

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

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**
Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
Отделение **электронной инженерии**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ

УДК 612.791.72 669.15-194.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ71	Кеоворлавонг Пхусон		30.5.2019 г.

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фадеева В.Н.	К.Ф.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дашковский А.Г.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселев А.С.	К.Т.Н.		

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 15.04.01

Код результата	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий
P2	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P3	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники
P4	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента качества предприятия
P5	Способность работать в многонациональном коллективе над междисциплинарными проектами в качестве исполнителя и руководителя
P6	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P9	Применять глубокие знания в области конструирования сборочно-сварочных приспособлений, механизации и автоматизации сварочных процессов с учетом специфики технологии изготовления сварной конструкции
P10	Решать инновационные задачи по сварке специальных сталей, применению современных методов неразрушающего контроля с использованием системного анализа и моделирования процессов контроля
P11	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 науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.С. Киселев
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
IBM71	Кеоворлавонг Пхусон

Тема работы:

Технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	03.04.2019 № 2557/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ, Режим работы: непрерывный Вид сырья: электроды с целлюлозным и основным покрытием для РДС; сварочные проволоки сплошного сечения порошковые проволоки для автоматической сварки в среде защитных газов; защитные газы, Электроды АНО-21 или 24 и МР-3
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Литературный обзор 2. Методика и материалы исследования 3. Результаты эксперимента 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Называние цель и задачи работы 2. Материалы и методы исследование 3. Расположение трубы на деревянных лежках 4. Заводская разделка кромок 5. Внешний вид сварного шва

	6. Заводская разделка кромок и внешний вид корневого прохода 7. График срока окупаемости инвестиционных затрат 8. График зависимости чистой текущей стоимости от ставки дисконтирования $NPV=f(i)$
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
1. Аналитический обзор литературы по теме исследования 2. Постановка задачи исследования 3. Объект и методы исследования 4. Результаты работы 5. Обсуждение результаты работы 6. заключение	Слободян. М. С.
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фадеева Вера Николаевна
8. Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Методика и материалы исследования	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.04.2019
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Слободян. М. С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ71	Кеоворлавонг Пхусон		

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

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение **электронной инженерии** _
 Уровень образования **магистратура**
 Период выполнения **(осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)**

Форма представления работы:
магистерская диссертация
 (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.04.2019	<i>Обзор литературы</i>	20
15.04.2019	<i>Разработка методики исследований</i>	20
10.05.2019	<i>Проведение экспериментальных исследований</i>	30
30.05.2019	<i>Оценкарезультатовэкспериментальных исследований</i>	20
03.06.2019	<i>Заключение</i>	10

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1BM71	Кеоворлавонг Пхусон

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01- Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фадеева Вера Николаевна	к.ф.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Кеоворлавонг Пхусон.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1BM71	Кеоворлавонг Пхусон

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Работы является разработка технологии сварки магистрального трубопровода диаметром 1220мм и технико-экономического обоснование сборки и сварки двух плетей магистрального трубопровода, состоящих из двух однотрубных.
1. Перечень законодательных и нормативных документов по теме	1.Техника пожарной безопасности на производстве (ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ). 2.Техника безопасности при работе с электро-и радиотехническими устройствами (ГОСТ 12.1.006-84). 3.Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) ССБТ. 4.Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных вредных факторов: – Загазованность воздуха; – Температура поверхностей оборудования; – Показатели микроклимата в помещении; – Освещенность рабочей зоны; – Уровень шума на рабочем месте
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Анализ выявленных опасных факторов: – Электробезопасность; – Брызги расплавленного металла и искры;
3. Охрана окружающей среды:	Анализ воздействия объекта на: – Атмосферу (выбросы): воздействие на атмосферный воздух сварочных аэрозолей и газов; Литосферу (отходы): металлическая стружка при зачистке металла образцов.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Вероятной ЧС является пожар; эвакуация, средства тушения
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии	– Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

	– Правовые нормы трудового законодательства. Социальная защита работников.
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент (ООД, ШБИП)	Дашковский Анатолий Григорьевич	доцент (ООД, ШБИП)		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Кеоворлавонг Пхусон		

Оглавление

	с
Введение	14
1 Обзор литературы.....	16
1.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами при строительстве газопроводов.....	16
1.1.1 Область применения ручной дуговой сварки в строительстве газопровода.....	16
1.1.2 Техника ручной дуговой сварки покрытыми электродами газопроводов	17
1.1.3 Перенос электродного металла в сварочную ванну при ручной дуговой сварке	18
1.1.4 Достоинства и недостатки ручной дуговой сварки покрытыми электродами при строительстве, монтаже газопровода	19
1.2 Виды и особенности сварки трубы.....	22
1.2.1 Типы сварки и их отличия	23
1.2.2 Виды сварных соединений.....	28
1.2.3 Технология сварки толстостенных труб	29
1.2.4 Особенности труб	30
1.3 Описание сварной конструкции	31
2 Материал для изготовления труб	35
2.1 Материалы и методы исследования	35
2.2 Выбор способа сварки.....	37
2.3 Сущность способа сварки методом STT	40
2.4 Сварочные материалы.....	42
2.4.1 Обоснование выбора сварочных материалов	43
2.4.2 Характеристики выбранных сварочных материалов.....	46
2.5. Сварочное оборудование	49
2.5.1 Оборудование для полуавтоматической сварки плавящимся (метод STT)	54
2.5.2 Оборудование для автоматической сварки в среде защитных газов.....	57
2.6 Сборочно-сварочные приспособления.....	60
2.6.1 Приспособление для сборки и центровки труб	60
2.6.2 Приспособление для перемещения труб	62
2.7 Сборка и сварка стыка.....	64
2.7.1 Подготовка кромок деталей под сварку	64
2.7.2 Сборка стыка	65
2.7.3 Предварительный подогрев кромок	69

2.7.4 Режимы сварки корневого слоя шва механизированной сваркой плавящимся электродом (метод STT)	73
2.7.5 Режимы сварки заполняющих слоев автоматической сваркой в среде защитных газов плавящимся электродом	74
2.7.6 Визуально-измерительный контроль	74
2.7.7 Определение норм времени при сварке корневого слоя шва предлагаемыми способами	75
3 Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	83
3.1 Предпроектный анализ.....	83
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	84
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	84
3.2 SWOT–анализ	86
3.3 Планирование научно-исследовательских работ	89
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	89
3.3.2 Инициация проекта	90
3.4 Экономический расчет	93
3.4.1 Расчет для первого варианта исполнения	93
3.4.2 Расчет для второго варианта исполнения	98
3.4.3 Расчет фонда заработной платы	106
3.4 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования	109
3.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта	109
4 Социальная ответственность	113
Введение	113
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	113
4.2 Производственная безопасность.	115
4.2.1 Параметров микроклимата в помещении.....	115
4.2.2 Шум и вибрация	115
4.3 Освещенность рабочей зоны.....	117
4.4 Уровень электромагнитных излучений.....	118
4.5 Анализ опасных и вредных производственных факторов	118
4.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	120
4.7 Экологическая безопасность.	121
4.8 Расчет защитного заземления	122
4.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	125
4.10 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии.....	127

Заключение	134
Список литературы	135

Реферат

Выпускная квалификационная работа 134с, 25рисунка, 48таблицы, 25 источник, 1приложения, 8л. графического материала.

Ключевые слова: неповоротный стык, линейный участок, магистральный трубопровод, сварка в защитных газах, сварочные материалы, оборудование.

Объектом исследования является технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ.

Цель работы является разработка технологии сварки магистрального трубопровода диаметром 1220мм и технико-экономического обоснование сборки и сварки двух плетей магистрального трубопровода, состоящих из двух однотрубных.

В процессе работы был проведен сравнительный технико-экономический анализ сварки магистрального трубопровода диаметром 1220мм и также проварки корневого слоя шва, двумя способами сварки. Использована технология ручной дуговой сварки покрытыми электродами и предложена к использованию механизированная сварка в среде защитных газов.

Достигнутые технико-экономические показатели: наиболее производительная сварка корневого слоя диаметром 1220мм.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 с использованием графического редактора Компас-3D V19.

The abstract

Final qualifying work 134with, 25drawings, 48tables, 25sources,1 appendix, 8-page graphics material.

Keywords: not rotary joint, a linear site, the main pipeline, welding in protective gases, welding materials, the equipment.

Object of research is not rotary joint of pipes in diameter 1220 mm.

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 precooking 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 mechanized 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 2010 with use of graphic editor Kompas-3D V19.

Введение

Сварка относится к числу экономически выгодных, технологических и высокопроизводительных процессов, что в свою очередь дает возможность использования в различных областях машиностроения, науке и строительстве. Ручная дуговая сварка покрытым электродом широко используется при изготовлении металлических конструкций в различных отраслях промышленности, при строительстве нефти и газопроводов. Сварка также необходима при ремонте различных деталей и изделий [1].

Для дуговой сварки применяют постоянный или переменный ток. Использование переменного тока приводит к периодическому погасанию дуги и последующему ее зажиганию при изменении направления тока в сварочной цепи. Это приводит к тому, что стабильности горения при использовании электродов с основным покрытием недостаточно.

Расстояние между географическими районами добычи нефти и газа является важным фактором, так как основные запасы нефти сосредоточены в Северных и Восточных регионах страны, а основными потребителями является центральные и западные региональные участки страны. В связи с этим, основной проблемой является транспортировка сырья. Основным лидером по транспортировке является трубопровод [2].

Любое строительство начинается с проектной документации, подготавливаемой еще до начала строительства. 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, и затраты времени на выполнение строительства.

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

В данной выпускной квалификационной работе изучены и использованы материалы со строительства уникального объекта ОАО «АК транс нефть» - трубопроводная система «Восточная Сибирь-Тихий Океан»

1 Обзор литературы

1.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами при строительстве газопроводов

1.1.1 Область применения ручной дуговой сварки в строительстве газопровода

При строительстве трубопровода одной из самых востребованных профессий является профессия сварщика. Сварка, как метод соединения труб в трубопроводе, используется наиболее часто, так как именно сварное соединение является наиболее прочным и надежным. Кроме того, при таком виде соединений не требуется применение никакой специальной запорной арматуры, а значит и обслуживание трубопровода существенно облегчается. Это очень важно, так как во многих случаях доступ к месту соединения труб в трубопроводе бывает затруднен.

Самым распространенным методом сварки при работе с трубопроводами является ручная дуговая сварка трубопроводов. Конечно, скорость работы при применении такого метода сварки ниже, чем скорость сварки с применением автоматического или механизированного метода – если при ручной сварке максимальная скорость составляет 20 метров в час, то при автоматической может достигать 60 метров в час. Но довольно часто сварочные работы по трубопроводу просто невозможно производить при помощи автоматизированной сварки. При этом ручная сварка труб может применяться практически в любом месте и при любом положении стыка труб – и вертикальном, и горизонтальном, и нижнем, и потолочном [3].

При строительстве газопроводов в работу идут трубы стальные бесшовные, электросварные прямошовные и других специальных конструкций, изготовленные из полуспокойных и спокойных низколегированных сталей диаметром до 1020 мм и низколегированных сталей в термомеханически упрочненном состоянии для труб диаметром до 1420 мм.

Сварные соединения трубопроводов должны отвечать требованиям ГОСТ 16037-80.

1.1.2 Техника ручной дуговой сварки покрытыми электродами газопроводов

Ручная дуговая сварка плавящимся покрытым электродом (далее – РДС) дуговая сварка плавящимся электродом, выполняемая вручную с использованием покрытого электрода. Сущность способа заключается в следующем: для образования и поддержания сварочной дуги к электроду и изделию от источника сварочного тока подводится переменный или постоянный сварочный ток (рисунок 1).

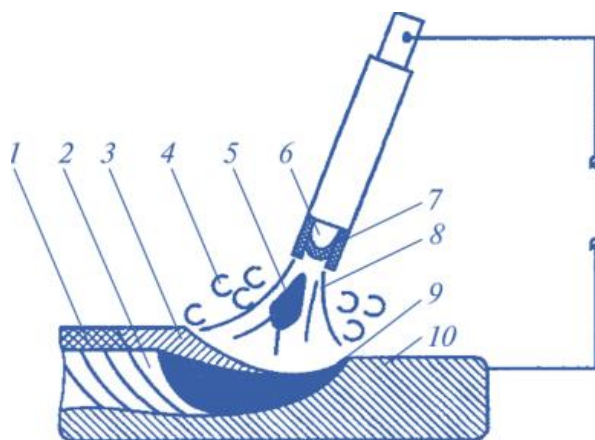


Рисунок 1 – Схема процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом: 1-твердый шлак; 2-шов; 3-жидкий шлак; 4-газовая защита; 5-капли жидкого металла; 6-стержень; 7-электродное покрытие; 8-дуга; 9-сварочная ванна; 10-деталь

В процессе сварки дуга расплавляет металлический стержень электрода.

Этот стержень электрода в виде отдельных капель производит переход в сварочную ванну. В свою очередь электродный металл смешивается с основным металлом, а шлак всплывает на поверхность [4].

При соединении труб стыки могут быть как повторными, так и неповоротными. Кроме того, последовательность сварных работ зависит и от диаметра труб.

Электрод с целлюлозным покрытием при сварке корневого шва увеличивает темпы сварки, качество работ, производительность.

Эксплуатационная надежность стыков и качество сварного шва во многом зависит от механики выполнения корневого шва. Сварку корневого слоя

шва следует выполнять методом «замочной скважины»: в процессе сварки сварщик должен наблюдать за торцом электрода, для полного обеспечения требуемого качества.

Просвет (замочной скважины) позволяет сварщику проводить наблюдение за процессом наплавления кромок.

1.1.3 Перенос электродного металла в сварочную ванну при ручной дуговой сварке

В процессе дуговой сварки плавящимся электродом происходит перенос металла с электрода в сварочную ванну в виде капель, нагретых до температур, в значительной мере превышающих температуру плавления, а также в виде паров.

Этапы образования и переноса металла с электрода в сварочную ванну в процессе сварки показаны на рисунке 2.

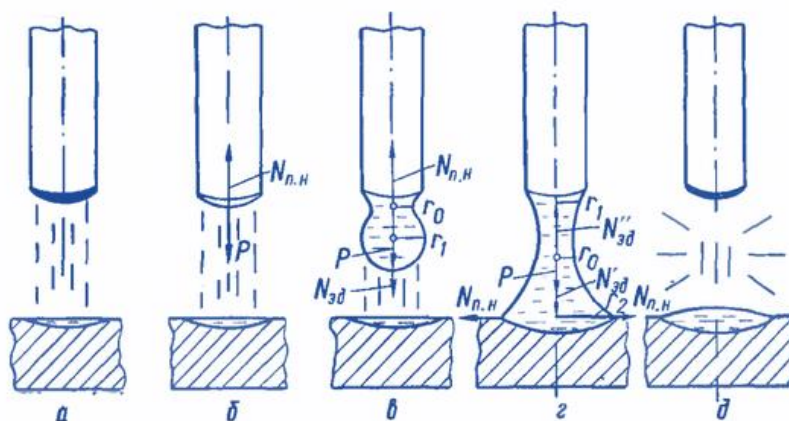


Рисунок 2 – образования и переноса жидкого металла: б – капли на торце электрода; в – появление шейки на стыке жидкого металла; г – замыкание капель дугового промежутка; д – разрыв образованного мостика и возникновение дуги;

На торце электрода под действием тепла дуги образуется капля жидкого металла, удерживаемая силами поверхностного натяжения. В процессе ее увеличения в результате воздействия электромагнитных сил и силы тяжести форма капли изменяется и происходит сокращение длины дуги. Происходит уменьшение напряжения дуги и увеличивается сила тока. Дальнейшее

увеличение размера капли приводит к тому, что происходит замыкание дугового промежутка и в последствие его отрыву.

При увеличении силы тока средний размер капель уменьшается, они чаще отрываются от электрода и, пересекая дуговой промежуток, попадают в ванну.

В результате взрывообразного процесса отрыва частей капель от торца электрода некоторые из них отбрасываются в сторону в виде брызг металла.

Потери на разбрызгивание увеличиваются с увеличением силы тока.

При достаточно большой плотности тока в электроде его плавление имеет характерный струйный перенос.

В процессе сварки электродами с качественным видом покрытия и штучными электродами под действием дуги плавится и происходит частичный переход в газообразное состояние не только металл, но и покрытие. Покрытие несколько отстает от плавления электродного стержня, в свою очередь образуя «чехол». В этом случае капли, пересекающие промежуток, могут быть сопоставимыми с диаметром электродного стержня, а также крупными и мелкими.

Шлак, получающийся в результате расплавления покрытия, переносится в дуге частично в виде капель, использование, а частично в виде шлакового покрова на каплях металла и внутри их. Газовое выделение при плавлении электрода, в частности при наличии «чехольчика» покрытия на торце электрода, приводит к интенсивному газовому дутью, направленному от электрода к ванне. Кроме того, газы в ряде случаев образуются и внутри капель, например, в результате окисления углерода в стали и образования CO. В связи с этим многие капли, особенно мелкие, являются пустотелыми, с малой средней плотностью [5].

1.1.4 Достоинства и недостатки ручной дуговой сварки покрытыми электродами при строительстве, монтаже газопровода

Как известно, классификация ручной дуговой сварки подразделяется на большое количество способов и режимов работы, подразумевает использование приспособлений различных видов, но конечной целью является — получить

качественный шов. Это качество зависит не только от того, какие виды сварки используются, но и влияние оказывает другие нюансы, например, материалы, при помощи которых будет проводиться сварка, внешнее состояние поверхности, и качество подготовленных кромок. При выборе той или иной техники для сварки, нельзя опираться лишь на ее технические характеристики и говорить, что предопределяется конечный результат.

В зависимости от того, какая форма изделия используется при сварке, и какой размер этого изделия, возможна работа в различных положениях относительно пространства. Так, такие положения разделяются на нижние и потолочные, а также вертикальные и горизонтальные, соответственно. Это тоже довольно важный момент, поскольку от этого может зависеть способ ручной сварки.

Наиболее распространенная дуговая сварка при изготовлении и сваривании металлических сварных конструкций – это сварка покрытыми электродами. Это объяснимо несколькими причинами. Популярность ручной сварки заключается в простоте и мобильности данной техники сваривания в целом, аппаратами и оборудованием, которые используются, а также возможностью использования ее в любом из вышеперечисленных пространственных положений. Кроме того, дуговая сварка дает возможность работать даже в труднодоступных местах [6].

Однако у этой технологии есть недостатки: в первую очередь, низкая производительность. Это связано не только с отсутствием автоматизированных и механизированных установок, но и с высоким коэффициентом потери электродного материала в результате разбрызгивания. Если говорить о мобильности и невозможности использовать другие виды сварки в монтажных условиях трубопровода, то ручная дуговая сварка является отличным решением проблемы, однако имеет смысл применять технологии, повышающие качество сварного шва и производительность путем изменения крупнокапельного переноса металла на мелкокапельный и струйный.

Ручная дуговая сварка позволяет выполнять любые сварные швы в любых пространственных положениях, что делает ее незаменимой в строительстве газопроводов и других трубопроводов. Однако стоит заметить, что при сварке в положениях отличных от нижнего, под действием силы тяжести, сварочная ванна стекает, ухудшая формирование сварочного шва. В этом случае конечный результат, а именно качественный шов, будет напрямую зависеть от умений и квалификации сварщика. Кроме того, сложно переоценить роль корневого шва при сварке трубопровода, который определяет прочность всей конструкции.

Немаловажным является и то, что переизбыток тепловых вложений в сварочный шов сказывается на структуре шва, вызывая рост кристаллов.

Кроме этого, большое тепло вложение в изделие способствуют большим сварочным деформациям и остаточным напряжениям. Данное обстоятельство будет немаловажным при строительстве газопровода с высоким давлением газа.

Поэтому очень важно контролировать процесс сварки, а именно правильно регулировать режимы. Но для расплавления электродного покрытия и поддержания стабильной дуги необходим ток определенного значения, который называется критическим. Поэтому данное решение проблемы имеет ограничения.

Если же технологией предусмотрен высокий сварочный ток то, чтобы вовремя предупредить протекание металла во внутрь трубы, сварку производят на минимальных зазорах от 1 до 2 мм при толщине стенки труб от 5 до 25 мм. А также первый слой необходимо наваривать так, чтобы в итоге получить несколько вогнутую поверхность шва. Это в свою очередь обеспечивает качественный провар корня и более лучшее формирование последующих слоев.

Немаловажной характеристикой сварного шва является его структура, особенно это важно при сварке и эксплуатации труб в АО «Транснефть – Центральная Сибирь». Но, к сожалению, этот параметр средствами ручной дуговой сварки контролировать практически невозможно.

1.2 Виды и особенности сварки трубы

Соединение отдельных элементов трубопроводов производится различными методами, однако, наиболее популярный из всех – сварка. Этот способ применяется как в быту, так и на разных промышленных предприятиях при соединении деталей трубопроводов из разных материалов (металл, пластик). Технология сварки труб позволяет стыковать детали на трубопроводе в любых положениях, что очень удобно. Кроме этого, сварные соединения отличаются повышенной прочностью и герметичностью, в отличие от резьбовых.

Соединение отдельных элементов трубопроводных магистралей или бытовых ответвлений выполняется по единым стандартам. Мастер использует специальную аппаратуру, регламентируемую, которая оказывает воздействие на трубу тем или иным способом (в зависимости от конкретного случая).

По типу прилагаемых усилий сварку труб подразделяют на четыре вида:

- термическую;
- термомеханическую;
- механическую;
- холодную.

При термическом методе происходит нагрев трубы. При термомеханическом соединении труб осуществляется за счет нагрева специальной проволоки. Механический способ применяется, как правило, в промышленных целях и может осуществляться благодаря силе трения или направленному взрыву. А также существует холодная сварка, которая выполняется с помощью специальных химических составов. Средство наносят на края труб, предназначенных под сварку, и прижимают их, в результате чего через некоторое время образуется довольно прочный шов. Сварка труб разного диаметра производится с использованием специальных проводников. Это может повлиять на надежность соединения, однако, если всю работу выполнить правильно, то тогда стык будет прочным и герметичным и прослужит долго.

1.2.1 Типы сварки и их отличия

Сварка — это физико-химический способ соединения отрезков трубопровода, который образует соединение двух участков конструкции. Это происходит или с помощью сплавления или же благодаря пластической деформации под давлением. Технология формирования сварного шва может быть разной в зависимости от типа сварки:

- горячая;
- холодная.

По методу исполнения этот процесс может быть:

- ручным;
- автоматическом.

Ручной метод подразумевает, что все этапы сварочных работ выполняются человеком. Автоматический метод производится с помощью специальных станков. При автоматической сварке все этапы механизированы и не требуют человеческого вмешательства, однако, на стадии подготовки мастера вносят необходимые настройки, задавая сварочную программу. Цена такие станки довольно высока и, поэтому используют крайне редко, как правило, на больших предприятиях, которые выполняют большие объемы работы.

На сегодняшний день существует около 50 видов и огромное разнообразие сварочного оборудования. Наиболее распространенными видами на сегодняшний день являются;

- электросварка;
- холодная;
- газовая;
- диффузная;
- электросварка.

На сегодня день использование электросварки является наиболее популярным методом. Хотя еще несколько лет назад первенство отводилось газовым горелкам. Такая популярность электросварки обусловлена простотой и

низкой стоимостью проведения работ. Часто ее называют дуговой или контактной. По типу прилагаемых усилий ее относят к дуговой группе термомеханических работ.

Чтобы выполнить такую работу, потребуется инвертор или трансформатор. Эта аппаратура выполняет следующую функцию: подает заряд на электрод. Электродом обрабатывают края свариваемого элемента. При соприкосновении материалов образуется дуговой электрический заряд огромной мощности. Эта реакция сопровождается выделением высоких температур, что и дает возможность заниматься обработкой трубы.

Слой обмазки (покрытия) электрода позволяет поддерживать во время работы специальные условия, которые препятствуют поступлению кислорода в место плавления.

Рассмотрим, от каких факторов зависит ширина шва:

- от толщины электрода;
- от материала свариваемых изделий;
- сварочные устройства могут включать в себя разные режимы сварки, что тоже влияет на характеристики шва;
- от скорости движения дуги и напряжения в сети.

