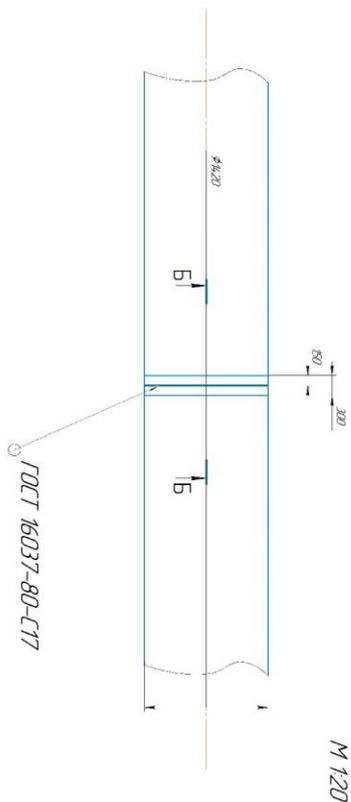
There is a soft separation of the drop and its smooth connection to the welding bath - due to superior surface tension forces acting on the drop from the side of the weld pool.

T5-T6 - the growth of the plasma column - immediately after the dropping off and interruption of the short circuit between the electrode and the weld pool, a high current is applied to the electrode, which causes the electrode to melt and maintain the arc length. At that moment the shape of the melting section of the electrode is very whimsical. The reactive forces acting on the electrode from the side of the cathode-welding bath press up the droplet that began to form, prolonging the arc and eliminating the possibility of a premature short circuit. At the same time, the high current value acting on this phase fulfills the task of improving fusion and wetting by briefly expanding the arc and causing a strong cathode heating effect. With the traditional process, increasing the current to improve fusion generates a series of uncontrolled short circuits, forming a huge number of welding sprays.

T6-T7 - stabilization - in this phase of the cycle the arc current is smoothly reduced to the base value, preventing the leading to stirring of the weld pool due to a sudden drastic change in the magnitude of the electrodynamic forces acting on the weld pool.

Приложение Б

ФЭРА 01090100001

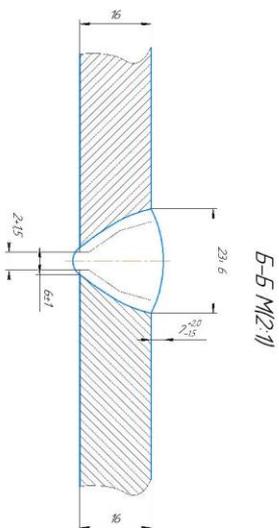


Химический состав стали 10Г2ФБ0 (ТУ 1391-012-05757848-2005)

C, %	Mn, %	Si, %	Al, %	S, %	P, %	V, %	Nb, %	Ti, %
0,09-0,12	1,55-1,75	0,15-0,5	0,02-0,05	$\leq 0,006$	$\leq 0,02$	0,08-0,12	0,02-0,05	0,01-0,035

Механические свойства стали 10Г2ФБ0

Временное сопротивление σ_t , МПа	Предел текучести σ_s , МПа	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость при температуре -40°C , Дж/см ²
588	481	20	4,3



| Изд. № |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | |

ФЭРА 01090100001		Однородный вид		Сварочный стержень		10Г2ФБ0		ИИ ПИИ ДИИ	
ИИ	ПИИ	ДИИ	ДИИ	ДИИ	ДИИ	ДИИ	ДИИ	ДИИ	ДИИ

Приложение В

Тех. Карта, карта эскизов, спецификация