Вышеперечисленные параметры определяют не только характеристики сварного шва, но и на количество шлаков, образываемых во время сварки. Электросварка труб считается более дешевой, чем газовая, однако, на создание шва таким способом уходит большее количество времени. К другим преимуществам электросварки можно отнести:

- функциональность;
- универсальность.

Все электроды отличаются в зависимости от толщины обмазки. Процентное соотношение массы обмазки к общей массе электрода может колебаться от 3 до 20%. Слой обмазки, нанесённый на стержень электрода, создаёт необходимую среду, при которой процесс проходит без доступа

кислорода. Существует определённая закономерность — количество шлаков, влияющих на качество шва, зависит от толщины слоя обмазки.

При выборе электрода необходимо учитывать все вышеперечисленные параметры. Для получения качественного шва следует обращать внимание на многие факторы, влияющие на совместимость разных типов электродов с трубами.

1.2.1.1 Холодная сварка

Холодная сварка для труб регламентируется соответствующей документацией и является методом получения неразъёмных, герметичных соединений. Этот метод исключает нагрев свариваемых деталей, а сама стыковка выполняется благодаря деформации. Холодная сварка производится за счёт давления, оказываемого на детали. В результате такой сварки происходит разрушение оксидной прослойки и соединение выполняется на атомарном уровне (диффузия атомов).

Такая сварка подразделяется на три типа в зависимости от технологии:

- точечная;
- шовная;
- стыковая.

Холодная точечная сварка проводится с использованием пуансона. Пуансон является устройством, которое выполняет прессовку материалов. Второй тип — шовная сварка, выполняется двумя способами: сварка по всей длине и выполнение сварных точек, образующих впоследствии непрерывный шов. Стыковой вариант выполняется благодаря сильному сжатию, закреплённых в зажимах элементов.

Рассмотрим основные сферы использования холодного метода:

- соединение деталей, выполненных из одного металла;
- производство металлопроката, который обладает несколькими слоями, представленными разными металлами;

- при армировании алюминиевых проводов. Армирование выполняется медью.

Метод холодной сварки является довольно популярным на сегодняшний день. Его популярность обусловлена следующими достоинствами:

- при холодной сварке исключается деформация металлических деталей. Это связано с тем, что, нагрев заготовок не производится;

- использование такого метода позволяет получить очень аккуратный шов, отличающийся высокой прочностью и герметичностью. Кроме этого, он не нуждается в дополнительной обработке;

- после выполнения такого процесса не остаётся никаких отходов (остатков электродов, брызг металла и т. д);

- работа производится без использования электроэнергии;

- такой метод, кроме всего прочего, отличается экологичностью, так как работа производится без выделения токсичных веществ, а также без излучения вредного для человеческих глаз;

- возможность соединения больших площадей при использовании сварки взрывом.

1.2.1.2 Газовая сварка

Соединение разных видов труб с использованием газовой горелки является очень старым, но и надёжным способом монтажа коммуникаций. Для этих целей используются специальные газовые горелки, которые способны нагревать трубу до высоких температур.

Вследствие нагрева края с соединительной проволокой быстро доходит до температуры плавления. В результате металл наплавает друг на друга и получается прочное неразъёмное соединение, которое имеет устойчивость к механическим воздействиям.

Рассмотрим основные преимущества использования газовой сварки для монтажа трубопроводов разной направленности:

- высокая эффективность способа;

- использование газовой горелки позволяет получить аккуратный, качественный шов;
- процесс не отличается особой сложностью;
- К недостаткам такого метода можно отнести;
- работа с газовой горелкой должна производиться только специалистом, который обладает определёнными навыками в этой области;
- газовая сварка — довольно затратный метод, так как используются дорогостоящие ресурсы.

1.2.1.3 Диффузная сварка

Все предыдущие методы сварки трубопроводов используются для соединения металлических труб, но на сегодняшний день такие изделия конкурируют на строительном рынке с пластмассовыми деталями. Для соединения отдельных элементов пластиковых коммуникаций используется специальный метод, который завоевал большую популярность — диффузная сварка.

Основным преимуществам такой сварки относят:

- получение эстетичного шва;
- минимум необходимых инструментов;
- высокая скорость монтажа;
- привлекательная цена.

Для получения неразъёмного соединения двух пластиковых труб используют специальные устройства, которые осуществляют нагрев пластика. Такие устройства комплектуются различными насадками. Все насадки имеют свой диаметр, подходящий под размеры сечения конкретной трубы.

Рассмотрим основные этапы соединения двух пластиковых труб с помощью такого аппарата:

- ориентируясь на диаметр соединяемых труб, подбирается нужная насадка;

- внутрь устройства закладываются трубы;
- происходит нагрев материала труб и сдавливание их торцов внутри аппарата;
- после того, как соединительный шов сформирован, аппарат выключается;
- спустя несколько часов полученное соединение уже можно эксплуатировать. Такой метод является довольно простым и быстрым, а линия сварки трубы отличается прочностью и аккуратностью.

1.2.2 Виды сварных соединений

Для разного вида труб (по материалу и назначению), является нормой применение различных методов сварки. Однако практически во всех случаях необходим электрический переменный ток. Это связано с финансовой выгодой, так как использование других вариантов электрической энергии влечёт за собой больше затрат. Сварные соединения — это две или большее количество деталей, которые стыкованы между собой с помощью сварных швов.

Рассмотрим основные виды сварных соединений:

- стыковые;
- угловые;
- внахлест.

1.2.2.1 Стыковые

Этот вид сварного соединения является очень распространённым из-за того, что практически не подвергаются деформации в процессе варки. Кроме этого, такие стыки обладают наименьшими внутренними напряжениями. Также они отличаются повышенными прочностными характеристиками как при статических, так и при динамических нагрузках. Швы при такой сварке могут быть.

- одинарными (для труб с показателями сечения до 500 мм);
- двойными (для труб с показателями сечения выше 600 мм).

1.2.2.2 Угловые

Угловые соединения являются подвидом стыковой сварки и, как правило, применяются для стыковки трубы с какими-либо дополнительными деталями под углом. Сварка трубы под углом выполняется двумя способами.

- со скосом кромки;
- без скоса.

Прочностные характеристики угловых соединений не так хороши, как у стыковых, однако, всё же весьма неплохи.

1.2.2.3 Внахлест

Такое соединение не используют для приварки металлических труб. Как правило, им стыкуют отдельные детали или же пластиковые трубы. Это связано с тем, что такое соединение является наиболее ненадёжным.

1.2.3 Технология сварки толстостенных труб

Сварка толстостенных труб проводится в случае, если толщина стенки трубы превышает 20 мм. Такая сварка проводится слоями повышенной толщины. Это позволяет увеличить прочность соединения на от 10 до 15%. Такой тип работ производится, как правило, двумя сварщиками одновременно. Первый сварщик наносит обычный шов, а второй — толстый слой.

Как сваривать трубы с толстыми стенками:

- начинается сварка в потолочном положении с постепенным наращиванием толщины шва (линия сварки толстостенных труб должна быть максимально ровной);
- далее необходимо выйти в полувертикальное положение;
- с помощью электрода выполняется горизонтальная площадка;
- затем сварка выполняется в нижнем положении. Это позволяет использовать электроды с толщиной до 5 мм.

1.2.4 Особенности труб

Главным условием бесперебойного функционирования трубопровода является правильный подбор труб, с учетом эксплуатационных особенностей.

Трубы бывают бесшовные, изготовленные на специальных станках из заготовок путем специальной прокатки или сварные, сделанные на специальных прессах из листовых заготовок.

Химический состав и геометрическая форма труб имеет большое значение для правильного соединения труб в трубопроводе. Сварка труб является основным технологическим процессом прокладывания трубопровода. Трубопровод обычно сваривают из двух или трех труб, которые соединяют стационарно на специальных трубосварочных станциях.

В строительстве трубопроводов уже непосредственно на месте соединения обычно пользуются различными видами дуговой сварки, такими, например, как ручная дуговая сварка, различные автоматические дуговые сварки под флюсом или в защитных газах, а также контактной стыковой сваркой оплавления.

Для трубопроводов привозят трубы уже с подготовленными для сварки кромками. В зависимости от конструкции трубопровода, кромку делают в различной геометрической формы (под углом или с зазором для стыка) Подготовка кромок включает в себя не только правку приготовленных к свариванию концов, но и очистку от грязи, влаги и шлаков.

Основной особенностью сварки трубопроводов является послойная сварка трубы, сначала нижний слой, затем вертикальный, а потом потолочный. Потому что невозможно сварной дугой прогреть сразу всю толщину трубы.

При автоматической сварке дугой подача электрода и перемещение дуги вдоль шва происходит автоматизировано. Автоматическую дуговую сварку под флюсом выполняют автоматически подаваемым электродом, который подается в зону сварки. Флюс призван защищать дугу и сварочную ванну от воздействия окружающей среды, кроме того, препятствует разбрызгиванию жидкого металла. Автоматическая сварка под флюсом, несомненно, имеет преимущество

перед ручной дуговой сваркой. Она имеет большую производительность, весь процесс механизирован. Но есть и определенные недостатки, например, то, что сварку можно производить только в нижнем положении.

Для всех разновидностей дуговой сварки существует общий недостаток, это низкая производительность, так как мощность дуги приходится ограничивать из-за опасности сквозного расплавления шва.

Более высокую производительность получают при контактной стыковой сварке оплавлением. Где место стыка нагревается электрическим током и сдавливается.

При сооружении трубопроводов трубы свариваются встык. Сборку труб для сварки делают с помощью специальных приспособлений, которые называют центраторами. Зазор между диаметрами свариваемых труб допускается не больше 1 см.

При сварке происходит образование усиления шва, которое называют гратом. Снаружи он может мешать изоляции, а изнутри проходимости по трубопроводу. Поэтому после сварки удаляют лишнее с помощью специального устройства гратоснимателя.

Для ускорения прокладки трубопроводов обычно пользуются не отдельными трубами, а сразу секциями, то есть сваренными в цеховых условиях частями трубопровода. Основным способом соединения труб в промышленных условиях является автоматическая сварка под флюсом или же сварка встык оплавлением. Это обеспечивает герметичность и прочность сварных швов.

1.3 Описание сварной конструкции

Ручная сварка трубных конструкций дуговой сваркой наиболее всего распространена для соединения элементов с толщиной стенок от 3 мм и условным проходом свыше 80 мм. Этот способ соединения незаменим там, где невозможно использовать механизированную сварку, а также в домашнем хозяйстве, когда «фронт работ» невелик, а бюджет ограничен. Благодаря дуговой ручной методике затраты на монтаж коммуникаций можно снизить вдвое, если

предпочесть ее той же известной газовой сварке. Технология подразумевает совершение действий, в основе которых лежит использование электрического тока (переменного либо постоянного), подводимого к электроду, а затем и изделию в целях образования и дальнейшего поддержания электрической дуги. В результате таких действий образуется тепло, разогревающее кромки металла, вследствие чего расплавляется не только свариваемый элемент, а и задействованный в технологии металлический стержень, именуемый электродом.

Температура при таком процессе может достигать даже 3500 градусов по Цельсию. Расплавившийся металл собою заполняет (капля за каплей) пространство между элементами а, остывая, превращается в шов. Чтобы преобразовать зазор в шов, приходится попотеть, совершая комплекс сложных движений, как поперек шва, так и вдоль. Число проходов (слоев) разнится в зависимости от толщины стенок элементов.

Выреза размером 6 на 12 см, сделанного в лицевой части щитка, вполне достаточно, чтобы вести пристальное наблюдение за процессом. Если будете шлем делать самостоятельно, учтите, что для «окошка» нужно специальное стекло – светофильтр, который не пропускает ни инфракрасные, ни ультрафиолетовые лучи. А вот снаружи вырез можно покрыть обычным стеклом, дабы уберечь светофильтр от брызг.

Электродержатель – один из важных приборов для сварщика. Агрегат по весу не должен превышать 500 г. Его следует изолировать от тока и позаботиться, чтобы устройство было удобно крепить под любым углом – это убережет прибор от перегрева. Поэтому из предложенных производителями моделей – вилочного, с пружинящим кольцом и щипцового лучше выбирать последний. Чтобы электродуговая сварка труб была произведена качественно, важно выбрать подходящие электроды, ориентируясь как на тип, так и на марку изделий. От характеристик и качества электродов зависит прочность и герметичность сварных швов, а, следовательно, и долговечность системы.

При строительстве газопровода одной из самых востребованных профессий является профессия сварщика. Сварка, как способ соединения труб в газопроводе, используется наиболее часто, так как именно сварное соединение является наиболее прочным и надежным. Кроме того, при таком виде соединений не требуется применение никакой специальной запорной арматуры, а значит и обслуживание так как во многих случаях доступ к месту соединения труб газопроводе бывает затруднен.

Для строительства и капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов диаметром от 530 до 1220 мм, применяются трубы, изготовленные из низколегированных сталей. Трубы должны соответствовать требованиям ОАО «АК «транс нефть»» [7].

Важной составляющей характеристикой труб является ее климатическое исполнение в зависимости от условий строительства и эксплуатации.

Сталь для труб должна быть хорошо свариваемой дуговыми способами сварки.

Сварные соединения трубопроводов должны отвечать требованиям ГОСТ 16037-80.

При строительстве линейной части сварочной колонны производится монтаж, и сварка двухтрубных секций, однетрубок, одно трубок холодного гнуться с углом загиба максимум 6° . Сварная конструкция ФЮРА 416915.001ВО представляет собой двухтрубную секцию. Данная двухтрубная секция (плеть) приваривается к нитке нефтепровода. Нитка нефтепровода представляет собой некоторый набор собранных и сваренных плетей. При строительстве линейной части сварочной колонны показаны на рисунке 3

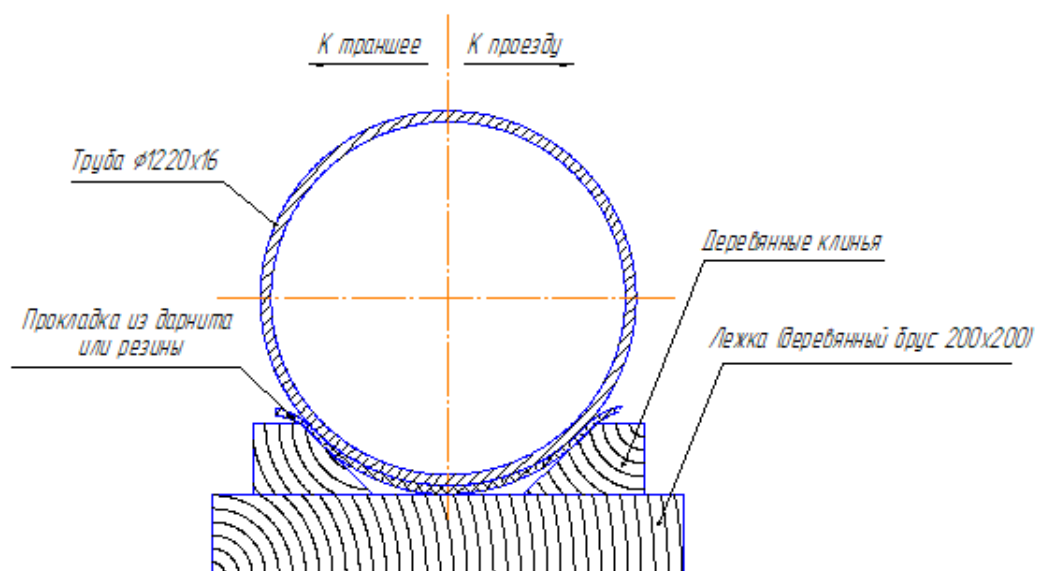


Рисунок 3 – Расположение трубы на деревянных лежках

Для свободного доступа к стыку в потолочном положении и предотвращения повреждения изоляции укладка сваренной нитки производится вдоль траншеи на деревянные лежки с прокладками из дерматина. Данное требование, предъявляемое нормативными документами ОАО «АК Транснефть».

2 Материал для изготовления труб

2.1 Материалы и методы исследования

Трубопровод невозможен без своего основного конструкционного элемента — собственно трубы. Известно, что эффективность трубопровода зависит от того, как быстро через него можно перекачать заданный объем. Скорость перекачки связана с давлением на подающем конце трубы, трением жидкости или газа о стенки трубы и внутренним трением самого передаваемого вещества.

В случае с перекачкой нефти эти вопросы стоят особенно остро. Нефть заметно густеет при понижении температуры. К тому же она липнет к стенкам. Чтобы «пропихнуть» нефть, надо нагреть ее и приложить давление в трубе. А это значит, что труба должна выдерживать очень высокое давление, сейчас нефтепроводы работают с давлением до 75 атмосфер. С другой стороны, прокачка продукта ускорится, если увеличить диаметр трубы, но тогда и нагрузка на стенки трубопровода в абсолютных цифрах увеличится, и они могут не выдержать.

Поэтому инженеры всего мира постоянно прилагали усилия, чтобы решить вопрос изготовления прочных труб большого диаметра. Большой диаметр — это примерно полметра и более. Здесь нужно было решить две важных проблемы: изготовить нужного качества сталь и сварить трубы надлежащим способом.

Особенно важно качество стали при прокладке трубопровода в условиях Крайнего Севера, в зонах вечной мерзлоты. И когда от 50-е до 60-е годы началось освоение северных месторождений, потребовались трубы, которые могли бы выдержать давление в десятки атмосфер без угрозы разрыва. Такие трубы производили в США и Японии из легированных сталей, но они были весьма дорогими.

Разработка отечественных сталей такого качества потребовала бы много времени и средств. Решение предложил знаменитый Институт электросварки в

Киеве (известный еще как Институт Патона). Именно здесь была разработана уникальная технология сварки танков в годы Великой Отечественной. И патоновцы нашли решение: они предложили делать трубу из обычной рулонной стали толщиной всего 4 мм, но намотанной в много слоев и сваренной по торцам. Сталь такой малой толщины не склонна к хрупкому разрушению, и даже в случае превышения предельного давления труба не лопается, а как бы раскручивается, что сокращает длину разрушенного участка.

Сейчас российские производители металла выпускают стальной лист требуемых прочностных свойств, а производители труб используют самые передовые технологии по производству труб из этого листа, делая всего один шов продольный. Но труба — это не только металл, это еще и сварка металла

Для проведения эксперимента была выбрана сталь 10Г2ФБЮ, образцы имели толщину 16 мм, труба имеет диаметр 1220 мм. Сталь является конструкционной, низколегированной, имеет высокую механическую прочность. В процессе сварки сталь сохраняет свои пластические свойства.

Изготовление проката повышенной прочности, применяемого в конструкциях общего назначения со сварными, клепаными и болтовыми соединения. Для изготовления изделий данная сталь не рекомендуется, подвергаясь заказчиком термической обработки. Сталь марки 10Г2ФБ используется при изготовлении сварных труб для магистрали газопровода в условиях Крайнего Севера. Из-за большого финансирования данной отрасли на укладку ниток трубопровода, предъявляются строгие требования. При изготовлении труб группы прочности К60 и строительства нефтепродуктопроводов, соединительных деталей диаметром более 1220 мм. Механические свойства и химический состав представлены в таблице 1 и таблице 2 и 3, соответственно.

Таблица 1 – Механические свойства основного металла труб [8]

Класс прочности	σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_T/σ_B , не более	δ , % не менее
K56	549	382(56)	0,90	18
K60	588	481(49)	0,90	20

Таблица 2 – Механические свойства проката из стали 10Г2ФБЮ [9]

Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость при температурах -40°C , Дж/см ²
590-690	460-580	22	43

Таблица 3 – Химический состав стали 10Г2ФБЮ [9]

C, %	Mn, %	Si, %	Al, %	S, %	P, %	V, %	Nb, %	Ti, %	Cu, %	Ni, %	Cr, %	As, %
0,08-0,13	1,6-1,8	0,15-0,35	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	н.б. 0,02	н.б. 0,02	н.б. 0,08

2.2 Выбор способа сварки

Для сварки трубопроводов обширное применение получила ручная дуговая сварка

Сварочный свалются на три этапа:

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

При прокладке стальных трубопроводов используется несколько видов сварки. Можно выделить такие:

- газосварка для соединения трубопроводов внутридомовых магистралей из стальных труб небольшого диаметра;
- ручная электродуговая сварка (второй по популярности тип сварки стальных трубопроводов и конструкций из них);
- электрическая автоматическая или полуавтоматическая сварка;
- аргоновая сварка неплавящимся электродом для соединения стальных трубопроводов (применяется достаточно редко и только в заводских условиях).

Каждый из способов сварки имеет свои особенности. В некоторых случаях для стальных труб применяют резьбовое соединение. Однако оно менее надежно, особенно если речь идет о технологических магистралях.

Для выполнения газосварки используют баллоны с ацетиленом или газовые генераторы. Использование генераторов, особенно в крупных городах и на предприятиях, не актуально. Такой способ требует больших затрат времени на получение газа и безопасную эксплуатацию сварочного оборудования. Поэтому для сварки металлических труб подключают баллоны с горючим газом. Применение ацетилена обусловлено его высокой температурой горения. С помощью пропана производят резку стальных труб. При соединении трубопроводов с толщиной стенки не более 3 мм разделка кромок не нужна. Детали с более толстыми стенками требуют подготовки кромки с одной стороны или двусторонней разделки под острым углом. При работе с помощью газосварки лучший шов получается в нижнем положении. Возможность выполнить такой шов есть только при поворотном стыке.

Газовая сварка часто используется для сваривания заготовок в неповоротном положении (когда трубу невозможно прокрутить, повернуть). Такая работа доверяется сварщикам с высокой квалификацией, умеющим выполнять швы в потолочном, горизонтальном и вертикальном положении. Сам процесс представляет собой расплавление огнем горелки кромок деталей, внесение присадочного металла стальной проволоки и формирование катета шва.

Электродуговая сварка – это наиболее востребованный метод соединения стальных труб большого диаметра и заготовок для разводов внутридомовых сантехнических систем. Ручная электросварка используется и на сборке магистральных трубопроводов. В этом случае с ее помощью осуществляются прихватки и прохождение корня шва.

Недостаток удобства, связанный с неповоротными стыками и отсутствием обзора, заставляют вести сварку операционным способом. При этом способе вначале осуществляется проварка стыка на видных участках. Затем

вырезается окно в одной из стальных труб. С внутренней стороны обваривается стык по всей доступной длине окружности. После этого остается наложить латку из стали, постепенно сваривая и нагревая металл, и закрыть ею окошко. Обварка стыка начинается с нижней части, при этом важно знать и уметь выполнять потолочные швы. Следует помнить, что для работы в потолочном положении потребуется увеличить силу сварочного тока на аппарате. После потолка можно выполнять сварку боковых поверхностей стальной трубы и постепенно переходить к работе в нижнем положении. ГОСТ предписывает для надежности стыка вести работу в 2 прохода. Первый – корень шва, второй – основной шов. После первого слоя обязательно следует отбить шлак перед вторым проходом. Для этого потребуется специальный молоток, часто на производстве используют простое зубило, прихваченное к ручке. При соединении круглых и профильных стальных труб это основной способ наряду с электродуговой полуавтоматической и автоматической сваркой. Его преимущество состоит в небольшой деформации при слабом разогреве и лучшем качестве стыка. Это позволяет использовать операционный способ электродуговой сварки, как основной при прокладке трубопроводов большого сечения. При укрупнительной сборке участков трубных магистралей применяют сварку труб полуавтоматом. В этом случае скорость работ возрастает, при этом качество шва остается на высоком уровне.

Сварить трубу из стали, особенно с поворотным стыком, достаточно просто. Но перед выполнением работы необходимо правильно подготовиться. Поверхность концов стальных труб обрабатывают металлической щеткой, затем растворителем, и при толщине свыше 3 мм выполняют разделку кромок с одной или двух сторон. Соединять и стыковать стальные трубы следует так, чтобы они лежали в одной плоскости, без перекоса.

При соединении и стыковки отдельных деталей для надежной фиксации выполняют прихватки длиной не менее 3 мм. Размер прихваток и их количество зависит от диаметра стальной труб. Минимальное их количество должно быть не менее 3, через каждые 120°. Следует учитывать расход электродов при сварке.

При работе большими токами на трубах большого сечения расход значительно выше. Защита цинкового слоя на трубах может проводиться при сварке под флюсом HLS-B. Перед работой потребуется нанести на края труб толстый слой вещества. Работа ведется с повышенным уровнем подачи кислорода в пламя горелки. Проволока должна быть выполнена на основе сплава УТР. При выполнении работы требуется расплавлять присадочный материал на прогретый металл. Флюс препятствует выгоранию цинка, остатки удаляются с трубы после окончания работы. Выполнив соединение, таким образом, потребитель получает качественный шов, не требующий защиты от коррозии.

Для изготовления разъемных соединений потребуется приварить заготовку к фланцу. Работа ведется в нижнем положении. Лучшим вариантом является полуавтоматическая электродуговая сварка. Сварка фланцев может выполняться неповоротным швом, при этом может применяться операционный способ. Стыковка стальной трубы производится под углом 90° к плоскости фланца, таким образом, упрощается работа по сборке разъемных соединений. Операция приваривания детали к фланцу выполняется аналогично операции по соединению труб.

2.3 Сущность способа сварки методом STT

Одной из первых была создана система STT (Surface Tension Transfer — перенос за счет сил поверхностного натяжения) (рисунок 4), разработанная фирмой Lincoln Electric.

Цель системы — максимально уменьшить электродинамическое воздействие на каплю, заставив ее плавно перетекать в сварочную ванну. Это делается за счет управления силой тока на стадии переноса одной капли. Это иногда называют управлением эпюрой сварочного тока, в отличие от систем управления сварочным током как режимом сварки.

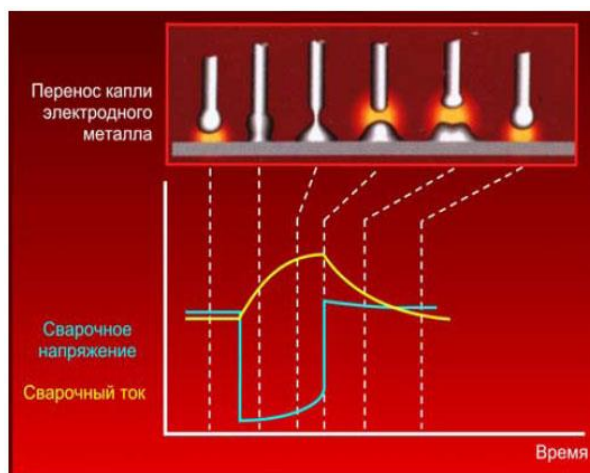


Рисунок 4 – Типичные формы кривых сварочного тока и напряжения при традиционном способе полуавтоматической сварки [10]

Главными особенностями сварочного процесса STT являются:

- регулирование величины сварочного тока происходит автоматически в зависимости от требований 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.

Подготовка капли (T7-T0-T1). Вначале можно использовать постоянное значение тока дуги до короткого замыкания со сварочной ванной, установленное между 50 и 100А.

Начальный период короткого замыкания (T1-T2). Это первый момент, когда сварочный ток составляет от 150 до 200 А, и потом при базовом токе детектор разности потенциалов на дуге обнаруживает это замыкание источник понижает ток с базового уровня до 10А на время 0,75 миллисекунд.

Период (T2-T3). В этом интервале времени происходят:

- Обжатие капли
- Вычисление скорости изменения

Период момент T4 — отделение капли — собственно отделение капли происходит в момент T4 при низком токе.

Рост капли (Т5–Т6) плазменного столба.

Переход на базовый ток (Т6–Т7) — стабилизация

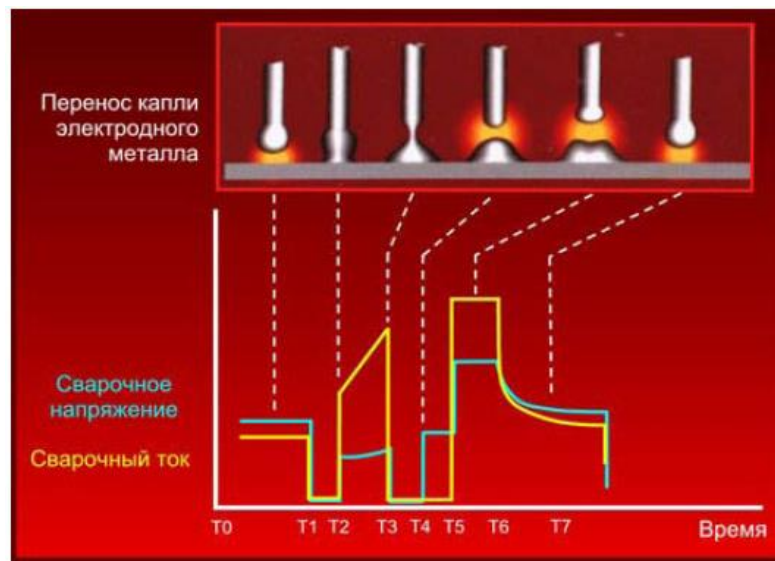


Рисунок 5 – Формы кривых сварочного тока и напряжения при полуавтоматической сварке методом STT [10]

2.4 Сварочные материалы

При сварке магистральных трубопроводов должны использоваться:

- электроды с целлюлозным и основным покрытием для РДС;
- 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.

Электроды для сварки труб из стали подбираются с учетом тока, толщины стенок заготовок и сложности конструкций. Наиболее популярны среди электросварщиков следующие марки электродов:

- АНО-21 или 24 и МР-3. Работают при переменном токе. Могут качественно варить даже с мокрой обмазкой. Для сварки ворот, тепличных конструкций, оград, небольших ангаров это наилучший вариант с низкой ценой.

Но их не применяют для конструкций и трубопроводов с большим давлением и нагрузками;

– Марка УОНИ – это отличные сердечники, но быстро варить ими не получится. Работа ведется с набиранием катета шва, с сохранением постоянно горящей дугой. Такой вариант требует опыта и умения работать с простыми АНО и МР;

– Качественные электроды, работа которыми доставляет удовольствие ровным горением дуги и достойным результатом – это японские электроды марки LB-52U. При ремонтных работах и прокладках магистральных трубопроводов, везде, где требуется качественная дуговая сварка стальных труб, большинство предприятий пользуются именно японской продукцией.

Сварка стальных труб – это наиболее востребованный метод получения неразъемного соединения. Качественный шов способен обеспечить безаварийную эксплуатацию трубопроводов и конструкций. Для использования в бытовых условиях самый распространенный способ – ручная или полуавтоматическая электродуговая сварка труб.

2.4.1 Обоснование выбора сварочных материалов

Для трубопроводного транспорта повышение давление продукта до 7,4 МПа и более без увеличения металлоемкости трубопровода обеспечивается, за счет использования современных трубных сталей классов прочности К60 и К65.

В процессе строительства ниток существует для приема электродуговой сварки неповоротных стыков труб: «снизу-вверх», и «на подъем», а также «сверху-вниз», или «на спуск»

Более производительным считается сварка «на спуск», чем другие аналоги этого способа, такой как «на подъем», так как происходит повышение сварочного тока на от 30 до 90%, при этом происходит увеличение скорости сварки и повышается производительность наплавки.

Из этого следует, что в процессе использования практически всех высокопроизводительных технологий электродуговой сварки, неповоротные стыки труб сваривают способом «на спуск».

Во всем мире процесс сварки трубопровода «на спуск» имеет широкий диапазон применения и реализуется при организации работ поточно-расчлененным методом, поскольку происходит применение высокопроизводительных электродов с целлюлозным покрытием.

Альтернативой данных электродов являются электроды с основным видом покрытия, обеспечивающие сварку «на спуск».

В процессе наплавки подобными электродами металл шва имеет низкое содержание водорода, обеспечивает высокие вязкопластические показатели при пониженных температурах [10].

Выполнение сварки стыков трубы электродами основного покрытия в положение сверху вниз возможна лишь на постоянном токе обратной полярности.

Источники питания сварочной дуги должны иметь падающую характеристику и высокое напряжение холостого хода.

Сварку методом STT производят омедненной проволокой сплошного сечения, в свою очередь основываясь нормативными документами ОАО «АК Транснефть» [11].

При выборе проволоки следует учитывать ее прочностные и пластические свойства. В качестве защитного газа применяют двуокись углерода высшего сорта [12]. Ниже, в таблице 4 приведены виды проволок для полуавтоматической сварки методом STT.

В таблице 5 показатели физико-химические CO_2 для полуавтоматической сварки методом STT.

Таблица 4 – Проволоки сплошного сечения для механизированной сварки в среде защитных газов методом STT [11]

№ п/п	Назначение	Марка проволоки	Диаметр, м	Фирма производитель
1.	Для сварки корневого слоя шва стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 637 МПа	Super Arc L-56	1,14	Lincoln Electric (США)
2.		Pipelinер 80S-G*	1,2	Lincoln Electric (U.K.) Ltd (Великобритания)
3.		OK Autrod 12.66	1,2	ESAB (Польша)

Примечание:

* проволока обеспечивает повышенные вязкопластические свойства и ударную вязкость металла шва.

Таблица 5 – Физико-химические показатели CO₂ [12]

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 сварки облицовочного и заполняющих слоев шва труб, согласно РД 153-006-02 – Сварка при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов, необходимо использование порошковых проволок, приведенные в таблице 6. Применение данной проволоки снижает трудоемкость и повышает качество сварки при строительстве. Ниже, в таблице 6 приведены виды порошковых проволок для автоматической сварки.

Таблица 6 – Порошковые проволоки для автоматической сварки в среде защитных газов [11]

№ 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	Pipeline Autoweld G80M*	1,32	Lincoln Electric (США)
2.		PX 701	1,4	ESAB VAMBERG (Чехия)
3.		OK Tubrod 15.19*	1,2	ESAB (Польша)

Примечание:

* проволока обеспечивает повышенные вязкопластические свойства и ударную вязкость металла шва.

Основание порошковой проволоки составляет малоуглеродистая лента, свернутая в трубочку 2...3мм, утрамбованная порошкообразным наполнителем.

В состав наполнителя входит смесь минералов, руд, ферросплавов металлических порошков, при сгорании которых во время сварки происходит обеспечение защиты зоны сварки от вредных факторов внешней среды.

В качестве защитного газа для сварки всех слоев шва используется готовая смесь 75% Ar + 25% CO₂ [11]. Используемые в смеси защитные газы должны соответствовать требованиям [12, 13], таблица 7.

Таблица 7 – Технические характеристики сварочных смесей аргона и углекислого газа

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

2.4.2 Характеристики выбранных сварочных материалов

Описание электродов BÖHLER FOX BVD 90. Электрод с основным покрытием BOHLER FOX BVD 90 разработан для сварки высокопрочных сталей K70, K60 в положении сверху вниз.

Положительные механические свойства наплавленного металла делает электрод незаменимым при сварке трубопровода с толщиной стенок >14 мм, а также, когда необходимо достичь высокой ударной вязкости.

Процесс низкого содержания водорода в наплавленном металле ($HD < 5$ мл/100 г) позволяет предотвратить образование холодных трещин, индуцированных водородом.

Коэффициент перехода металла в шов 110 %. Сварку на высоких токах происходит за счет электрода, производительность наплавки сравнима с производительностью электродов с целлюлозным покрытием. В таблице 8, 9 представлены свойства металла шва, наплавленного электродами BÖHLER FOX BVD 90.

Таблица 8 – Химический состав наплавленного металла [14]

Марка электрода	Диаметр проволоки, 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 9 – Механические свойства наплавленного металла [14]

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

Проволока Pipeliner 80M-E Lincoln Electric (U.K.) Ltd (Великобритания) характеризуется высоким вязкопластическим свойством за счет большого содержания марганца.

Предназначение этой проволоки в большей степени эффективна для сварки во всех пространственных положениях.

Улучшение условия хранения, транспортировку и использование происходит за счет того, что в проволоки отсутствует порошок. Уменьшение

трения и износ направляющего канала, а также улучшение электрического контакта между токопроводящим наконечником и проволокой происходит за счет наличия омедненного покрытия, нанесенного на поверхность проволоки

Исключение в необходимости прокалки и упрощение условий хранения происходит за счет того, что поставка проволоки производится в герметичной упаковке. В таблице 10, 11 представлены свойства металла шва, наплавленного проволокой Pipeliner 80M-E.

Таблица 10 – Химический состав наплавленного металла [15]

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	Ni, %	Mo, %
Pipeliner 80M-E Lincoln Electric (Великобритания)	1,2	0,06	0,3	1,4	0,1	0,95	0,4

Таблица 11 – Механические свойства наплавленного металла [15]

Марка проволоки	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относит. удлинение δ , %	Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² (-40°C)
Pipe liner 80M-E Lincoln Electric (Великобритания)	695	740	21	65

Описание порошковой проволоки Pipeline Auto weld G80M (Lincoln Electric, USA).

Проволока Pipeline Auto weld G70M разработана для сварки высокопрочных сталей K60, во всех пространственных положениях сварочными головками M300 (M300-C) в смеси защитных газов (Ar+CO₂).

Сварку трубы с толщиной >14 мм при облицовке и заполняющих проходах без проблем позволяет производить за счет отличных механических свойств наплавленного металла, пластичности и сварочно-технологических характеристик.

Дополнительное раскисление и защита металла сварочной ванны происходит за счет наличия порошка в сечении проволоки.

Поставка происходит в герметичной упаковке весом от 5 до 15 килограмм.

В таблице 12, 13 представлены свойства металла шва, наплавленного порошковой проволокой Pipeline Auto weld G70M.

Таблица 12 – Химический состав наплавленного металла [16]

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
Pipeline Auto weld G70M (Lincoln Electric)	1,32	0,18	0,90	1,75	Max 0,013	Max 0,011

Таблица 13 – Механические свойства наплавленного металла [16]

Марка проволоки	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относит удлинение δ , %	Ударная вязкость KCV, Дж/см ² (-40°C)
Pipeline Auto weld G70M (Lincoln Electric)	550	529	26	106

2.5. Сварочное оборудование

Сварка давно уже стала одним из самых распространенных методов сборки деталей изделия в единое целое. Неразъёмное соединение, получаемое с помощью сварки, обладает высокой прочностью и долговечностью, при условии выбора наиболее подходящего для ее производства оборудования. На сегодняшний день производители предлагают самые разнообразные виды сварочного оборудования, которое может применяться как профессионалами, так и домашними мастерами. Одной из главных особенностей современного оборудования является как раз то, что для управления им не всегда требуется высокая квалификация мастера. Многие производители при разработке новых моделей обращают внимание на достижение идеального сочетания больших функциональных возможностей оборудования с простотой его эксплуатации.

Таким образом, при выборе сварочного прибор мастер может основываться не на своей квалификации, а на способностях самого аппарата на его стоимости.

Рассмотрим самые распространенные виды сварочного оборудования и условия их применения.

Это самые простые сварочные аппараты. Основным элементом их конструкции является понижающий трансформатор, который доводит напряжение в сети до значения, необходимого для производства сварочных работ. Общей характеристикой любого сварочного трансформаторного аппарата этого типа является наличие на выходе переменного тока. Например, показал на рисунке 6.



Рисунок 6 – Сварочный трансформаторный аппарат переменного тока [17]

При работе с такими трансформаторами используется плавящиеся электроды диаметром от 1,5 до 2,5 мм с фтористо-кальциевыми или рутиловым покрытием. Выбор точного диаметра электродов зависит от характеристик самого аппарата - его максимального тока и напряжения.

Чаще всего такие аппараты применяются для сварки черных металлов с соединением отдельных деталей внахлест или встык. Для того чтобы произвести сварку изделий из цветных металлов, необходимо использовать дополнительное оборудование.

Но, несмотря на все эти недочеты, сварочные трансформаторы переменного тока все же пользуются сегодня большим спросом, особенно у домашних мастеров, для большинства из которых определяющими факторами при выборе аппарата становятся его доступная цена и долгий срок службы.

Этот тип сварочного оборудования во многом схож предыдущим. Отличие состоит в том, что в его конструкцию включается выпрямитель (тиристорный или диодный), благодаря которому на выходе получается постоянный ток определенной полярности. Если сравнивать эти трансформаторы с аппаратами переменного тока, то можно отметить и некоторые их преимущества, и определенные недостатки. Например, показал на рисунке 7.



Рисунок 7 – Сварочный трансформаторный аппарат постоянного тока [17]

К преимуществам относится:

- удобство работы на постоянном токе;
- стабильность горения дуги;
- возможность сваривать не только черные, но и цветные металлы, а также нержавейку при применении соответствующих плавящихся электродов.

Что касается недостатков, то среди них отмечают некоторую «потерю» мощности при работе (часть мощности аппарата уходит и более выпрямление тока), сложность конструкции, ее большой вес и более высокую стоимость.

Этот вид аппаратов отличается довольно сложной конструкцией и высокой в сравнении с предыдущими типами стоимостью. Но при этом аппараты полуавтоматической сварки очень продуктивны и легки в управлении. Кроме того, они могут обладать совсем небольшими размерами и весом, что сделало именно это сварочное оборудование самым востребованным среди профессионалов, занимающихся, например, ремонтом автомобилей, а также у домашних мастеров, ценящих во время работы удобство и функциональность агрегатов. Например, показал на рисунке 8.

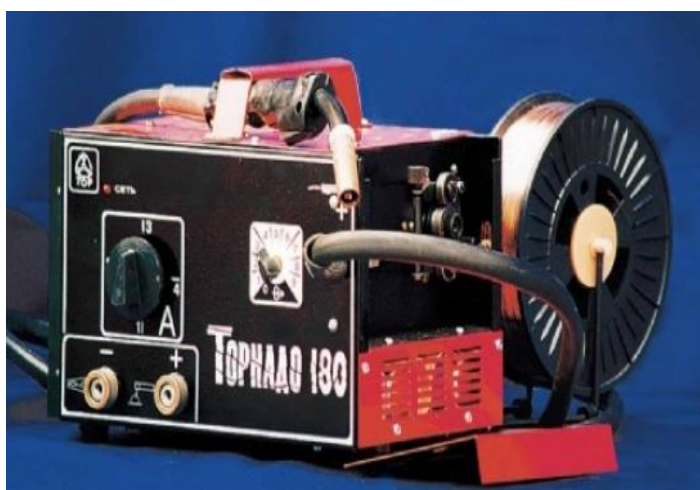


Рисунок 8 – Сварочный полуавтоматический аппарат [17]

Применять полуавтоматы можно как для сварки железа и стали, так и для работ с алюминием или нержавеющейкой. В качестве присадочного материала выступает сварочная проволока диаметром преимущественно от 0,6 до 0,8 мм, подаваемая в автоматическом режиме из бобин. Материал проволоки зависит от того, какой именно металл будет подвергаться сварке.

Этот тип сварочного оборудования является самым современным и самым технологически «продвинутым». Впервые аппарат подобного типа был произведен в 1977 году. Применение при его разработке инновационных технологий позволило добиться не толь высокой точности устанавливаемых

параметров работы, но и меньших габаритов и массы аппарата если проводить сравнение с трансформаторами аналогичной мощности, то инверторное оборудование может весить от 3 до 6 раз меньше. Например, сварочный трансформатор на 160А весит около 18кг, а аналогичный сварочный инвертор в зависимости от конкретной модели и производителя от 3 до 7 кг. Например, показал на рисунке 9.



Рисунок 9 – Сварочный инверторы [17]

Конечно, стоимость такого оборудования превышает стоимость всех других типов сварочных аппаратов, но при этом удобство его применения и его преимущества позволяют забыть об этом «недостатке».

Механизированная сварка в среде защитных газов методом STT возможна при использовании Invertec STT II в совокупности с механизмом подачи проволоки Power feed 25m и сварочной горелкой Magnum 400FM.

Для автоматической сварки в среде защитных газов неповоротных стыков труб сварочных головок M300 (M300-C). В качестве источника питания для головок использовать Idealarc DC-400. Выпрямитель «Idealarc DC-400» является универсальным источником.

2.5.1 Оборудование для полуавтоматической сварки плавящимся (метод STT)

2.5.1.1 Источник питания

Сварочный аппарат с революционной технологией STT II, представляет собой инверторный сварочный источник с высокой частотой преобразования, в котором применена улучшенная технология управления формой сварочного тока (Waveform control Technology), обеспечивающей значительные преимущества по сравнению с традиционной MIG-сваркой короткими замыканиями на рисунке 10.

Специальный инверторный источник питания, обеспечивающий сварку по технологии STT (Surface Tension Transfer)-переноса капли за счет сил поверхностного натяжения сварочной ванны. В отличие от аппаратов STT не имеют регулятора напряжения процесс STT подразумевает постоянную корректировку параметров тока, которая позволяет регулировать тепло вложение независимо от скорости подачи проволоки. Благодаря этому колебания скорости подачи проволоки не оказывают никакого влияния на величину тепло вложения. Низкое тепло вложение помогает избежать перегрева и прогорания изделий свести к минимуму число деформаций. Отсутствие риска перегрева электрода даже при сварке проволокой большого диаметра с применением 100 % газа CO₂ означает низкий уровень разбрызгивания и образования дыма.

Ключевые особенности источника питания Invertec STT II

- Регулируемая глубина проплавления и контроль тепло вложения идеально подходят для сварки по открытому зазору и тонких материалов без риска прожога металла;

- Низкий уровень разбрызгивания и образования дыма-точная регулировка параметров сварочного тока позволяет обеспечить наиболее эффективный перенос металла. Возможность использования многих типов защитного газа-смесей аргона, в том числе с гелием, или 100% CO₂;

– Возможность создания определенного профиля сварочного шва и высокая скорость сварки во многих случаях позволяют аппарату выступать альтернативой аргонодуговой сварке;

– Регулируемая величина базового и пикового токов позволяет осуществлять точный контроль тепло вложения-сокращает вероятность деформаций, прожога и обеспечивает 100% сплавление кромок;



Рисунок 10 – Внешний вид инверторного источника питания
Invertec STT II фирмы [18]

2.5.1.2 Подающий механизм

Для источника питания Invertec STT II в качестве подающего механизма производителем рекомендован механизм типа Power feed 25m, пример показан на рисунке 11. Механизм подачи, который специально разработан для сварки в промышленных условиях, на трассе и монтаже.

Достижению отличных технологических результатов способствует прочный корпус, система подачи, выполненная по технологии MAXTRAC.

Работа механизма происходит лишь с источником питания серии Power Wave и Speedtec.

Достоинства подающего механизма Power feed 25m:

– высококачественная сварка алюминия на базе платформы системы система Push-Pull за счет стабилизации и постоянной скорости подачи проволоки и возможности удлинения кабеля горелки;

– для тяжелых производств в различных отраслях промышленности усиленный прочный корпус позволяет использовать данную модель.

– механизм подачи в стандартной комплектации имеет прочный алюминиевый корпус, который, при необходимости, можно заменить на пластиковый;

– внутренняя подсветка;

– Гарантия 3 года на качество сборки и комплектующие.



Рисунок 11– Внешний вид подающего механизма Power feed 25m [19]

Технические характеристики подающего механизма представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики подающего механизма [19]

Марка подающего механизма	Напряжение питание, В	Диапазон скорости подачи проволоки, (м/мин)	Диапазон диаметров проволоки, (мм)	Размеры, ВхШхГ (мм)
Power feed 25m	24 – 42 50-60 Гц 9А	2,5 – 20,3	0,6-2,0	508x 508 x 781

2.5.1.3. Сварочная горелка

Легкая удобная сварочная горелка с воздушным охлаждением, подвод кабеля к держалке и коннектору защищен стальной пружиной. Поставляются с евро разъёмом, для подключения к разъемам американских стандартов требуется адаптер. Вид адаптера представлен на рисунке 12.

Применяется для полуавтоматической сварки в среде защитных газов.



Рисунок 12 – Внешний вид сварочной горелки Magnum 400FM фирмы [20]

Технические характеристики сварочной горелки представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики сварочной горелки [20]

Марка сварочной горелки	Допустимые значения сварочного тока, А	Габариты ВхШхГ, мм
Magnum 400FM	400	86x495x470

2.5.2 Оборудование для автоматической сварки в среде защитных газов

2.5.2.1 Источник питания

Надежный универсальный источник питания для сварки в защитном газе, порошковой, сварки под флюс, РДС, аргонодуговой сварки на постоянном токе и дуговой строжки. Но универсальность отнюдь не означает сложность DC-400 (на рисунке 13) очень легко использовать. Для переключения между процессами достаточно повернуть поручатель режима сварки. Встроенные ампер и

вольтметр позволяют легко контролировать ключевые параметры сварки. Регуляторы индуктивности и форсирования дуги позволяют оператору быстро настроить аппарат для текущей задачи. пример на рисунке 6, характеристики.



Рисунок 13 – Внешний вид тиристорного источника питания Ideal arc DC-400 фирмы [21]

Преимущества:

- вольтметр и амперметр в стандартной комплектации;
- защитное покрытие электроники гарантирует долгий срок службы и надежность при продолжительной сварке;
- система регулировки параметров сварки постоянно контролирует пинч-эффект дуги, чтобы ограничить разбрызгивание, обеспечить текучесть металла и хороший внешний вид шва при сварке в защитном газе или порошковой проволокой;
- переключатель режимов позволяет выбрать оптимальные характеристики сварочного тока;
- высокое качество сварки благодаря потенциометру силы сварочного тока;
- возможность трехъярусного штабельного хранения для экономии складского пространства.

2.5.2.2 Сварочная головка М-300-С

Головка М-300-С, пример на рисунке 14, является эффективной при сварке во всех пространственных положениях проволокой сплошного сечения или порошковой проволокой в среде защитного газа с использованием источников сварочного тока DC-400.

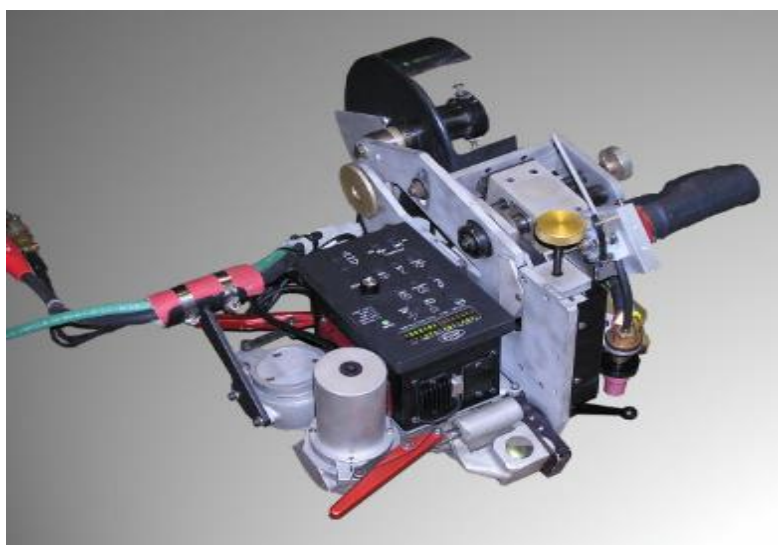


Рисунок 14 – Внешний вид сварочной головки М-300-С

По направляющему поясу из прошедшей термообработку пружинной стали толщиной 2,3 мм и шириной 120 мм происходит перемещение сварочной головки, охватывающей трубу по окружности. Использование сварочных аппаратов обычно производится парами.

Данная модель сохранила все достоинства М200, оставаясь в свою очередь эффективной при сварке во всех пространственных положениях различными видами проволок в среде защитного газа с использованием импульсных источников или импульсных источников.

Каждый сварочный аппарат для орбитальной сварки включает в себя три компонента:

- каретку для перемещения по направляющему поясу;
- распределительная коробка питания, комплект соединительных кабелей;
- сварочную секцию.

Достоинства сварочных головок М-300-С:

- сварка трубы производится по стандартной заводской разделке. Не требуется переточки кромки на станке подготовки кромок PFM;
- сборка стыка производится на стандартном внутреннем гидравлическом или пневматическом центра торе;
- корневой проход выполняется по открытому зазору –2мм снаружи трубы в полуавтоматическом режима по технологии STT Lincoln Electric;

2.6 Сборочно-сварочные приспособления

2.6.1 Приспособление для сборки и центровки труб

Внутренний центратор — это агрегат, используемый для центрирования торцов труб. Он необходим для облегчения процесса сборки поворотных и неповоротных стыков перед их сваркой на трассе при строительстве магистральных трубопроводов. За счет высокой прочности конструкции достигается высокая эффективность даже во время продолжительного процесса сварки с применением разных механизмов, агрегатов и аппаратов. Внутренний центров для труб обеспечивает не только максимальную точность сборки сварных швов разных труб с диаметром от 530 до 1620 мм, но также может исправить деформацию и неровность торцов, если поворачивает его конструкция и сила гидравлики.

Центраторы бывают наружными и внутренними и отличаются они друг от друга способом монтажа. Наружный тип устанавливаются с внешней стороны труб, внутренний - внутри труб. Внешние центраторы более просты и делятся на машины с гидродомкратом и эксцентрики. Первый тип может применяться для выравнивания отдельно деформированных участков и для неповоротных стыков. Второй тип более универсальных, так как может использоваться на трубопроводах различного диаметра. Центратор внутренний ЦВ придает торцам труб форму окружности, обеспечивая при этом концентрическую сборку. Они рассчитаны на длительный процесс сварки, а полностью открытый стык

позволяет осуществлять процесс непрерывно и с использованием сварочных агрегатов.

Центраторы внутренние гидравлические типа ЦВ, пример представлен на рисунке 15, с двумя независимыми центрирующими родами жимов, предназначены для центрирования торцов секций и отдельных труб при температуре окружающей среды от -40 до +40 Со, 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 36м, центраторы являются гидравлической машиной с автономным приводом ФЮРА 416915.004 ВО.

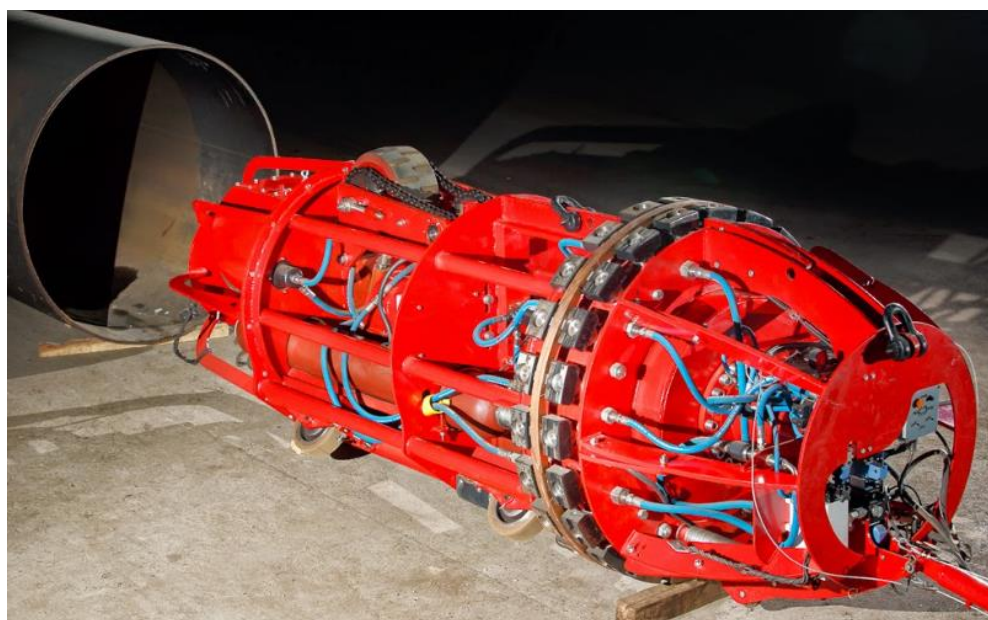


Рисунок 15 – Внутренний гидравлический центратор ЦВ-124

Для каждого из конкретных случаев применения необходим внутренний центратор с определенным набором параметром и характеристик. Однако в общем случае все центавры класса ЦВ состоят из гидравлической системы, электрического привода, центрирующих жим ков и специальной штанги, длинна которой может варьироваться в зависимости от существующих условий. Для работы с трубами диаметром более 1000мм в комплектации может поставляться промышленный вентилятор, который охлаждает централов внутренний ЦВ в процессе работы. Питание такой машины может осуществляться от сварочных

аппаратов постоянного тока. Тип жидкости, используемой для работы системы гидравлики, зависит от марки гидронасоса.

Подводя итог, следует отметить, что внутренние центраторы – это автоматизированные агрегаты, которые во много раз облегчают сварочные работы с трубами различной длины и диаметра в самых разных условиях среды (температура, влажность). Они обладают высокой степенью защиты и достаточно мобильны, что позволяет работать в полевых условиях. При использовании центра торцов такого типа значительно улучшается качество сварного шва и возрастает скорость сварки. Что немаловажно при строительстве трубопроводов.

2.6.2 Приспособление для перемещения труб

Траверсы представляют собой конструкции фаер со стропами, которые подвешиваются посредством укрепленных по концам балок блоков. Эти приспособления создают равномерное натяжение стропов, а также передачу нагрузки к точкам захвата. Различают следующие основные типы траверс.

1. Линейная с подвеской за центр может быть применена для работы с большим перечнем грузов: для выполнения подъема и перемещения рельс или рельсошпальной решетки; контейнеров с захватами за нижние или верхние фитинги; для листовой стали; различных длинномеров (арматуры, труб, пролетных балок, пиломатериала и прочего); для снятия и установки стекла в деревянной таре на транспортные средства или на место складирования; для сэндвич-панелей при выполнении разнообразных монтажных работ; энергетического оборудования; для подъема и дальнейшего перемещения автомобилей вместе со специализированными захватами.

2. Линейная траверса двумя точками для подвеса может быть также применена для подобных работ, как и приспособление с подвеской за центр, однако в данном случае есть некоторые особенности применения того или иного вида.

3. Н-образные предназначены для осуществления и перемещения грузов, которые требуют крепление за четыре точки, причем с вертикальным расположением строп. Такие изделия используются для подъема листовой стали вместе с захватами; для подъема разнообразных длинномеров (пролетных балок, труб, пиломатериала и арматуры) совместно с круглопрядными либо промышленного оборудования, которое имеет 4 технологических отверстия или фитинга (электростанции, сварочные аппараты и прочие).

4. Х-образная траверса с подвешиванием за центр необходима для подъема и перемещения разных грузов, которые требуют подвести за 4 конца. Она может также комплектоваться разными типами строп, имеющих специализированные захваты.

5. Рамное изделие с 4мя для подвеса служит для перемещения и подъема грузов и объектов, которые нуждаются в подвеске за четыре края, причем в условиях повышенных требований к массам грузозахватная. Используется для подъема судов, контейнеров, листовой стали, строительных конструкций, труб, технологического оборудования и т.д.

6. Специализированные траверсы необходимы для подъема некоторых специфических грузов, например, рулонной стали, строительных материалов и т.п. подобные приспособления позволяют выполнять перегрузку длинномерных объектов, а также грузов, которые требуют специальных методов строповки.

При сборке и стыковке двухтрубных секций обычно используют траверсы.

На просторах рынка оборудования и приспособлений для строительства ниток можно встретить несколько типов траверс, рисунок 16.

Диаметр и толщина стенки трубы, длина, масса секций являются основными параметрами траверсы.

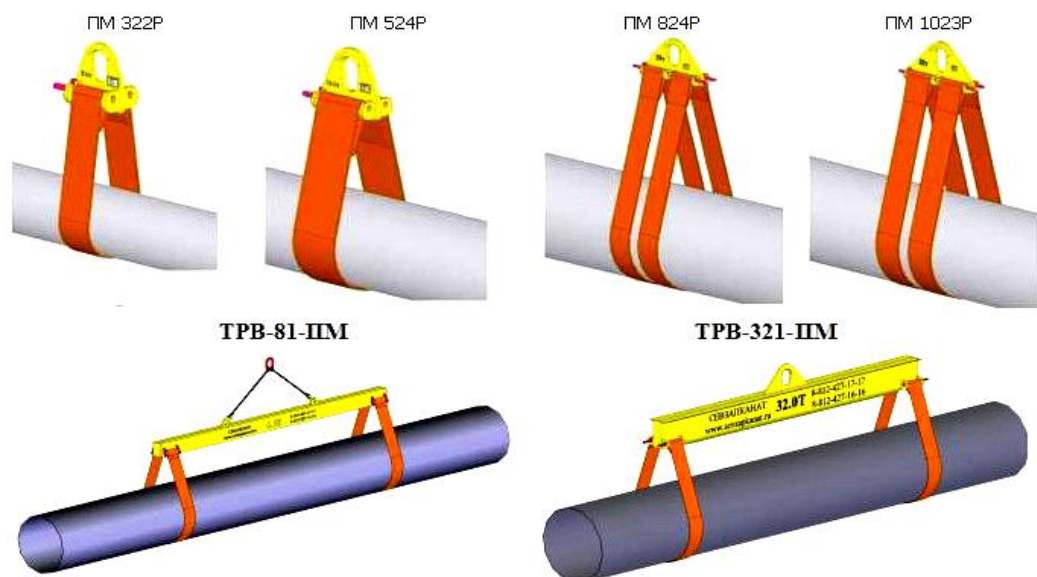


Рисунок 16 – Основные типы траверс [22]

2.7 Сборка и сварка стыка

На основании разработанной операционной технологической карты сборки и сварки неповоротного стыка трубы диаметром 1220 мм должны проводиться все операции.

2.7.1 Подготовка кромок деталей под сварку

При подготовке стыков труб под сварку необходимо проверить следующие показатели перпендикулярность торца трубы к ее продольной оси, суммарный угол раскрытия стыка должен составлять от 60 до 70°. Величина притупления от 2 до 2,5 мм. Фаски с торцов труб можно снимать механической обработкой, газовой резкой или другими способами, которые позволяют получить нужную форму, размеры и качество поверхности обрабатываемых кромок.

При сборке стыков труб необходимо вручную, но минусы этого процесса состоят в том, что он достаточно трудоемкий и не способен обеспечить высокую точность. Для сборки труб на производстве пользуются центра торами. Для совмещения стыков магистральных труб большого диаметра используют

внутренние центраторы, которые позволяют отцентрировать трубы по внутреннему диаметру.

Сборку и центрирование возможно сделать вручную, но минуты этого процесса состоят в том, что он достаточно трудоемкий и не способен обеспечить высокую точность. Для сборки труб на производстве пользуются центра торами. Для совмещения стыков магистральных труб на производстве используют внутренние центра торы. Которые позволяют отцентрировать трубы по внутреннему диаметру.

Наружные центра торы позволяют центрировать трубы по наружному диаметру и их конструкция проще, чем у внутренних центра торов. Но при большой разнотонности труб или при большой гибкости труб, с помощью наружного центра тора сложнее обеспечить хорошее качество сварки.

После сборки труб диаметром до 300мм, стыки скрепляют прихватками, длиной от 50 до 80мм в 4-х местах. При сварке труб диаметром более 300мм прихватки располагают равномерно по окружности, и рекомендуемое расстояние между прихватками составляет от 250 до 400мм.

Прихватки являются неотъемлемой частью сварочного шва, и они должны выполняться теми же сварщиками, которые в дальнейшем, будут проваривать стык трубопровода с использованием таких же электродов.

При сборке внутренними центрами вместе прихватки лучше выполнять сплошную заварку корня шва. Особенно, если температура окружающей среды низкая этот прием позволяет уменьшить внутренние напряжения и снизить риск возникновения закалочных трещин в месте сварочного шва и около шовной зоне.

2.7.2 Сборка стыка

При сборке стыков с односторонней разделкой кромок и свариваемых без подкладных колец и подварки корня шва смещение внутренних кромок не должно быть выше, чем установлено технической документацией на трубопровод.

Сварные монтажные соединения сначала собирают на болтах грубой и нормальной точности или с помощью различных сборочных приспособлений. Сборка состоит из последовательно выполняемых операций: временного закрепления (соединения) монтируемых элементов болтами; подгонки соединения под сварку. Болты позволяют не только временно закрепить конструкции но и обеспечить плотное соединение свариваемых деталей, необходимое для высококачественного выполнения сварного шва.

Монтажные стыки колонн и подкрановых балок собирают при помощи уголков, приваренных на заводе-изготовителе. Уголки имеют по два отверстия, в которые вставляют сборочные болты. По мере сварки монтажного стыка болты вынимают, а уголки срезают автогеном.

Связи, как правило, крепят к конструкциям на болтах непосредственно или через косынки и в последующем приваривают.

Для сборки стыков листовых конструкций (кожухов печей, воздухонагревателей, пылеуловителей, газоочистки, резервуаров, газгольдеров) применяют в основном два типа приспособлений.

Приспособления первого типа состоят из стяжных планок для вертикальных стыков и швеллеров для горизонтальных стыков. Планки и швеллеры имеют по два прямоугольных выреза. Для сборки стыка планку или швеллер надевают на шайбы, приваренные к стыкуемым листам на заводе-изготовителе, и закрепляют круглыми клиньями, которые вставляют в отверстия шайб. Когда клинья забивают, стыкуемые листы плотно прижимаются к сборочным приспособлениям и совмещаются в одной плоскости.

На стыках элементов на заводе-изготовителе кроме шайб для сборочных планок и швеллеров к смежным листам приваривают попарно уголки-фиксаторы. На монтажной площадке постановкой пробок и сборочных болтов в отверстия уголков-фиксаторов обеспечивают проектное положение каждого листа и их временное крепление.

Для создания при сборке проектного зазора между листами устанавливают прокладки соответствующей толщины. В каждой прокладке есть

два отверстия - для клина и для цилиндрической оправки. Прокладка позволяет не только создать требуемый зазор в стыке между листами, но и благодаря круглому клину устранить смещение кромок одного листа относительно другого.

Для изменения зазоров в вертикальных стыках дополнительно забивают круглые клинья между сборочными шайбами, приваренными к стыкуемым листам, и упорам, приваренными к стяжным планкам по обе стороны от вырезов. Когда клин забивают между шайбой и внутренним упором, зазор в стыке увеличивается, а когда между шайбой и наружным упором - уменьшается.

После проверки качества сборки (геометрических размеров, величины зазоров, совпадения и смещения листов), если результаты соответствуют нормативным требованиям, стыки сваривают. По ходу сварки сборочные планки и швеллеры снимают, уголки-фиксаторы срезают, а зазорные прокладки удаляют (вырубают или выжигают).

Перед сборкой труб нужно очистить их внутреннюю полость от грязи и зачистить кромки, а также прилегающие к ним наружную и внутреннюю поверхности труб на ширину 15...20 мм до металлического блеска.

При сборке стыков труб необходимо обеспечить:

- перпендикулярность стыка к оси трубопровода, отклонение которой не должно превышать 2 мм;

- равномерность по периметру зазора, находящегося в пределах указаний проекта или требований технологической карты. При односторонней ручной дуговой сварке зазор составляет 0...3 мм;

- минимально возможную величину смещения кромок, не превышающую допустимых значений (0,2 толщины стенки, но не более 3 мм);

- смещение продольных заводских швов относительно друг друга на расстояние не менее $\frac{1}{3}$ длины окружности — для труб диаметром менее 100 мм и 100 мм — для труб диаметром более 100 мм;

- угол раскрытия кромок в соответствии с указаниями проекта или требованиями технологической карты. При односторонней сварке угол

раскрытия кромок обычно составлять от 60 до 70°, а величина притупления 0,5...3,0 мм).

Все элементы кромок и зазор проверяются специальными шаблонами или мерительным инструментом.

Система универсальных сварочных столов Forster предполагает использование оригинального комплекта упорных и зажимных элементов деталей для сварки труб, позволяющих позиционировать детали с высокой точностью.

Трубы собирают в специальных съёмных центровочных приспособлениях (центраторах) и скрепляют прихватками. Прихватки, являющиеся составной частью сварного шва, выполняют те же сварщики, которые будут сваривать стыки, с применением тех же электродов.

Прихватки выполняются равномерно по окружности. Количество прихваток зависит от диаметра труб, их число должно быть:

- две прихватки для труб диаметром до 100 мм;
- три-четыре прихватки для труб диаметром от 100 до 600 мм;
- более четырёх при диаметре труб более 600 мм (через каждые 250...400 мм).

Если прихваток две, то они располагаются симметрично.

Размеры прихваток, следующие:

- высота составляет от 0,6 до 0,7 толщины стенки трубы (3...6 мм);
- длина от 2 до 5 толщин (15...60 мм).
- Если толщина стенки меньше 3 мм, прихватку выполняют электродом диаметром не более 2,5 мм.

На рисунке 17 показана установка внутреннего гидравлического центратора ЦВ-124 в трубе.

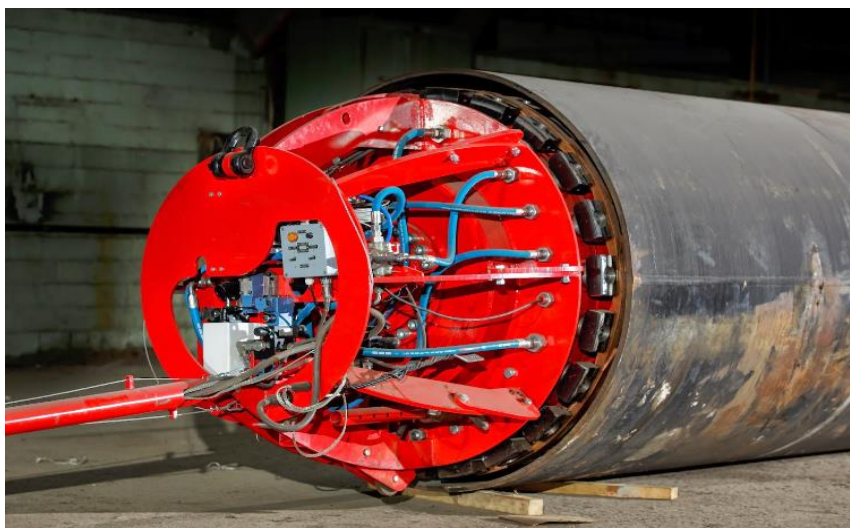


Рисунок 17 – Установка внутреннего гидравлического центратора ЦВ-124 в трубе

2.7.3 Предварительный подогрев кромок

Предварительный явление нагрева сварного шва в околошовной зоне пере началом процедуры сварки известно под названием предварительный нагрев. В основном он применяется для печей, резистивных нагревательных элементов, горелок и высокочастотных нагревательных элементов. Процедура помогает устранить риск появления холодных трещин на металле и препятствует чрезмерному повышению твердости.

Ниже приведены основные причины использования предварительного нагрева в процедуре сварки. Термическая обработка сварных конструкций устраняет влажность поверхности, а следовательно, способствует уменьшению растрескивания. Она улучшает последующее расплавление и осаждение металла шва. Это снижает развитие напряжений, способствуя равномерному расширению и сжатию между сварным швом и основным металлом.

Одной из основных задач предварительного нагрева является замедление скорости охлаждения, обеспечивающей равномерное затвердевание шва. Таким образом микроструктура металла будет иметь качественные механические свойства.

Типы исходя из соображений применения, термическая обработка сварных конструкций может определяться различными способами.

Предварительный подогрев минимальная температура сварного шва задается сразу перед началом сварки. В спецификации процесса сварки (WPS) он может быть указан в определенном диапазоне.

Подогрев между проходами в многопроходной сварке перед началом следующего прохода требуется максимальная температура. Нагрев в таком случае не может быть ниже, чем минимальное значение предварительной термической обработки.

Поддерживание сварочной температуры минимальная температура сварочной зоны, которая должна поддерживаться на протяжении всего процесса сварки. При прерывании работ температура зоны сварного всего процесса сварки. При прерывании работ температура зоны сварного шва не должна понижаться.

Как правило, предварительный подогрев применяется на основном металле на определенном расстоянии от шва. Давайте предположим. Что А это определенная часть углового шва, тогда в таком случае возникают две проблемы при расчете расстояния для применения предварительного нагрева.

Если толщина основного металла меньше или равна 50 мм, то значение А не должно превышать 50 мм от шва.

Если толщина основного металла превышает 50 мм, то А обязано быть менее 75 мм от шва (инструкция по выдаче сертификатов персоналу, проверяющему качество сварки CSWIP 23,4).

Температуры предварительного нагрева. У многих возникнет вопрос: до каких температурных значений нагревать металл? Ответить на данный вопрос поможет рекомендуемая температура нагрева стальных металлических конструкций перед сваркой.

Сегодня на рынке разработано несколько видов оборудования, которые используются в некоторых коммерческих отраслях с целью индикации температуры предварительного нагрева, ее измерения и контроля. Ниже перечислены основные температурные датчики и измерительные приборы, которые применяются для этого.

Контактный термометр используется для точного измерения температуры до 350 градусов по Цельсию. Он состоит из устройства измерения температуры, известного как «термистор», его сопротивление значительно снижается при нагревании, а значит обратно пропорционально температуре. Однако, чтобы получить точные результаты возникает необходимость «периодической калибровки», что является минусом этого оборудования.

Термокарндаш и термопаста состоят из материала, который плавится или меняет свой цвет при нагревании в зависимости от температуры. Они доступные, предлагаются по низкой цене и просты в использовании. Их слабая сторона они не дают точных измерений.

Термимопара работает по принципу измерения термоэлектрической разности потенциалов между горячим металлом сварного шва и свариваемым металлом для вычисления температуры. Применяется во время сварки, после нее и для термической обработки с целью постоянного мониторинга и контроля температуры нагрева и охлаждения. Оборудование дает точные измерения в широком диапазоне температур, но у него есть необходимость периодической калибровки. Это является весомой проблемой.

После сборки стыка, подъезжает гусеничная машина с манипулятором и генератором переменного тока и накрывает место расположения стыка сварочной палаткой. На стык надевается пояс индукционного подогревателя ProHeat 35. Сам индукционный подогреватель расположен на гусеничной машине, пример показан на рисунке 18.



Рисунок 18 – Внешний вид индукционного подогревателя ProHeat 35 [23]

Достоинства гусеничной машины ProHeat 35:

- Под пояс устанавливаются контактные термометры. После подогрева стыка от 120 до 150 градусов пояс снимают, и сварщики приступают к сварке корневого слоя шва;
- Гибкий кабель, использование которого существенно расширяет сферу применения индукционного нагрева, ускоряет процесс подготовки оборудования к работе и отличается универсальностью;
- Когда температура детали контролирует выходную мощность, кабели для нагрева с жидким охлаждением идеально подходят для нагрева труб различного диаметра и плоских плит. Обычно более короткие кабели используются для нагрева труб малого диаметра, более длинные применяются для работ на трубах большого диаметра, сосудов давлением и различных баков.

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

Параметры режима сварки труб корневого слоя шва слоев представлены в таблице 16

Таблица 16 – Параметры режима сварки труб корневого слоя шва

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

(*) – для сварки корневого слоя шва методом STT на источнике питания устанавливаются специальные параметры: базовый ток = 50 ...55 А; пиковый ток равен 410... 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 от 180 до 240 м/час;

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

На рисунке 19 показан заводская разделка кромок.

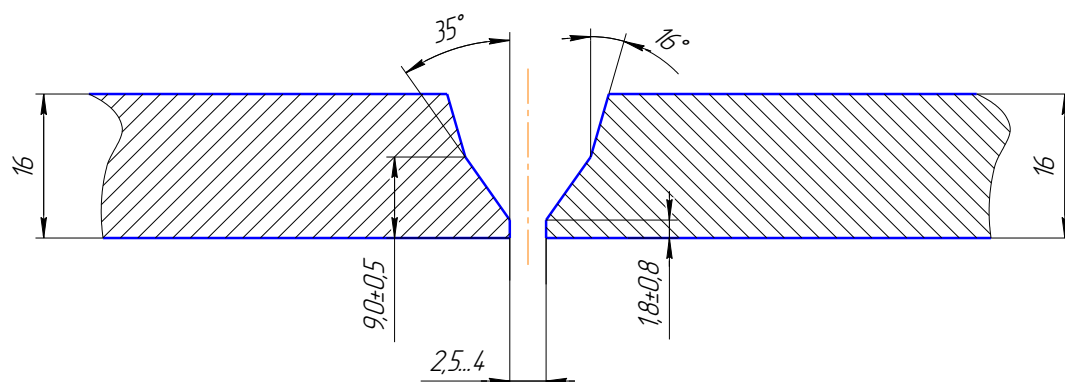


Рисунок 19 – Заводская разделка кромок

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

Параметры режима сварки труб заполняющих слоев представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Параметры режима сварки труб заполняющих слоев

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. Защиты газ	75% Ar + 25% CO ₂	75% Ar + 25% CO ₂
11. Расход газа л/мин	32 ...42	

2.7.6 Визуально-измерительный контроль

Сваренные стыки трубопроводов подлежат контролю. Объем и способы контроля определяются эксплуатационными требованиями и указываются в проектной документации или технологических картах. Самый распространенный метод контроля сварки – внешний осмотр и измерения.

Осмотру подвергаются все швы без исключения. В процессе осмотра выявляют наличие наружных дефектов (трещин, прожогов, подрезов, непроваров и пр.).

Для проверки геометрических параметров швов используются шаблоны, щупы, стандартные измерительные инструменты.

Прочность и плотность швов проверяется испытательным давлением (1,25 рабочего давления), создаваемым в трубопроводе, заполненным водой (гидравлическое испытание) или газом (пневматическое испытание).

Сварка труб, сварка трубопровода, сварные стыки, сварка стыков, стыки трубопроводов, поворотные стыки, круговые швы, круговых швов, кольцевые швы, внутренних кольцевых швов, универсальный шаблон сварщика

После сварки стыка сварной шов подлежит визуально-измерительному контролю. Требования к размерам сварного шва представлены на рисунке 20.

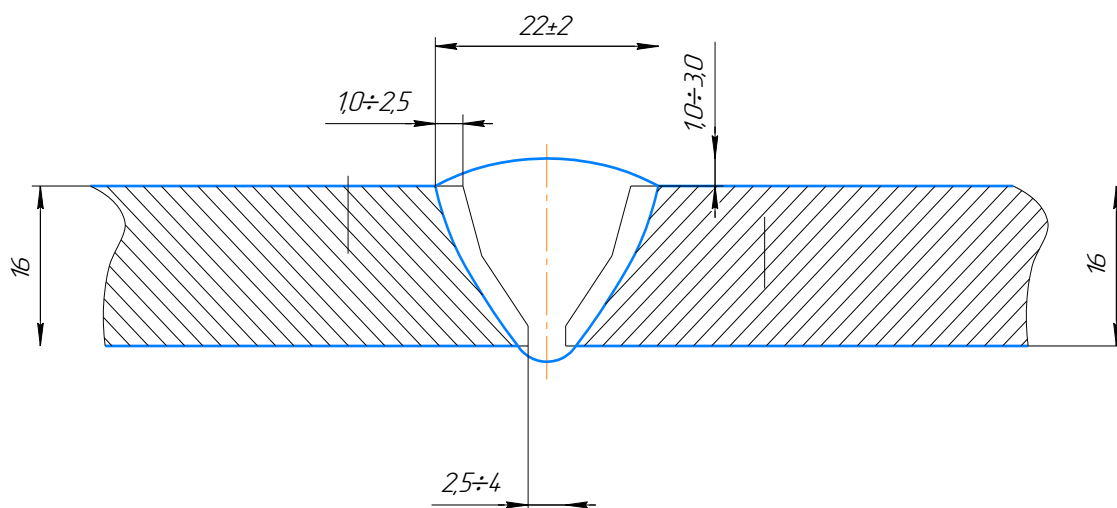


Рисунок 20 – Внешний вид сварного шва

2.7.7 Определение норм времени при сварке корневого слоя шва предлагаемыми способами

Разделка кромок при сварке заданных деталей – односторонний ломаный скос кромок (ФЮРА 416915.003). Размеры сварного шва нормируются технологической картой, причем они имеют одинаковые значения. Геометрические размеры корневого слоя шва примем из учета правильного

формирования обратного валика и полного сплавления кромок пример на рисунке 21.

Площадь наплавки корневого слоя шва определим как площадь эллипса [24].

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

где $a=0,25$ см, полуось эллипса;

$b=0,4$ см, полуось эллипса.

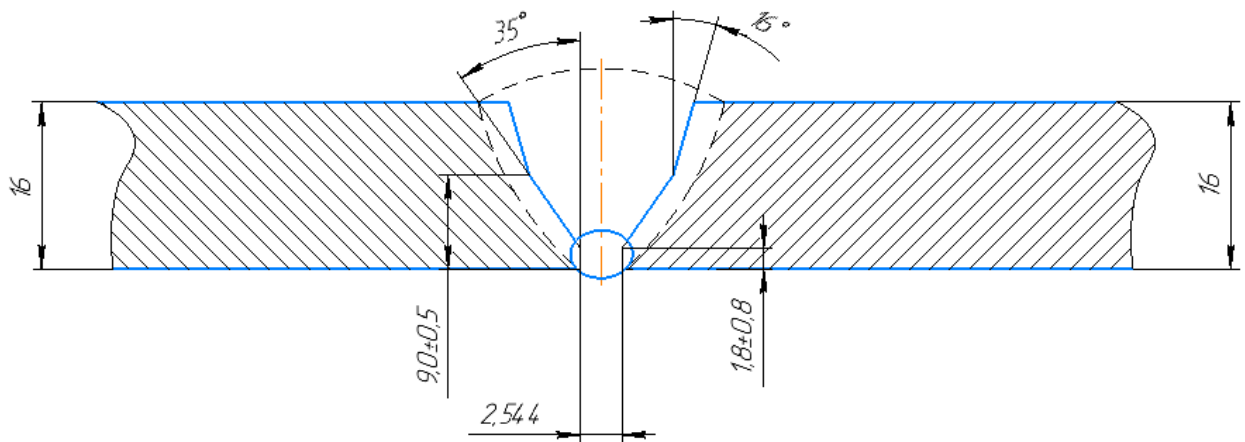


Рисунок 21 – Заводская разделка кромок и внешний вид корневого прохода

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; $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$;

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

Коэффициент наплавки при типовых режимах сварки:

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

$\alpha_H = 10,9 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$, для механизированной в CO_2 ;

$\alpha_n = 11,4$ г/А·ч, для механизированной в CO₂ методом STT коэффициент наплавки повышается на 5% по сравнению с механизированной в CO₂ без модулированного тока [15].

В таблице 18 показатели основное время для сварки.

Таблице 18 – Основное время для сварки

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы			Изменение мин/пог.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 _L - площадь наплавленного металла мм ²	31	31	31	
γ – плотность наплавленного металла г/см ³	7,8	7,8	7,8	-
I _{св} -сварочный ток	120	210	≈210*	-
α _n - коэффициент наплавки г/А·ч	9,5	10,9	11,4	-
Расчетная формула $t_0 = (F_n \cdot \gamma \cdot 60 / I_{св} \cdot \alpha_n)$	$t_0 = \frac{31 \cdot 7,8 \cdot 60}{120 \cdot 9,5} = 12,7$	$t_0 = \frac{31 \cdot 7,8 \cdot 60}{210 \cdot 10,9} = 6,4$	$t_0 = \frac{31 \cdot 7,8 \cdot 60}{210 \cdot 11,4} = 6,0$	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 t₃₁-время на смену одного электрода; t₃₁=0,11 мин;

g –вес стержня электрода; g=70,5г;

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

В таблице 19 представлена вспомогательная время, связанное со сваркой шва

Таблица 19 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы			Изменение мин/пог. м
	Элементы работы	Сравниваемые процессы	Изменение мин/пог. м	
	1	2	3	(1-3)
Очистка перед сваркой, свариваемых кромок от налета ржавчины и осмотр	0,5	0,5	0,5	-
Зачистка околошейной 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

В таблице 20 представлена подготовительно – заключительное время

Таблица 20 – Подготовительно – заключительное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы		
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная плавящимся электродом в CO ₂ Св –08Г2С	Механизированная методом STT Pipeliner 80M-E
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	–

В таблице 21 представлена вспомогательная время, связанное с изделием и работой оборудования

Таблица 21 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

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

В таблице 22 представлена штучная время.

Таблица 22 – 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 80M-E	
	1	2	3	(1-3)
t_0 - основное время на сварку, мин/м	12,7	6,4	6,0	-
$t_{вш}$ - 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 $T_{шт} = \left[(t_0 + t_{в.ш.}) \times \right. \\ \left. \times l + t_{в.и.} \right] \times K_{об}, \text{ мин/изд}$	$T_{шт} = \left[(12,7 + 5,1) \times \right. \\ \left. \times 3,84 + 3,9 \right] \times 1,1 = 79,47.$	$T_{шт} = \left[(6,4 + 2,25) \times \right. \\ \left. \times 3,84 + 3,9 \right] \times 1,12 = 41,57.$	$T_{шт} = \left[(6,0 + 1,15) \times \right. \\ \left. \times 3,84 + 3,9 \right] \times 1,12 = 35,12.$	44,35

В таблице 23 показатели размер партии.

Таблица 23 – Размер партии

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 80M-E	
	1	2	3	(1-3)
$T_{см}$ - продолжительность одной рабочей смены, часов	8	8	8	-
$T_{шт}$ - штучное время	79,47	41,14	35,12	-
Расчетная формула $n = \frac{T_{см} \cdot 60}{t_{шт}}$, 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

Штучное время представлена в таблице 24.

Таблица 24 – 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 80M-E	
	1	2	3	(1-3)
$t_{шт}$ - 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 анализ нормирования времени для нескольких способов сварки, можно сделать выводы: во-первых, в процессе сварки методом STT происходит сокращение основного времени по средству увеличения значений

коэффициента наплавки и применении модулированного сварочного тока., в процессе использования которого в значительной мере уменьшаются потери на разбрызгивание металла. Во-вторых, увеличение вспомогательного времени в процессе сварки покрытыми электродами происходит увеличение вспомогательного времени в сварке шва, из-за необходимости зачистки шва от грязи и шлаковых включений. В-третьих, необходимость продувки газовых коммуникаций связано с увеличением подготовительно-заключительного времени для сварки методом STT.

Повышение технико-экономических показателей сварки плавящимся электродом методом STT, в сравнении с применением механизированной сваркой плавящимся электродом в классическом исполнении.

Если же провести сравнение со сваркой покрытыми электродами, то следует отметить, что произошло сокращение штучного времени и произошло увеличение объемов партии.

3 Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Работа на тему «Технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ» выполняется в рамках магистерской диссертации в целях нахождения технологии и технико-экономического обоснования сборки и сварки двух плетей магистрального трубопровода, состоящих из двух одно трубок. Обоснование выбора параметров режима дуговой сварки и оптимизация технологических операций

Технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ. Следовательно, потенциальными потребителями результатов наших исследования нефти- и газодобывающие компании находящиеся АО «Транснефть – Центральная Сибирь», производящие ремонт и укладку нефти- и газопроводов.

3.1 Предпроектный анализ

В настоящее время, вместе с развитием науки, бурно развиваются все отрасли промышленности. Всегда шла конкуренция между новыми технологиями и разработками, которые вытесняли с рынка устаревшую продукцию. Вытеснение старой технологии новой происходит тем быстрее, чем больше её надёжность и экономическая эффективность.

Всё, что нас окружает, создано из различных материалов, различающихся по своему строению, свойствам и ценой. Однако большинство из нас хочет иметь самое лучшее, что сможет себе позволить по доступной цене. Исключением не являются самые крупные и состоятельные компании мира, в том числе и промышленные предприятия. Ведь одним из самых главных секретов увеличения дохода является снижение затрат.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для данных коммерческих организаций критерием сегментирования является производство и ремонт. Сегментируем оборудование и сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм, а именно форму импульса сварочного тока (амплитудной–временные параметры импульса), который обеспечит бездефектное формирование сварной точки, по критерию производство и ремонт.

Обхват деятельности в данной сфере имеет широкие границы. Основным объемом работ сосредоточен на нефтегазовой и нефтехимической отрасли, в частности на добыче и транспортировке. Основным путем транспортировки являются нефтегазовые трубы.

Целевой рынок результатов исследования будет включать в себя основные отрасли промышленности, нуждающиеся в высокой износостойчивости и прочности изделий.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В качестве конкурентных решений можно рассмотреть эффективность механизированной сварки в среде защитного газа порошковой проволокой, ручной дуговой сварки и автоматической сварки под слоем флюса на качество формирования соединения трубных сталей и минимизацию затрат.

Следовательно, потенциальными потребителями результатов наших исследований будут компании и заводы, находящиеся в любой области Российской Федерации производящие трубы для нефтегазовой отрасли.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направления для ее будущего повышения.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5

– наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (4)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	5	0,5	0,2	0,5
3. Энергоэкономичность	0,1	5	3	3	0,5	0,2	0,2
4. Качество сварного соединения	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
5. Надежность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность работы	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
3. Цена	0,2	5	5	2	1	1	0,4
4. Послепродажное обслуживание	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1	44	32	39	4,9	3,5	4

$B_{ф}$ – Механизированная плавящимся электродом;

$B_{к1}$ – полуавтоматической сваркой в среде защитных газов методом STT;

$B_{к2}$ – ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

Ручная дуговая сварка — сварка, источником энергии которой является электрическая дуга. Используется для сварки углеродистых сталей обычного качества, качественных сталей с различным содержанием марганца,

низколегированных и легированных, жаропрочных и жаростойких сталей, чугуна и цветных металлов. Применение этого способа сварки значительно увеличит время проведения работ, а также увеличит затраты на материалы. А значит подобный вид сварки нерационален в условиях крайнего севера, так как установка оборудования для выполнения работ будет увеличивать затраты и увеличит время работы. Этот способ больше подходит для работ в более благоприятных условиях, где рабочая температура не достигает минус 40 градусов.

Итогом данного анализа является то, что в процессе механизированной сварки в среде защитного газа порошковой проволокой оказались эффективнее, чем другие способы сварки.

3.2 SWOT–анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Сильные стороны проекта.

Во-первых, научное исследование является фундаментальным, на сегодняшний день, согласно обзору литературных источников, мало работ, занимающихся исследованием влияния, технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ.

Во-вторых, работа выполнялась при финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 862. Это говорит о некой заинтересованности государства в развитии данного направления науки. Слабые стороны проекта.

Испытания проводились на электронном ускорителе «ПРАЙМ - 9», данная установка находится в институте сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук. В настоящий момент доступа к этой установке нет, а испытания на ней очень дорогостоящие, и такие расходы

государственное финансирование не покрывает. То есть возможности проводить дальнейшие исследования, на сегодняшний день, нет. Исследование проводилось в ИШНКБ ТПУ, но отсутствие растрового электронного микроскопа и просвечивающего электронного микроскопа увеличивало временные и материальные затраты.

Возможен вариант заключения договора или соглашения между Томским политехническим университетом и ОАО «АК транс нефть» -трубопроводная система «Восточная Сибирь-Тихий Океан» о взаимопомощи для проведения данных исследований, тем более что ТПУ и ОАО «АК транс нефть» - трубопроводная система «Восточная Сибирь-Тихий Океан» не первый год сотрудничают. В ИШНКБ при университете присутствует лаборатория металлографии сварных соединений, которая слабо оснащена исследовательской аппаратурой. Приобретение РЭМ и ПЭМ позволит сократить временные и материальные затраты исследования, а также возможно извлечение прибыли путём заключения хозяйственных договоров и выполнения их с помощью данного оборудования.

Результаты данного исследования будут широко применяться в производстве, и если возобновиться исследовательская работа в этом направлении, то это приведёт к несомненному развитию.

Одна из реальных угроз проекту – это его закрытие в связи с требующимися большими материальными затратами, которые не покрываются государственным финансированием. Ещё одной возможной угрозой является выход из строя установки, например, поломка труднодоступных и дорогостоящих элементов.

С уверенностью можно сказать, что все сильные стороны проекта оказывают очень сильное влияние на возможность его успешного завершения и последующего внедрения в производство. А именно такие сильные стороны как: фундаментальность исследования, финансовая поддержка, практическое внедрение результатов исследования в производство. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Использование современного оборудования С4. Наличие современного программного продукта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Развитие новых технологий. Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности: В1. Заключение соглашения между НИ ТПУ и ООО ОАО «АК транс нефть» - трубопроводная система «Восточная Сибирь-Тихий Океан» о взаимной помощи в этом исследовании. В1. Приобретение дополнительного оборудования в ИШНКБ ТПУ: РЭМ и ПЭМ, которое может приносить прибыль.	Поддержка со стороны ООО ОАО «АК транс нефть» - трубопроводная система «Восточная Сибирь-Тихий Океан» очень сильно скажется на продвижении исследования и ускорит темпы внедрения результатов исследования в производство	Помощь ООО ОАО «АК транс нефть» - трубопроводная система «Восточная Сибирь-Тихий Океан» может выражаться в уменьшении стоимости пользования установкой до той величины, которую сможет финансировать государственный бюджет для данного исследования
Угрозы: У1. Закрывание проекта в связи с нехваткой финансов и материальной базы (специального оборудования) для проведения исследования . У2. Выход из строя труднодоступных и дорогостоящих элементов оборудования.	Государство заинтересовано в развитии науки и в последние годы стало всё больше средств вкладывать в финансирование научной деятельности. Чем быстрее результаты исследования будут внедрены в производство, тем быстрее исчезнут факторы, угрожающие развитию исследования. В дальнейшем возможна заинтересованность производственной стороны в финансировании проекта и его развития.	На данный момент слабые стороны связаны с выходом из строя дорогостоящих элементов оборудования, нехваткой финансов для проведения исследования.

3.3 Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

В таблице 27 показатели перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Таблица 27–Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Утверждение темы	3	11.02	13.02	Руководитель
2	Подбор и изучение материалов по теме	11	14.02	24.02	Дипломник
3	Составление плана	4	25.02	28.02	Руководитель
4	Календарное планирование работ	3	1.03	3.03	Руководитель
5	Изучение литературы по теме	15	4.03	18.03	Дипломник
6	Изучение зарубежной литературы	11	19.03	29.03	Дипломник
7	Разработка методики многофакторного эксперимента	3	30.03	1.04	Руководитель, Дипломник
8	Проведение эксперимента, сварка образцов	24	2.04	25.04	Руководитель, Дипломник
9	Статистическая обработка результатов эксперимента	15	26.04	10.05	Дипломник
10	Анализ качества и структуры сварных швов	15	11.05	25.05	Руководитель, Дипломник
11	Разработка методики прогнозирования качества сварных соединений	11	26.05	05.06	Руководитель, Дипломник
12	Вывод по цели	11	06.06	16.06	Руководитель, Дипломник
Итого:	126	Итого:			

3.3.2 Инициация проекта

Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 28.

Таблица 28 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Нефтегазовая отрасль тяжелое машиностроение	Исследование позволит получить данные, которые помогут провести углубленный анализ влияния технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ

В таблице 29 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 29 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование влияния технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ
Ожидаемые результаты проекта:	Получение экспериментальных результатов влияния технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220 мм из стали 10Г2ФБЮ
Требования к результату проекта:	Требование:
	Выполнение поставленных задач
	Научное объяснение результатов экспериментов
	Заключение о результатах исследования

Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 30 и 31).

Таблица 30 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
11	Слободян. М. С., к.т.н., доцент ИШНКБ ТПУ	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
22	Кеоволправонг.П., магистрант ИШНКБ ТПУ	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части

Таблица 31 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	
Источник финансирования	Финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 862

В таблице 32 представлена календарный план-график проведения НИОКР по теме

Таблица 32 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Утверждение темы	Руководитель	3														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	11														
3	Составление плана	Руководитель	4														
4	Календарное планирование работ	Руководитель	3														
5	Изучение литературы по теме	Дипломник	15														
6	Изучение зарубежной литературы	Дипломник	11														
7	Разработка методики многофакторного эксперимента	Руководитель, Дипломник	3														
8	Проведение эксперимента, сварка образцов	Руководитель, дипломник	24														
9	Статистическая обработка результатов эксперимента	Дипломник	15														
10	Анализ качества и структуры сварных швов	Руководитель, Дипломник	15														
11	Разработка методики прогнозирования качества сварных соединений	Руководитель, Дипломник	11														
12	Вывод по цели	Руководитель, дипломник	11														

 руководитель  дипло

3.4 Экономический расчет

3.4.1 Расчет для первого варианта исполнения

В таблице 33 представлена затраты на сварочные материалы

Таблица 33 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Измене ние затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная сварка методом STT Pipelinер 80M-E	
$g_{\text{нм}}$ -масса наплавленного металла, кг/изд	0,94	0,94	-
k_n -коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,05	-
$Ц_{\text{см}}$ - цена сварочной проволоки, электродов, (руб/кг)	204	117	-
Расчетная формула $C_{\text{см}} = g_{\text{нм}} \cdot k_n \cdot Ц_{\text{см}}$, 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

В таблице 34 представлена затраты на защиты газ

Таблица 34 – Затраты на защиты газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная сварка методом STT Pipeliner 80M-E	
$g_{\text{газ}}$ - норма расхода газа, л/мин	-	14	-
t_0 - основное время на сварку, мин/м	-	6	-
l - длина сварного шва, м	-	3,84	-
$\Pi_{\text{газ}}$ - цена за единицу газа (руб/л)	-	$\Pi_{\text{газ}} = \frac{C_3}{V_r \cdot 509}$ $= \frac{420}{40 \cdot 509} = 0,02$	-
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

В таблице 35 представлен затраты на заработанную плату рабочих

Таблица 35 – 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	36,3	-
Расчетная формула $C_3 = \frac{C_{\text{мз}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{мр}} \cdot 60}$, руб./изд.	$C_3 = \frac{40000 \cdot 80,8}{170 \cdot 60}$ $= 316,9$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 36,3}{170 \cdot 60} = 142,4$	174,5
$F_{\text{мр}}$ - месячный фонд времени работы рабочих, час/месяц $F_{\text{мр}}=170$ час./мес.	170	170	-

В таблице 36 представлен отчисления на социальные цели

Таблица 36 – 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 80M-E	
$k_{отч}$ - процент отчислений на социальные цели от основной дополнительной заработной платы $k_{отч}=26\%$	26%	26%	-
C_3 - затраты на заработанную плату рабочих	316,9	142,4	-
Расчетная формула $C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}$, руб./изд.	$C_{отч}=(26 \cdot 316,9)/100=82,4$	$C_{отч}=(26 \cdot 142,4)/100=37$	45,4

В таблице 37 представлен затраты на электроэнергию

Таблица 37 – 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 источника питания	0,90	0,75	-
$\Pi_{эл}$ - стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	1,20	1,20	-
Расчетная формула $C_{э\tau} = \frac{U \cdot I \cdot t_0 \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}$	$C_{э\tau} = \frac{25 \cdot 120 \cdot 12,7 \cdot 3,84}{60 \cdot 0,9 \cdot 1000} \cdot 1,2 = 3,25 \text{руб./изд.}$	$C_{э\tau} = \frac{18 \cdot 210 \cdot 6 \cdot 3,84}{60 \cdot 0,75 \cdot 1000} \cdot 1,20 = 2,3 \text{руб./изд.}$	0,95

В таблице 38 представлен затраты на ремонт оборудования

Таблица 38 – 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 80M-E	
Ц _j -цена оборудования соответствующего вида [20]	DC-400 (Lincoln Electric) 418 000	Invertec STT II (Lincoln Electric) 520 000	-
Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U	Механизированная сварка методом STT Pipeliner 80M-E	
$k_{\text{рем}}$ - коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25	-
$t_{\text{шк}}$ -штучно-калькуляционное время, мин\изд	80,8	36,3	-
$F_{\text{го}}$ -годовой фонд времени работы оборудования, час/год	2000	2000	-
k_3 - коэффициент, загрузки оборудования	0,8	0,8	-
Расчетная формула $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{\text{рем}0} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{го}} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = (418000 \cdot 0,25 \cdot 80,8) \cdot (2000 \cdot 0,8 \cdot 60) = 88,17$	$C_p = (520000 \cdot 0,25 \cdot 36,3) \cdot (2000 \cdot 0,8 \cdot 60) = 49,2$	≈39

В таблице 39 представлен результаты расчетов

Таблица 39 – Результаты расчетов

Наименование	Сварка электродами LB-62U 1	Сварка методом STT Pipeliner 80M-E 2		Разница 1-2
1. Сварочные материалы, руб./изд.	306,8	Проволока: 115,5	122	184,8
		Газ: 6,5		
2. Основная зарплата, руб./изд.	316,9	142,4		174,5
3. Социальные цели, руб./изд.	82,4	37		45,4
4. Электроэнергия, руб./изд.	3,25	2,3		0,95
5. 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:

$$Q_2 = \frac{F_{го} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{шкпр}} = \frac{2000 \cdot 0,8 \cdot 60}{36,3} = 2644,6, \text{ед/год}, \quad (5)$$

где $t_{шкпр}$ - 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 Ø1220 мм, получаем годовой объем производства, выраженный через массу наплавленного металла по формуле:

$$M_2 = Q_2 \cdot \frac{F \cdot l \cdot \gamma}{1000} = 2644,6 \cdot \frac{31 \cdot 3,84 \cdot 7,8}{1000} = 2455,5, \text{кг/год}, \quad (6)$$

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:

$$\mathcal{E}_2 = M_2 \cdot \frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma} = 2455,5 \cdot \frac{444,6 \cdot 1000}{31 \cdot 3,84 \cdot 7,8} = 1175768,6, \text{руб/год}, \quad (7)$$

Где $\frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}$ представляет собой удельную экономию на 1 кг наплавленного металла ($\overline{\Delta C}_{\text{кг}}$).

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.

3.4.2 Расчет для второго варианта исполнения

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:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{qt} + \Delta C_{at})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (8)$$

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);

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

ΔC_{at} - 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 9, необходимо отдельно рассчитать ее составляющие.

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

$$\Delta\Pi_{qt} = (\overline{\Delta C_t} \cdot Q_{zt} - \Delta C_{at}) \cdot (1 - H_{\text{пр}}), \quad (9)$$

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

Q_{zt} - годовой объем производства продукции, в t – м году;

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

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

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:

$$\Delta C_{at} = C'_{at} - C''_{at}, \quad (10)$$

Где C'_{a_t} и C''_{a_t} –затраты на амортизацию соответственно 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 с амортизировали, т.е. $C'_{a_t} = 0$.

Исходные данные:

Расчетный период

$$n = 5 \text{ лет}$$

Годовой фонд времени работы оборудования,

$$F_{zo} = 2000 \text{ час/год}$$

Норма времени, мин/изд.

$$t_{шк} = 36,3 \text{ мин}$$

Удельная экономия на текущих

расходах в $t - m$ году, руб/изд

$$\overline{\Delta C_t} = 444,6 \text{ руб/изд}$$

Инвестиции, руб.

$$I_0 = 520000 \text{ руб}$$

Период полезного использования, годы

$$T_{пи} = 6 \text{ лет}$$

Ставка налога на прибыль, %

$$H_{пр} = 24\%$$

Ставка дисконтирования, %

$$i = 10\%$$

Для расчета чистой текущей стоимости вводимого метода построим таблицу 40.

Таблица 40 - Расчет чистой текущей стоимости

№ $\frac{n}{n}$	Наименование показателей	Расчетный период					
		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 $Q_{\Gamma} = \frac{F_{\Gamma 0} \cdot k_z \cdot 60}{t_{\text{штк}}}$	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, $(C2 \cdot C3)$	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, $(C4 - C5)$	0	648257	1015497	1383181	1383181	1383181
7	Налог на прибыль, руб/год, (24% от C6)	0	155581	243719	331963	331963	331963
8	Изменение чистой прибыли, руб/год $(C6 - C7)$	0	492676	771778	1051218	1051218	1051218
9	Чистый денежный поток от операционной деятельности руб/год $(C5 + C8)$	0	579342	858444	1137884	1137884	1137884
10	Инвестиции, руб.	- 52000 0	-	-	-	-	-
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 $(C9+C10) \cdot C11$	- 52000 0	526622	709075	854551	777175	706626
13	Накопленный дисконтированный денежный поток	- 52000 0	6622	715697	1570248	2347423	3054049

Затраты на амортизацию оборудования выражаются формулой:

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{T_{\text{пи}}} = \frac{520000}{6} = 86666 \text{ руб/год}, \quad (11)$$

где C_j - цена оборудования соответствующего вида;

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

Рассчитав 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:

$$n_{\text{ок}} = n + (D_n / D_{n+1}) = 0 + (520000 / 526622) = 0,98 \text{ года.}, \quad (12)$$

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 22.

Расчет индекса доходности (PI) проведем по формуле:

$$PI = 1 + (NPV / I_0) = 1 + (4175696 / 520000) = 8,03 \quad (13)$$

где $I_0 = 520000$ руб, размер инвестиций.

Формально проект признается эффективным, если $PI > 1.0$

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

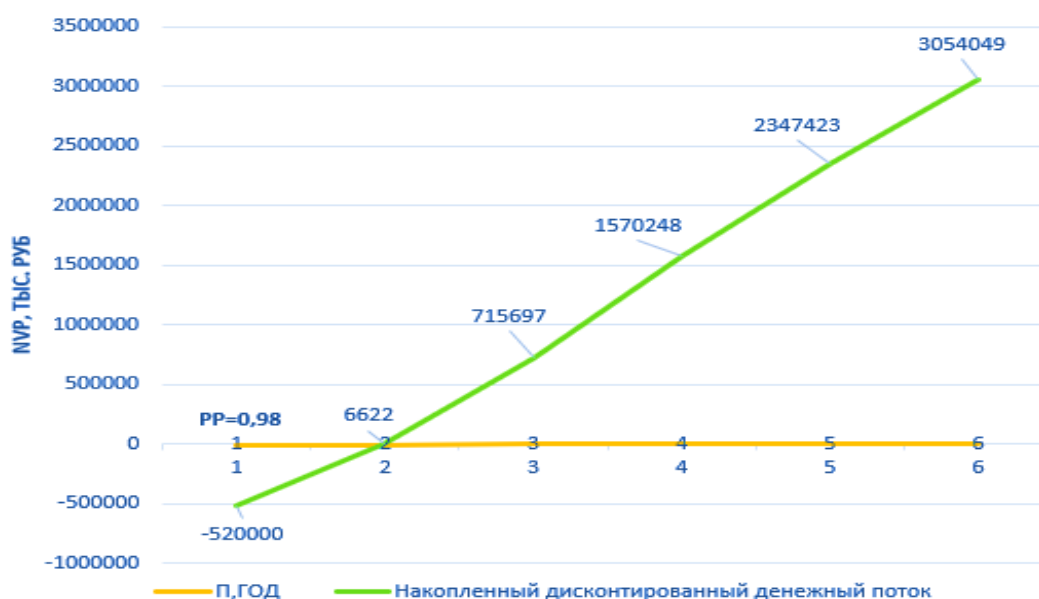


Рисунок 22. График срока окупаемости инвестиционных затрат

Расчёт внутренней нормы доходности (IRR): данный показатель имеет большое экономическое значение. Во-первых, по тому насколько IRR превышает ставку дисконтирования можно сказать о степени эффективности инвестиции. Во-вторых, по разности данных показателей ($IRR - i$) можно судить о показателе финансовой прочности и риска проекта. Чем больше эта разность, тем устойчивее проект к неблагоприятным изменениям различных важнейших параметров проекта. В-третьих, внутренняя норма доходности оценивает предельную плату за привлечение финансовых ресурсов, если превысить данный показатель, инвестиционный проект становится не эффективным.

Количественно данный показатель может быть установлен графическим путём. Для этого нужно построить график зависимости $NPV = f(i)$ (в таблице 41). Для построения графика нужно получить NPV для нескольких (как минимум для трёх) значений ставок дисконтирования, чтобы построить кривую. Точка пересечения построенной кривой с осью абсцисс позволит установить внутреннюю норму доходности IRR.

Таблица 41 – Расчёт чистой текущей стоимости NPV

№ п/п	Наименование показателей	Расчетный период, год					
		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 $\alpha_t = \frac{1}{\left(1+\frac{i}{100}\right)^t}$ 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 $\alpha_t = \frac{1}{\left(1+\frac{i}{100}\right)^t}$ 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

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 рассчитаем NPV как минимум ещё для двух значений. Например, для 15 % и 20 %, или же для 0 и 15%. Расчётные значения NPV приведены в таблице 42.

Таблица 42 – 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 23.

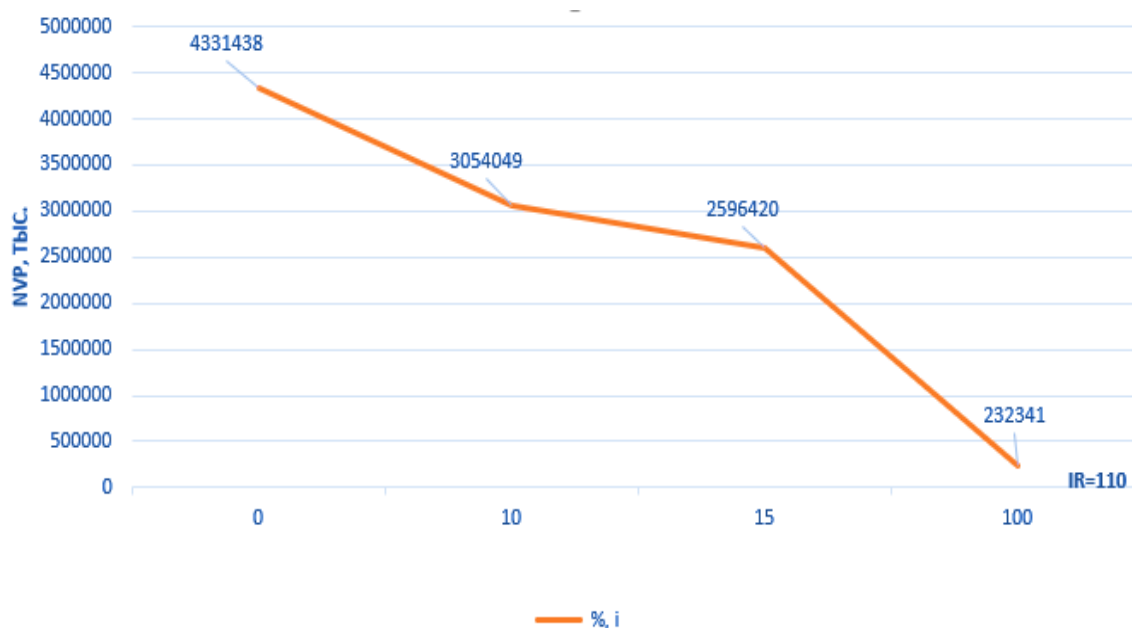


Рисунок 23. График зависимости чистой текущей стоимости от ставки дисконтирования $NPV=f(i)$

В результате данного пункта был проведен технико-экономический анализ процесса сварки корневого слоя шва неповоротного стыка трубы диаметром 1220 мм, ручной дуговой сваркой покрытыми электродами и полуавтоматической сваркой в среде защитных газов методом STT.

Проведен технико-экономический анализ процесса сварки корневого слоя шва неповоротного стыка трубы диаметром 1220 мм ручной дуговой сваркой покрытыми электродами и полуавтоматической сваркой в среде защитных газов методом STT. По предварительным подсчетам на одно изделия наиболее (первая ситуация) выгодна сварка методом STT. Она нам обошлась на 444,6 руб./изд дешевле.

Экономический расчет также показал, что новая разработка устойчива к неблагоприятным изменениям важнейших параметров (инвестиций, количество производимой продукции и другие).

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. Текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что прибыль при использовании этого, в период использования 6 лет, достаточна высока. 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 использование полуавтоматической сварки в среде защитных газов методом STT наиболее выгодно в сравнении с остальными способами.

3.4.3 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом .

Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $Z_{бт}=6595$ руб/мес, для руководителя (профессора с ПКГ ППС 4) - $Z_{бп}=33162$ руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле 14:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (14)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 15 :

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (15)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_r – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле 16:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m}{T}, \quad (16)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит $T=26$ дней.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot k_p, \quad (17)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$Z_{мт} = 6595 \cdot 1.3 = 8573.5 \text{ руб.};$$

$$Z_{мп} = 33162 \cdot 1.3 = 43110.6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$Z_{дн.т} = \frac{8573.5}{26} = 329.75 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн.п} = \frac{43110.6}{26} = 1658.1 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 100 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$Z_{осн.т} = 329.75 \cdot 100 = 32975 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн.п} = 1658.1 \cdot 100 = 165810 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы :

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} , \quad (18)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,1 и получаем:

$$Z_{доп.т} = 0.1 \cdot 32975 = 3297.5 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.п} = 0.1 \cdot 165810 = 16581 \text{ руб.};$$

Итак, определяем полную зарплату работников:

$$C_{зпт} = 32957 + 3297.5 = 36254.5 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{зпп}} = 165810 + 16581 = 182391 \text{ руб.}$$

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 19 :

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (19)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Принимаем $k_{\text{внеб}} = 0.302$.

$$C_{\text{внеб.т}} = 0.302 \cdot 36254.5 = 10948.859 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{внеб.п}} = 0.302 \cdot 182391 = 55082.082 \text{ руб.}$$

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 20 :

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (20)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов. Принимаем $k_{\text{накл}} = 0.8$.

$$C_{\text{накл.т}} = 0.8 \cdot 218645.5 = 174916.4 \text{ руб.};$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 43.

Таблица 43 - Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоемкость выполнения работы Тисп, д	Зарботная плата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная зарботная плата, руб	Основная зарботная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	100	6595	329.75	32975	8573.5
Руководитель (доцент)	1	100	33162	1658.1	165810	43110.6
Итого:	2	200			198785	

3.4 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования

3.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

Данное исследование является очень сложным с точки зрения получения достоверных результатов, которые можно обрабатывать в дальнейшем. Дело в том, что подобрать оптимальные параметры не так уж и просто, как это может казаться на первый взгляд. Но благодаря различным техническим вариациям удаётся это сделать. Однако подобные эксперименты можно провести с помощью механизированной сварки.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В данной работе мы можем рассчитать интегральный показатель ресурс эффективности.

Интегральный показатель ресурс эффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (21)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В нашей работе использовалась механизированная сварка в среде защитного газа порошковой проволокой. Аналоги данного метода были рассмотрены: ручная дуговая сварка (аналог 1) и автоматическая сварка (аналог 2).

Таблица 45 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Сложность точной постановки эксперимента	0.4	5	5	2
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	5	2
3. Энергосбережение	0.15	3	2	1
4. Безопасность	0.15	3	3	2
5. Стоимость эксперимента	0.2	4	3	2
ИТОГО	1			

По формуле 21 и данным таблицы 45 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_m^p = 0.4 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 + 0.2 \cdot 4 = 4.2;$$

$$I_m^{a1} = 0.4 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 2 + 0.15 \cdot 3 + 0.2 \cdot 3 = 3.85;$$

$$I_m^{a2} = 0.4 \cdot 2 + 0.1 \cdot 2 + 0.15 \cdot 1 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 2 = 1.85.$$

Из расчётов наглядно видна ресурсоэффективность установки, на которой были проведены эксперименты настоящего исследования.

Вывод

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы был проведен технико-экономический анализ влияния параметров режимов механизированной сварки в среде защитного газа самозащитной порошковой проволокой на формирование соединения трубных сталей. Целевой рынок результатов исследования будет включать в себя основные отрасли промышленности, нуждающиеся в высокой износоустойчивости и прочности изделий.

Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах нефтегазовой промышленности и тяжелого машиностроения. технико-экономический в сварке.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны экономика, оптимизация которых приведет к уменьшению стоимости

проекта и увеличении его эффективности. Такими функциями можно назвать следующее:

1. применение принципиально новых конструкторских решений;
2. унификации сборочных единиц и деталей;
3. использование новых заготовок и материалов;
4. оптимизация параметров надежности

Также построена интерактивная матрица SWOT-анализа, в которой показаны слабые (недоступность к испытательной установке – электронному ускорителю «Прайм - 9», отсутствие РЭМ и ПЭМ на кафедре, проводящей исследование) и сильные (финансирование из государственного бюджета, фундаментальность исследования, возможность практического внедрения результатов исследования в оборонную промышленность и т.д.) стороны для разрабатываемого проекта. Одна из реальных угроз проекту – это его закрытие в связи с требующимися большими материальными затратами, которые не покрываются государственным финансированием. Ещё одной возможной угрозой является выход из строя установки, например, поломка труднодоступных и дорогостоящих элементов.

Сделан план исследования, в котором распределялись основные функции проекта между руководителем и дипломником и сделан расчет бюджета научного исследования, в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также заработные платы участников проекта.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что для текущего исследования коэффициенты энергосбережения и стоимости эксперимента выше, чем у аналогов. Из этого можно сделать вывод, что интегральный финансовый показатель будет меньше, чем у аналогов исследования. А значит, на данное исследование был израсходован бюджет, величина которого могла быть гораздо больше при проведении исследований с помощью аналогов.

Рассчитан бюджет научного исследования, который включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

4 Социальная ответственность

Введение

В магистерской диссертации проводятся исследования технология сварки магистрального трубопровода диаметром 1220мм из стали 10Г2ФБЮ с использованием постоянного тока, поэтому в работе приводится анализ вредных и опасных факторов характерных именно для этой сферы производственной деятельности.

В данном разделе магистерской диссертации проанализированы основные аспекты социальной ответственности, необходимые в ходе исследования (экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека и окружающей среде, чрезвычайные ситуация, правовые нормы и др.).

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К выполнению сварочных работ на машинах контактной сварки допускаются лица не моложе 18 лет, прошедший медицинское освидетельствование, техническое обучение по данной специальности и инструктаж, сдавшие экзамен, имеющие практические навыки проведения работ по сварке и удостоверение на право проведения работ по сварке.

Ручная дуговая является одним из самых безопасных способов получения неразъемного соединения по сравнению с дуговыми способами сварки. В частности, при ручной дуговой сварке и нержавеющей стали 10Г2ФБЮ в окружающую атмосферу не выделяются какие-либо вредные пары или газы, кроме возможных выплесков расплавленного металла из-за нерационального режима.

Расположение ручной дуговой машины должна обеспечивать безопасные условия труда и удобства при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте, при этом установки контактной сварки монтируют на полу без возведения специального фундамента. Однако ручная дуговая сварка

имеет малые габаритные размеры, поэтому необходимо устанавливать на специальном столе с учетом высоты для удобной работы на данной машине.

Все требования по технике безопасности можно разделить на следующие виды: требования безопасности к сварочному оборудованию, предупреждение травматизма, требования к вентиляции помещения, противопожарная безопасность.

К электросварочному оборудованию предъявляются следующие требования безопасности. Электросварочная установка всегда должна иметь паспорт, инструкцию по эксплуатации, инвентарный номер. Электроустановки включаются в электросеть только при помощи пусковых устройств. Включать в электросеть и отключать от нее электросварочные установки, а также производить ремонтные работы должны только электромонтеры. Прочему персоналу эти операции производить запрещается. Необходимо постоянно следить за исправностью изоляции питающих проводов, отсутствием оголенных токоведущих частей, а также за целостностью заземляющего провода. Состояние изоляции должно проверяться мегомметром не реже одного раза в месяц. Размещение сварочного оборудования, а также расположение и конструкция его узлов и механизмов должны обеспечивать безопасный и свободный доступ к нему.

Все электрооборудование должно быть заземлено. Заземление выполняется с целью обеспечения безопасности людей при нарушении изоляции токоведущих частей, для обеспечения нормальных режимов работы установки, для защиты электрооборудования от перенапряжений, для молниезащиты зданий и сооружений. Надежность заземления проверяется путем замеров.

Наиболее распространенными средствами индивидуальной защиты от различных вредных и опасных факторов является спецодежда, спец обувь, предохранительные приспособления. В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами,

вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ.

4.2 Производственная безопасность.

При эксплуатации сооружений и сетей водопроводно-канализационного хозяйства необходимо учитывать наличие и возможность воздействия следующих вредных производственных факторов.

4.2.1 Параметров микроклимата в помещении

Работа выполнение сварных швов относится к категории Пб (работа интенсивностью энергорат 2330290 Вт).

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.4.548-96. приведены для категории Пб.

Для создания оптимальных условий труда нужно выполнить следующие рекомендации:

- 1) введение перерывов;
- 2) организация принудительного воздухообмена;
- 3) применение спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- 4) правильная организация систем отопления и воздухообмена;
- 5) выделение в воздух рабочих помещений влаги.

4.2.2 Шум и вибрация

Для снижения шума в помещениях используют средства звукоизоляции и звукопоглощения, устанавливают глушители шума и рационально продумывают технологию производства с использованием малошумных технологических процессов. Также в качестве индивидуальных средств защиты от шума применяют различные противοшумные наушники, вкладыши, шлемы, каски и костюмы.

В лаборатории, которой ведутся сварочные работы, главным источником шума является источник питания, который по характеру спектра является широкополосным.

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматриваются :

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011 – 89;
- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

В таблице 46 показатели предельно допустимые уровни шума.

Таблица 46 – Предельно допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Сборочно-сварочный цех	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

В таблице 46 показатели технические нормы вибрации.

Таблица 47 – Технические нормы вибрации

Вид вибрации	Среднеквадратичная частота, Гц									
	Логарифмический уровень виброскорости									
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500
Сборочно-сварочный цех	-	103	100	101	106	112	118	-	-	-

При работе в офисном помещении мерами для защиты от шума извне могут служить современные пластиковые окна и шумоизоляционные панели

стен. Шум от работы ПК можно понизить, используя малошумные вентиляторы охлаждения на подшипниках, либо водяное охлаждение системного блока. При работе в сварочном цехе средствами индивидуальной защиты от шума являются ушные вкладыши и наушники.

4.3 Освещенность рабочей зоны

Освещение - получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов.

На практике используются два вида освещения: естественное (солнце) и искусственное (газоразрядные лампы). Естественное боковое и искусственное. рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения. Нормируемый показатель освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении составляет 200 лк. При

Недостаточном уровне освещённости, необходимо установить необходимое количество ламп искусственного освещения. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. коэффициент пульсации освещенности для лаборатории не должен превышать 10%. Виды освещения нормируются СП52.13330.2011.

Многие люди задаются вопросом: как выполнить сварку труб под просвет? И даже некоторые специалисты не до конца разбираются, как варить трубы этим методом. Особенно это касается молодых людей, только окончивших техникумы.

В первую очередь при сварке трубы под просвет необходимо прихватить трубы. Это исключит возможность деформации корня. Сколько нужно выполнить точек прихвата определяют исходя из размеров труб. Прихватываются детали таким образом, чтобы зазор в месте стыка не сходил.

После выполнения прихвата стыка его необходимо зачистить. Кроме этого, очень важно запомнить, что, если вы в процессе выполнения сварки под просвет обнаружили дефекты на корне (например, трещины), необходимо их удалить. После того, как выполнена зачистка поверхностей, производится

заполнение шва. Как правило, заполнение шва считают самым простым этапом, однако, в некоторых случаях на его заполнение уходит до 30% корня.

Рекомендуется оставить маленькое углубление при заполнении шва. Достаточно будет глубины в 1,5 мм. Это необходимо для выполнения облицовки. Если поступить так облицовочный материал ляжет очень аккуратно в эту небольшую борозду и получится эстетичный шов. Очень важно запомнить два правила: при заполнении шва необходимо выдерживать рабочий угол, а также варить на короткой дуге.

4.4 Уровень электромагнитных излучений

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человека. Основным источником этих проблем, связанных с охраной здоровья людей, использующих в своей работе, является сварочный аппарат Lincoln Electric Power Wave 1000 AC/DC. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, изменение кровяного давления и пульса. Предельно допустимые значения излучений от выпрямителя в соответствии с СанПиН 2.1.1191-2003.

В качестве рекомендаций защиты от электромагнитного излучения используются:

- 1) ограничение по времени нахождения персонала на рабочем месте;
- 2) регулярные перерывы между рабочим временем;
- 3) рациональное размещение оборудования;
- 4) использование спецодежды и средств индивидуальной защиты.

4.5 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Работник не допускается к работе без ознакомления с правилами поведения в цехе и лаборатории; также проводится инструктаж на рабочем месте. В инструктаже особое внимание обращается на строжайшее соблюдение

правил поведения вблизи движущихся конвейеров, транспортных средств, подъемных механизмов, силовых линий.

В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), состояния окружающей среды зависит поражающее воздействие на организм.

Одним из наиболее опасных параметров являются переменный ток с частотой от 10 до 120 Гц. Наиболее безопасным напряжением для человека является до 12 В, условно безопасным до 36 В [25]. Опасной величиной считается ток, более 10 мА, а смертельным более 100 мА. Опасность поражения человека электрическим током существует во всех случаях, когда используются электрические установки и оборудование.

Сварки является образование и поступление в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей, содержащие токсичные вещества. Причиной образования сварочных газов и вредных веществ в процессе сварки могут быть наличие масла и антикоррозионного покрытия на поверхности свариваемых деталей, сгорание обмазки электрода. При сварке деталей из цветных металлов также выделяются вредные вещества

В таблице 48 показатели ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Таблица 48- ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности
Алюминий и его сплавы	2	A	III
Бериллий и его соединения	0,001	A	I
Ванадий и его соединения	0,1/0,5	A	I
Вольфрам	6	A	IV
Железа оксид с примесью оксидов марганца (до 3%)	6	A	IV
Кадмия оксид	0,1/0,03	A	I
Кобальт металлический, оксид кобальта	0,5	A	II
Марганец (до 20% в сварочном аэрозоле)	0,2	A	II
Медь металлическая	1/0,5	A	II
Молибден	3/05	A	III
Титан	10	A	IV
Торий	0,05	A	I
Цинк оксид	0,5	A	II
Хрома оксид	1	A	III

Для эффективного улавливания сварочного газов при работе в помещении кроме общей приточной вытяжной вентиляции рекомендуется и местная вентиляция. Кроме этого, в качестве индивидуальной защиты применяют фильтрующие противопылевые респираторы.

4.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Рабочие сварочных профессией должны быть обеспечены спецодеждой и другими средствами индивидуальной защиты с учетом условий проведения работ в соответствии с типовыми отраслевыми нормами, утвержденными в установленном порядке. Для защиты от ожогов сварщик должен иметь очки с

прозрачными стеклами, спецодежду и рукавицы. Для уменьшения опасности возникновения пожара вокруг машины на расстоянии от 5 до 6 метров не должно быть горючих веществ.

Для того чтобы создать необходимые метеорологические условия рабочей зоны и предотвратить различные переохлаждения и перегревания организма в небольших помещениях устанавливают кондиционеры. С помощью кондиционирования воздуха в закрытых помещениях можно поддерживать необходимую температуру, а также скорость движения воздуха.

Для эффективного улавливания сварочного газа при работе в помещении кроме общей приточной вытяжной вентиляции рекомендуется и местная вентиляция. Кроме этого, в качестве индивидуальной защиты применяют фильтрующие противопылевые респираторы.

В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами, вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ [26].

4.7 Экологическая безопасность.

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия со стороны природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

При проведении исследований сварочных процессов загрязнение окружающей среды происходит за счет выбросов в атмосферу, не уловленной фильтрацией пыли, газов и других сварочных аэрозолей, а также образования твёрдых отходов (огарки электродов, затвердевший шлак и так далее).

В связи с этим необходимо проводить мероприятия по очистке вредных выбросов, например, устанавливать очистные фильтры на выходе воздуховода, что значительно снизит количество выбросов вредных веществ в атмосферу.

В качестве фильтров, применяемых для осуществления местной вентиляции, рекомендуется использовать «сухие» пористые фильтры так

называемые рукавные фильтры ФРКИ. Степень очистки газов в них при соблюдении правил технической эксплуатации достигает 99,9% [27].

К твердым отходам, образующимся при проведении исследований в сварочном производстве, можно отнести уже отработанные образцы, обрезки металла, используемого для их изготовления, металлическая стружка от электродов и прочие. Отходы собираются в мусоросборники и контейнеры, которые по мере заполнения удаляются из помещений в специально отведенные места. Вывозят отходы, как правило на специально выделенные места захоронения или на общие свалки [28].

В процессе сварки по стали 10Г2ФБЮ не выделяется и не выбрасывается в воду, атмосферу, вентиляцию или в рабочую зону каких-либо вредных веществ, газов, аэрозолей, дымов и т.д., превышающих допустимые уровни ПДК.

Соответственно, негативное влияние на атмосферу будет заключаться только в скоплении пыли на рабочем месте, а воздействие на литосферу будет характеризоваться утилизацией твердых бытовых отходов (бумага, бракованные образцы и т.п.).

Решения по обеспечению экологической безопасности:

1. для литосферы – вывоз твердых бытовых отходов, с последующей переработкой.
2. для атмосферы – проведение ежедневной влажной уборки на рабочем месте и проветривание помещения.

4.8 Расчет защитного заземления

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей – металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно закреплено посредством сварки. В качестве материала для выполнения заземлителей применяют сталь. В нашем случае – трубы диаметром 100 мм, которые соединены между собой, с помощью полосовой стали. Для того, чтобы уменьшить колебания удельного

сопротивления грунта заземлители забивают в землю так, чтобы их верх находился на расстоянии 0,7-0,8 м от уровня земли. Тем самым достигаются более влажные и непромерзающие слои грунта. Полосовую сталь для соединения заземлителей принимаем сечением 60х10 мм.

Оборудование работает под напряжением 380 вольт. определяем для нашего случая по нормам допускаемого сопротивления заземлителей 4 Ом, удельное сопротивление грунта (суглинок) составляет $\rho_{\text{г}} = 10^4$ Ом.

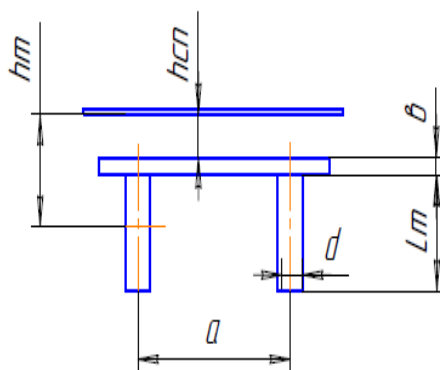


Рисунок 24 – Схема заземления

Основные геометрические параметры схемы заземления: $h_m = 2500$ мм; $h_{\text{сп}} = 800$ мм; $L_m = 3500$ мм; $d = 100$ мм; $a = 3800$ мм. (на рисунке 24)

Учитывая возможность промерзания грунта зимой и просыхания летом, определяем расчетное значение $\rho_{\text{э}}$ и $\rho_{\text{н}}$ (Ом·см) при использовании трубчатых заземлителей и стальной полосы. Коэффициенты $K_{\text{э}}$ и $K_{\text{н}}$ берем для соответствующей климатической зоны.

$$\rho_{\text{э}} = \rho_{\text{г}} \cdot K_{\text{э}} = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \quad (22)$$

$$\rho_{\text{н}} = \rho_{\text{г}} \cdot K_{\text{н}} = 1 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 4,5 \cdot 10^4 \quad (23)$$

Определяем величину сопротивления растекания тока от одной забитой в землю трубы в соответствии с изложенным в [29].

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2 \cdot \pi \cdot L_m} \left(\ln \frac{2 \cdot L_m}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot H_m + L_m}{4 \cdot H_m - L_m} \right) \quad (24)$$

где L_m – длина электрода, см;

d – диаметр электрода, см;

H_m – глубина заложения, см.

Подставляем значения в формулу (24) и получаем:

$$R_3 = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 350} \left(\ln \frac{2 \cdot 350}{10} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 250 + 350}{4 \cdot 250 - 350} \right) = 37 \text{ Ом.}$$

Определяем требуемое число заземлителей (шт.) в соответствии с изложенным в [30]:

$$n = \frac{R_3}{r_3} = \frac{37}{4} = 9,2 \quad (25)$$

где r_3 – допускаемое сопротивление, Ом.

Принимаем количество труб $n = 9$ шт.

Определяем длину соединительной полосы, L_n если электроды расположены по контуру:

$$L_n = a \cdot (n - 1) = 3800 \cdot 8 = 30,4 \text{ м.}$$

Определяем сопротивление соединительной полосы (Ом) [28]:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot 3,14 \cdot L_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{h_{cn} \cdot b} = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 30400} \cdot \ln \frac{2 \cdot 30400^2}{80 \cdot 6} = 3,6 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление системы заземления определяется по формуле:

$$R_c = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_3 + R_n \cdot \eta_n \cdot N} \quad (26)$$

где η_3 – коэффициент использования электродов, $\eta_3 = 0,78$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,55$.

Тогда с учетом всех значений получаем:

$$R_c = \frac{37 \cdot 3,6}{37 \cdot 0,78 + 3,6 \cdot 0,55 \cdot 9} = 2,9 \text{ Ом.}$$

Проверка: $R_c < r_3$

$R_c = 2,9 \text{ Ом} < r_3 = 4 \text{ Ом.}$

Таким образом, диаметр заземлителя $d = 100$ мм при числе заземлителей $n = 9$ штук на расстоянии 3,8 метра друг от друга. Длина соединительной полосы 30,4 метра, сопротивление соединительной полосы $R_n = 3,6$ Ом при

глубине заложения $h_{\text{п}} = 2,5$ м, что является достаточным для обеспечения защиты при данной схеме расположения заземлителей.

Опасным фактором, неблагоприятно воздействующим на здоровье человека в процессе сварки, являются искры и брызги расплавленного металла из зоны сварки. Это явление также может быть причиной местных ожогов.

4.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия [31].

Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу В-4, так как в нем отсутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к эвакуационному выходу.

Пожар – неконтролируемое горение, приводящее к ущербу и возможным человеческим жертвам. Опасными факторами пожара, воздействующими на людей, являются: открытый огонь; искры; повышенная температура окружающей среды; токсичные продукты горения, дым; пониженная концентрация кислорода.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.

2. Курить только в отведенных для курения местах.

3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» пожарную службу.

4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение спец. Защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

План эвакуации людей из лаборатории производственного корпуса показан на рисунке 25.

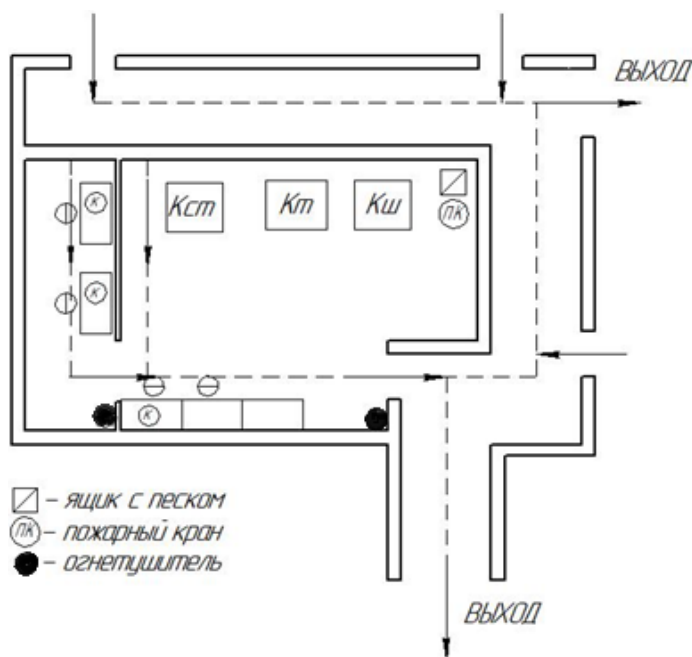


Рисунок 25 – План эвакуации при пожаре

4.10 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и социальной защиты работников на предприятии.

Все требования по технике безопасности можно разделить на следующие виды: требования безопасности к сварочному оборудованию, предупреждение травматизма, требования к вентиляции помещения, противопожарная безопасность.

К электросварочному оборудованию предъявляются следующие требования безопасности. Электросварочная установка всегда должна иметь паспорт, инструкцию по эксплуатации, инвентарный номер. Электроустановки включаются в электросеть только при помощи пусковых устройств. Включать в электросеть и отключать от нее электросварочные установки, а также производить ремонтные работы должны только электромонтеры. Прочему персоналу эти операции производить запрещается. Необходимо постоянно следить за исправностью изоляции питающих проводов, отсутствием оголенных токоведущих частей, а также за целостностью заземляющего провода. Состояние изоляции должно проверяться мегомметром не реже одного раза в месяц. Размещение сварочного оборудования, а также расположение и конструкция его

узлов и механизмов должны обеспечивать безопасный и свободный доступ к нему.

Все электрооборудование должно быть заземлено. Заземление выполняется с целью обеспечения безопасности людей при нарушении изоляции токоведущих частей, для обеспечения нормальных режимов работы установки, для защиты электрооборудования от перенапряжений, для молниезащиты зданий и сооружений. Надежность заземления проверяется путем замеров.

Наиболее распространенными средствами индивидуальной защиты от различных вредных и опасных факторов является спецодежда, спец обувь, предохранительные приспособления.

Для предохранения тела от ожогов основной защитой является использование специальной одежды и обуви. Костюм и рукавицы должны быть исправными. Костюм одевается с напуском брюк на обувь, чтобы не оставалось незащищенных частей тела. Наиболее подходящей обувью являются ботинки без шнурков с гладким верхом и застежкой сзади либо с резиновыми растягивающими боковинами. Пользование рукавицами предохраняет руки одновременно от ожогов и от порезов об острые кромки металла. В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами, вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ.

К проведению сварочных работ разрешается допускать сварщиков после соответствующего обучения, имеющих удостоверение на право выполнения данного вида сварочных работ, прошедших инструктаж и проверку знаний техники безопасности с оформлением в специальном журнале, а также прошедших медицинский осмотр. Запрещается выполнять электросварочные работы лицам, не достигшим 18-летнего возраста. Все сварщики должны ежегодно проходить проверку знаний инструкции по охране труда.

Не подготовленному персоналу категорически запрещается исправлять силовые электрические цепи. Не разрешается скручивать сварочные провода и

использовать провода с поврежденной изоляцией. Запрещается выполнять сварочные работы вблизи взрывоопасных и огнеопасных материалов. Не разрешается загромождать, закрывать пожарные проезды и проходы к пожарному инвентарю, оборудованию и пожарным кранам. Персоналу необходимо уметь пользоваться средствами огнетушения и применять их в соответствии с инструкциями в зависимости от характера горящего вещества и вещества огнетушителя. Во время работы сварщик обязан закрывать лицо щитком или шлемом со специальными защитными стеклами, для защиты кожи от ожогов работать в спецодежде и рукавицах.

Проверка сварочного аппарата должна производиться в следующие сроки. Наружный осмотр каждый раз перед работой. Ревизия с разборкой и проверкой – не реже двух раз в год.

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Требования к размещению сварочных аппаратов для ручной дуговой и импульсно-дуговой сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с [32].

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежную защиту.

Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.

Ширина проходов между сварочными аппаратами должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для сварочных машин и аппаратов - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к

другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м.

Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.

Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.

Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.

Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0,4).

Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.

Высота помещений должна быть не менее 4,2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2,2 м от пола.

Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

Страхователь – Юридические лица любой организационно-правовой формы (в том числе иностранные организации, осуществляющие свою деятельность на территории РФ и нанимающие граждан РФ) либо физические лица, нанимающие лиц, подлежащих обязательному социальному страхованию.

Федеральным законом [33] произведена замена должника в обязательствах по возмещению вреда, причиненного работнику при исполнении им трудовых обязанностей.

Сам пострадавший или лица, имеющие право на получение возмещения, должны предъявлять соответствующие требования к работодателю, а не к органам Фонда социального страхования РФ.

Если гражданин выполняет работу по гражданско-правовому договору, условия которого не предусматривают обязанность уплаты работодателем страховых взносов, то возмещение работнику утраченного заработка, в части оплаты труда, осуществляется причинителем вреда.

Возмещение застрахованным лицам морального вреда, причиненного, в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием, осуществляется причинителем вреда.

Виды обеспечения по страхованию:

- Пособие по временной нетрудоспособности;
- Единовременные страховые выплаты;
- Ежемесячные страховые выплаты;
- Лечение застрахованного, осуществляемое на территории РФ;
- Приобретение лекарственных препаратов;
- Уход за застрахованным, в том числе осуществляемый членами его семьи;

- Проезд застрахованного и сопровождающего его лица для получения отдельных видов медицинской и социальной реабилитации;
- Медицинская реабилитация;
- Изготовление и ремонт протезов;
- Обеспечение транспортными средствами при наличии соответствующих медицинских показаний;
- Профессиональное обучение и получение дополнительного профессионального образования.

Пособие по временной нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием подлежит выплате застрахованному работнику за весь период временной нетрудоспособности до его выздоровления или установления стойкой утраты трудоспособности, в размере 100 % среднего заработка, исчисленного в соответствии с действующим законодательством РФ о пособиях по временной нетрудоспособности.

Размер единовременной страховой выплаты определяется в соответствии со степенью утраты застрахованным профессиональной трудоспособности исходя из максимальной суммы, установленной федеральным законом о бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на очередной финансовый год.

Ежемесячные страховые выплаты подлежат выплате застрахованному работнику на протяжении всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности.

Если при расследовании страхового случая комиссией по расследованию страхового случая установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, размер ежемесячных страховых выплат уменьшается соответственно степени вины застрахованного, но не более чем на 25 процентов. Степень вины застрахованного устанавливается комиссией по расследованию страхового

случая в процентах и указывается в акте о несчастном случае на производстве или в акте о профессиональном заболевании.

При определении степени вины застрахованного рассматривается заключение профсоюзного комитета.

Заключение

Выводы работы была разработана технология сборки и сварки стыка нефтепровода участка. Для выполнения данного задания мы подобрали необходимые материалы, а также специальное оборудование, и рассчитали параметры режимов сварки.

Однако до начала использования данной технологии необходимо проыерить все на практике и выполнить необходимы корректировки, это связано с тем, что часть расчётов проводилась по примерным данным, часть по литературным рекомендациям, где в свою очередь нередко встречаются противоречивые данные.

На данный момент разработанная технология будет являться наиболее экономических выгодной уже с существующими методами на сегодняшний день.

Разработан технико-экономический анализ процесса сварки корневого слоя шва неповоротного стыка трубы диаметром 1220 мм ручной дуговой сваркой покрытыми электродами и полуавтоматической сваркой в среде защитных газов методом STT. По начальным расчетам на одно изделия, наиболее (первая ситуация) выгодна, сварка методом STT. Она нам обошлась на 444,6 руб./изд дешевле.

Экономический расчет также показал, что новая разработка устойчива к неблагоприятным изменениям важнейших параметров (инвестиций, количество производимой продукции и другие).

Список литературы

1. Ручная дуговая сварка: учебник/ В.Г. Лупачев. – 3-е изд. – Минск: Выш. шк., 2010 – 416 с.
2. Сварка и свариваемые материалы: справочник/ Под ред. В.М.Ямпольского.– М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 574с.
3. Ручная дуговая сварка трубопроводов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://stalevarim.ru/pub/ruchnaya-dugovaya-svarka-truboprovodov/>, свободный.- Загл. с экрана (Дата обращения: 15.05.2017)
4. Ручная дуговая сварка покрытыми электродами: учеб. пособие [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.zfkai.ru/sveden/files/Metod_, свободный.- Загл. с экрана (Дата обращения: 18.05.2017)
5. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов: учебник для вузов/Г.Л. Петров, А.С. Тумарев. – М.: "Выш. шк.", 1977. – 392 с .
6. Преимущества дуговой сварки. Введение [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.vse-o-svarke.org/publ/pochemu_imenno_dugovaja_svarka/1-1-0-1, свободный. -Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
7. ОТТ-08.00-60.30.00-КТН-013-1-04 Общие технические требования на нефтепроводные трубы большого диаметра.
8. ГОСТ 20295-85. Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-20295-85> свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
9. Сталь 10Г2ФБЮ: характеристики, хим состав и свойства [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://metal.place/ru/wiki/10g2fbyu/>, свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
10. Особенности технологии и применения сварочного процесса СТТ. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.lincolnweld.ru/news/2804/> свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)

11. РД 153-006-02 Сварка при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов. / База данных_Кодекс. [Электронный ресурс]. Версия 2019 года
12. ГОСТ 8050 85 Двуокись углерода газообразная и жидкая / База данных_Кодекс. [Электронный ресурс]. Версия 2019 года
13. ГОСТ 10157-79 Аргон газообразный / База данных Кодекс. [Электронный ресурс]. Версия 2019 года.
14. Сварочная материалы для трубопроводного строительства [Электронный ресурс]. -Режим доступа: www.bohlerwelding.ru, свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
15. Газозащитная порошковая проволока. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.lincolnelectric.com, свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
16. Pipeliner G-70M [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://welding-ag.ru/заказ/проволока-pipeliner-g-70m/>, свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
17. Виды сварочного оборудования, их достоинства и недостатки [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://stalevarim.ru/pub/vidy-svarochnogo-oborudovaniya-ih-dostoinstva-i-nedostatki/> свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
18. Invertec STT II Lincoln Electric [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://sas-master.ru> свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
19. Механизмы подачи проволоки [Электронный ресурс]. -Режим доступа:<http://www.svarshov.ru/2013-12-25-10-54-42/poluvavtomaticheskaya-svarka-provolokoj-mig-mag/mekhanizmy-podachi-provoloki/771-power-feed-10-m-dual-k2461-2.html> , свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)
20. Magnum400 [Электронный ресурс].,-Режим доступа: www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnoe_oborudovanie/Svarochnye_gorel

[ki/Gorelki_dlya_poluavtomaticheskoy_svarki/magnum_400](#), свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)

21. Источник питания для сварки Lincoln Electric Idealarc DC-400, [Электронный ресурс].,-Режим доступа: <https://www.tiberis.ru/katalog/svarochnyj-poluavtomat/lincoln-electric/lincoln-electric-idealarc-dc-400> , свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)

22. Траверсы типа трв [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://kszk.ru/katalog/traversy-oborudovanie-dlya-pogruzchikov/traversy-dlya-neftegazovoj-promyshlennosti> , свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)

23. Установка индукционного нагрева ProHeat 35 трв [Электронный ресурс]. -Режим доступа:http://npfets.ru/catalog/all_manuf/proheat_35/ свободный. - Загл. с экрана (Дата обращения: 01.06.2017)

24. ВСН 012-88 (1 и 2 часть) Строительство магистральных и промышленных трубопроводов / База данных Кодекс. [Электронный ресурс]. Версия 2019 года.

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

26. ГОСТ 12.4.250-2013. ССБТ. Одежда специальная от искр и брызг расплавленного металла.

27. Методические указания по определению эколого-экономической эффективности технологических процессов и производств в дипломных работах. Москва: 1985 – 98с.

28. Ансеров Ю.М., Дурнев В.Д. Машиностроение и охрана окружающей среды. - Ленинград: Машиностроение, 1989. - 224 с

29. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты от воздействия механических факторов.

30. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.

31. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ Пожарная безопасность. Термины и определения.
32. ГОСТ 12.3.003-86 (ССБТ). Работы электросварочные.
33. Федеральный закон от 24 июля 1998 года № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний".

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1.ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 2.ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ Пожарная безопасность. Термины и определения.
- 3.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
- 4.ГОСТ 17.4.3.04-85 Охраны природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
- 5.ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
- 6.ГОСТ 19281-89 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.
- 7.ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные.
- 8.РД 153-34.1-003-01 Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования.
- 9.РД 25.160.00 КТН011-10 Сварка при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов.
10. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности.
11. ГОСТ 12.1.005 –88 Общие санитарные и гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне.
12. ГОСТ 12.3.002-75 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные.
13. ФЗ-123 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность.
14. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные.

Приложение А (справочное)

Раздел (1) Обзор литературы

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM71	Кеоворлавонг Пхусон		

Консультант – лингвист отделения электронной инженерии ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Смирнова У.А.			

1 Literature review

1.1 Manual arc welding with coated electrodes in the construction of gas pipelines

1.1.1 Field of application of manual arc welding in gas pipeline construction

One of the most popular professions in pipeline construction is welding. Welding, as a method of connecting pipes in the pipeline, is used most often, as it is the welded joint is the most durable and reliable. In addition, this type of connection does not require the use of any special valves, and hence the maintenance of the pipeline is greatly facilitated. This is very important, as in many cases access to the pipe connection point in the pipeline can be difficult.

The most common method of welding when working with pipelines is manual arc welding of pipelines. Of course, the speed of work when using this welding method is lower than the speed of welding using an automatic or mechanized method - if during manual welding the maximum speed is 20 meters per hour, then with automatic welding it can reach 60 meters per hour. But quite often the welding work on the pipeline is simply impossible to produce using automated welding. At the same time, manual welding of pipes can be used almost anywhere and at any position of the pipe butt - both vertical, and horizontal, and lower, and ceiling [3].

In the construction of gas pipelines in the work are seamless steel pipes, welded straight-seam and other special structures made of semi-quiet and calm low-alloy steels with a diameter of 1020 mm and low-alloy steels in thermomechanical hardened condition for pipes with a diameter of up to 1420 mm.

Welded joints of pipelines must meet the requirements of GOST 16037-80.

1.1.2 Technique of manual arc welding with covered electrodes of gas pipelines

Manual arc welding with a melting coated electrode (hereinafter – RDS) - arc welding with a melting electrode, performed manually using a coated electrode. The

essence of the method is as follows: for the formation and maintenance of the welding arc, an alternating or constant welding current is supplied to the electrode and the product from the welding current source (figure A.1).

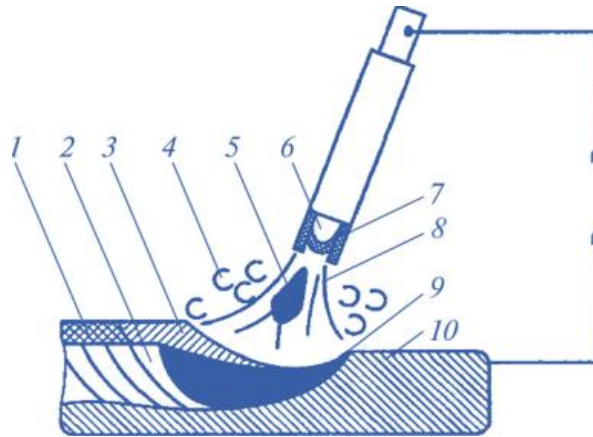


Figure A.1 Scheme of the process of manual arc welding with a covered electrode:1- solid slag; 2-seam; 3-liquid slag; 4-gas protection;5-drops of liquid metal; 6-rod; 7- electrode coating; 8-arc; 9-welding bath; 10-detail

During welding, the arc melts the metal rod of the electrode.

The rod electrode in the form of separate drops produces the transition to the weld pool. In turn, the electrode metal is mixed with the base metal, and the slag floats to the surface [4].

When connecting the pipe joints can be both repetitive and non-rotatable. In addition, the sequence of welded work depends on the diameter of the pipe.

The electrode with cellulose coating when welding the weld root increases the rate of welding, quality of work, productivity.

The operational reliability of the joints and the quality of the weld largely depends on the mechanics of the root seam. Welding of the root layer of the seam should be carried out by the method of "keyhole": in the welding process, the welder must observe the end of the electrode, to fully ensure the required quality.

Lumen (keyhole) allows the welder to monitor the process of melting edges.

1.1.3 Transfer of electrode metal to the weld pool during manual arc welding

In the process of arc welding with a melting electrode, the metal is transferred from the electrode to the weld pool in the form of droplets heated to temperatures significantly higher than the melting point, as well as in the form of vapors.

The stages of metal formation and transfer from the electrode to the weld pool during the welding process are shown in figure A.2.

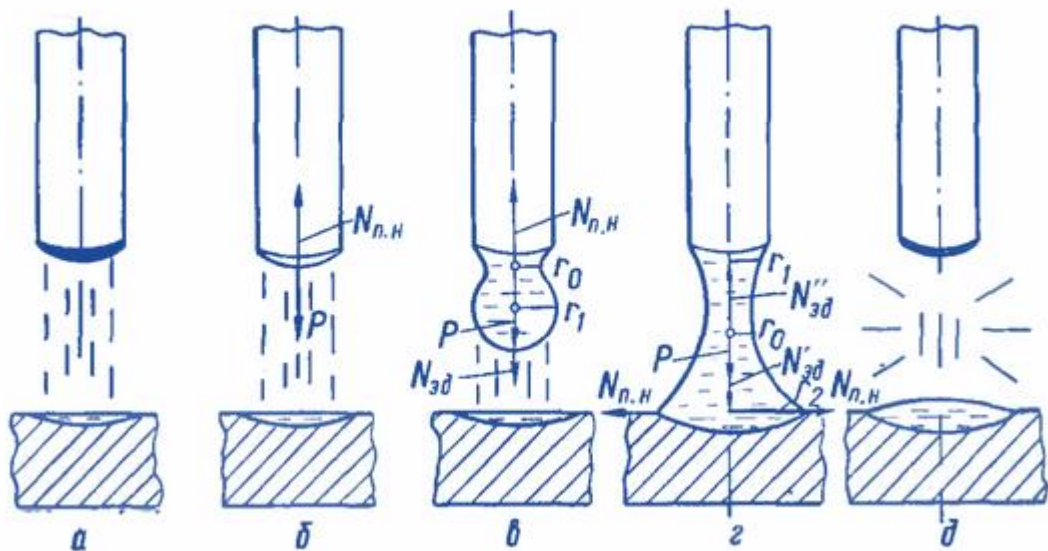


Figure A.2 Stages of formation and transfer of liquid metal from the electrode to the weld pool: b – the formation of a drop at the end of the electrode; C– the appearance of the neck at the junction of the liquid metal with the solid metal of the electrode; g – closure of the drop arc gap; d – the gap formed bridge and the appearance of the arc;

At the end of the electrode, a drop of liquid metal is formed by the heat of the arc, held by the surface tension forces. In the process of its increase as a result of the influence of electromagnetic forces and gravity, the shape of the drop changes and the arc length decreases. Arc voltage decreases and current increases. Further increase in the size of the drop leads to the fact that there is a closure of the arc gap and subsequently its separation.

With increasing current, the average size of the drops decreases, they often break away from the electrode and, crossing the arc gap, fall into the bath.

As a result of the explosive process of separation of parts of the droplets from the electrode end, some of them are thrown aside in the form of metal splashes.

Spatter losses increase with increasing amperage.

At a sufficiently high current density in the electrode, its melting has a characteristic jet transfer.

In the process of welding electrodes with high-quality type of coating and piece electrodes under the action of the arc melts and there is a partial transition to the gaseous state, not only the metal, but also the coating. The coating lags behind the melting of the electrode rod, in turn forming a "cover". In this case, the droplets that have crossed the gap can be comparable to the diameter of the electrode rod, as well as large and small.

The slag resulting from the melting of the coating is transferred in the arc partly in the form of droplets, and partly in the form of slag on the metal droplets and inside them. Gas separation during the melting of the electrode, in particular in the presence of a "cover" coating on the electrode end, leads to an intense gas blast directed from the electrode to the bath. In addition, Gases in some cases are formed inside the droplets, for example, as a result of carbon oxidation in steel and the formation of CO. In this regard, many drops, especially small ones, are hollow, with a low average density [5].

1.1.4 Advantages and disadvantages of manual arc welding with coated electrodes in the construction, installation of the pipeline

As you know, the classification of manual arc welding is divided into a large number of ways and modes of operation, involves the use of devices of different types, but the ultimate goal is – to get a quality seam. This quality depends not only on what types of welding are used, but also affects other nuances, such as the materials with which the welding will be carried out, the external condition of the surface, and the quality of the prepared edges. When choosing a particular technique for welding, you cannot rely only on its technical characteristics and say that the final result is predetermined.

Depending on what shape of the product is used in welding, and what size of the product, it is possible to work in different positions relative to the space. Thus, such positions are divided into lower and ceiling, as well as vertical and horizontal, respectively. This is also quite an important point, because it may depend on the method of manual welding.

The most common arc welding in the manufacture and welding of metal welded structures is welding with coated electrodes. There are several reasons for this. The popularity of manual welding lies in the simplicity and mobility of this welding technique in General, devices and equipment that are used, as well as the possibility of using it in any of the above spatial positions. In addition, arc welding makes it possible to work even in hard-to-reach places [6].

However, this technology has drawbacks: first of all, low productivity. This is due not only to the lack of automated and mechanized installations, but also with a high loss rate of electrode material as a result of spraying. If we talk about mobility and the inability to use other types of welding in the installation conditions of the pipeline, manual arc welding is an excellent solution to the problem, but it makes sense to use technologies that improve the quality of the weld and productivity by changing the large-drop metal transfer to small-drop and jet.

Manual arc welding allows you to perform any weld in any position, making it indispensable in the construction of gas pipelines and other pipelines. However, it is worth noting that when welding in positions other than the bottom, under the influence of gravity, the weld pool drains, worsening the formation of the weld. In this case, the final result, namely a quality seam, will depend on the skills and qualifications of the welder. In addition, it is difficult to overestimate the role of the root seam in the welding of the pipeline, which determines the strength of the entire structure.

It is also important that the overabundance of thermal investments in the weld affects the structure of the seam, causing the growth of crystals.

In addition, the large heat investment in the product contribute to large welding deformations and residual stresses. This fact will be important in the construction of a gas pipeline with high gas pressure.

Therefore, it is very important to control the welding process, namely to properly adjust the modes. But to melt the electrode coating and maintain a stable arc, a current of a certain value is required, which is called critical. Therefore, this solution has limitations.

If the technology provides a high welding current in time to prevent the flow of metal into the inside of the pipe, welding is performed at minimum gaps from 1 to 2 mm with a wall thickness of pipes from 5 to 25 mm. And the first layer must be welded so as to eventually obtain a slightly concave surface of the seam. This in turn provides quality root penetration and better formation of subsequent layers.

An important characteristic of a weld is its structure, which is especially important when welding and operating pipes in Transneft Central Siberia. But, unfortunately, this parameter by means of manual arc welding is almost impossible to control.

1.2 Types and features of pipe welding

Connection of separate elements of pipelines is made by various methods, however, the most popular of all welding. This method is used both in Baku and in various industrial enterprises when connecting pipeline parts from different materials (metal, plastic). Pipe welding technology allows you to join parts on the pipeline in any position, which is very convenient. In addition, welded joints are characterized by high strength and tightness, unlike threaded.

The connection of individual elements of pipelines or domestic branches is carried out according to common standards. The master uses special equipment regulated by GOST, which affects the pipe in one way or another (depending on the case).

By type of effort welding pipes are divided into four types:

- thermal;
- thermomechanical;
- mechanical;
- cold.

In the thermal method, the pipe is heated. In thermomechanical-pipe connection is carried out by heating a special wire. The mechanical method is usually used for industrial purposes and can be carried out due to the friction force or a directed explosion. And there is cold welding, which is performed using special chemical compositions. The tool is applied to the edges of the pipes intended for welding, and press them, resulting in some time formed a fairly strong seam. Welding of pipes of different diameters is carried out using special conductors. This can affect the reliability of the connection, however, if all the work is done correctly, then the joint will be strong and tight and will last a long time.

1.2.1 Types of welding and their differences

Welding is a physical and chemical method of connecting pipeline segments, which forms a connection of two sections of the structure. This occurs either by fusion or by plastic deformation under pressure. The technology of formation of the weld can be different depending on the type of welding:

- hot;
- cold.

According to the method of execution, this process can be:

- manual;
- automatic.

Manual method implies that all stages of welding are performed by a person. The automatic method is made by means of special machines. In automatic welding, all stages are mechanized and do not require human intervention, however, at the stage of preparation of the master make the necessary settings, setting the welding program. The price on such machines is quite high and, therefore, are used very rarely, usually in large enterprises that perform large amounts of work.

Today there are about 50 types and a huge variety of welding equipment. The most common kinds of today are;

- electric welding;
- cold;

- gas;
- diffuse;
- electric welding.

Today, the use of electric welding is the most popular method. Although a few years ago the championship was given to gas burners. Such popularity of electric welding is caused by simplicity and low cost of work. It is often called arc or contact. By the type of the applied forces it is referred to the arc group of thermomechanical works.

To do this job, you need an inverter or transformer. This apparatus performs the following function which supplies the charge to the electrode. The electrode is processed edges of the welded element. When materials come into contact, an electric arc charge of enormous power is formed. This reaction is accompanied by the release of high temperatures, which makes it possible to engage in the processing of the pipe.

A layer of coating (coating) of the electrode allows to maintain during operation special conditions that prevent the flow of oxygen to the melting point.

Consider what factors determine the width of the seam:

- the thickness of the electrode;
- from the material to be welded;
- welding devices can include different welding modes, which also affects the characteristics of the weld;
- speed and arc voltage.

The above parameters determine not only the characteristics of the weld, but also the amount of slag formed during welding. Electric welding of pipes is considered cheaper than gas, however, to create a seam in this way takes more time. Other advantages of electric welding include:

- functionality;
- universality.

All electrodes differ depending on the thickness of the coating. The percentage of the mass of the coating to the total mass of the electrode can vary from 3 to 20%.

The coating layer applied to the electrode rod creates the necessary environment in which the process takes place without oxygen. There is a certain regularity — the amount of slag affecting the quality of the seam depends on the thickness of the coating layer.

When choosing an electrode, all of the above parameters must be taken into account. To obtain a high-quality weld, you should pay attention to many factors that affect the compatibility of different types of electrodes with pipes.

1.2.1.1 Cold welding

Cold welding for pipes is regulated by the relevant documentation and is a method of obtaining permanent, sealed connections. This method eliminates the heating of welded parts, and the docking is performed due to deformation. Cold welding is performed due to the pressure exerted on the parts. As a result of such welding there is a destruction of an oxide layer and connection is carried out at the atomic level (diffusion of atoms).

Such welding is divided into three types depending on the technology:

- spot;
- seam;
- butt.

Cold spot welding is carried out using a punch. Punch is a device that performs the crimping of materials. The second type - seam welding, is performed in two ways: welding along the entire length and making weld points, which subsequently form a continuous seam. Butt version is performed due to strong compression, fixed in the clamps elements..

Consider the main areas of use of the cold method:

- connection of parts made of one metal;
- production of rolled metal, which has several layers, represented by different metals;
- in the reinforcement of aluminium conductors. Reinforcement is done with copper.

The method of cold welding is quite popular today. Its popularity is due to the following advantages:

- cold welding eliminates the deformation of metal parts. This is due to the fact that the heating of the blanks is not performed;
- using this method allows you to get a very neat seam, characterized by high strength and tightness. In addition, it does not need additional processing;
- after such a process is completed, no waste remains (electrode residues, metal spatter, etc.);
- work is produced without the use of electricity;
- this method, among other things, is environmentally friendly, as the work is done without the release of toxic substances, as well as without radiation harmful to human eyes;
- the ability to connect large areas when using explosion welding.

1.2.1.2 Gas welding

Connection of different types of pipes using a gas burner is a very old, but also a reliable way of installation of communications. For these purposes, special gas burners are used, which are able to heat the pipe to high temperatures.

Due to the heating of the edge with the connecting wire quickly reaches the melting temperature. As a result, the metal floats on top of each other and get a strong all-in-one connection, which is resistant to mechanical stress.

Consider the main advantages of using gas welding for the installation of pipelines of different directions:

- high efficiency of the method;
- the use of a gas burner allows you to get a neat, high-quality seam;
- the process is not particularly complex;
- The disadvantages of this method include;
- work with the gas burner should be carried out only by a specialist who has certain skills in this field;

- gas welding — the method is quite expensive because it uses expensive resources.

1.2.1.3 Diffuse welding

All previous methods of welding pipelines are used to connect metal pipes, but today such products compete in the construction market with plastic parts. To connect the individual elements of plastic communications, a special method is used, which diffusion welding has become very popular.

The main advantages of such welding include:

- getting an aesthetic seam;
- a minimum of necessary tools;
- high speed of installation;
- attractive price.

To obtain an all-in-one connection of two plastic pipes, special devices are used that heat the plastic. Such devices are equipped with various nozzles. All nozzles have a diameter matching the size of the cross section of concrete pipe.

Let's consider the main stages of connection of two plastic pipes with the help of such a device:

- focusing on the diameter of the connected pipes, the right nozzle is selected;
- pipes are laid inside the device;
- is heating the pipe material, and squeezing their butts inside the unit;
- after the connection seam is formed, the machine turns off;
- after a few hours, the resulting connection can already be operated. This method is quite simple and fast, and the pipe welding line is durable and accurate.

1.2.2 Types of welded joints

For different types of pipes (by material and purpose), it is the norm to use different welding methods. However, in almost all cases, an electric alternating current is required. This is due to the financial benefit, as the use of other options of electric energy entails more costs. Weld — two or more parts, which to each other via a weld.

Consider the main types of welded joints:

- butt;
- angular;
- lap.

1.2.2.1 Butt

This type of welded joint is very common due to the fact that practically no deformations occur during the cooking process. In addition, these joints have the lowest internal stresses. They also differ in enhanced strength characteristics under both static and dynamic loads. The seams during such welding may be.

- single (for pipes with cross-section up to 500 mm);
- double (for pipes with cross-section above 600 mm).

1.2.2.2 Angular

Corner joints are a subspecies of butt welding and are usually used for joining pipe with any additional parts at an angle. Pipe welding at an angle is performed in two ways.

- with bevel edge;
- without bevel.

The strength characteristics of the corner joints are not as good as those of the butt joints, however, are still quite good.

1.2.2.3 Lap

This connection is not used for welding metal pipes. As a rule, they are joined by individual parts or plastic pipes. This is because the connection is the most unreliable.

1.2.3 Thick-walled pipe welding technology

Welding of thick-walled pipes is carried out if the thickness of the pipe wall exceeds 20 mm. Such welding is carried out in layers of increased thickness. This increases the strength of the joint by 10-15%. This type of work is usually performed by two welders at the same time. The first welder applies a normal seam, and the second — a thick layer.

How to weld pipes with thick walls:

- welding begins in the ceiling position with a gradual increase in the thickness of the seam (the welding line of thick-walled pipes should be as smooth as possible);
- next, you need to go in half-upright position;
- with an electrode is the horizontal area;
- the welding is then performed in the lower position. This allows the use of electrodes with a thickness of up to 5 mm.

1.2.4 Pipe features

The main condition for the smooth functioning of the pipeline is the correct selection of pipes, taking into account operational characteristics.

Pipes are seamless, made on special machines from blanks by special rolling or welded, made on special presses from sheet blanks.

The chemical composition and geometric shape of the pipes is of great importance for the correct connection of the pipes in the pipeline. Tube welding is the main technological process of pipeline laying. The pipeline is usually welded from two or three pipes, which are connected permanently at special tube welding stations.

In the construction of pipelines, various types of arc welding, such as manual arc welding, various automatic submerged arc welding or shielding gas welding, as well as contact butt fusion welding, are usually used directly at the junction.

For pipelines bring pipes already prepared for welding edges. Depending on the design of the pipeline, the edge is made in various geometric shapes (at an angle or with a gap for the joint) Preparation of the edges includes not only the correction of the ends prepared for welding, but also cleaning from dirt, moisture and slag.

The main feature of pipeline welding is layer-by-layer pipe welding, first the bottom layer, then the vertical, and then the ceiling. Because it is welded by the arc to heat the entire thickness of the pipe.

In automatic arc welding, the electrode feed and arc movement along the seam are automated. Automatic submerged arc welding is performed automatically by the electrode, which is fed into the welding zone. Flux is designed to protect the arc and

the weld pool from the environment, in addition, prevents the spraying of liquid metal. Automatic submerged arc welding undoubtedly has an advantage over manual arc welding. It has great performance; the whole process is mechanized. But there are some drawbacks, for example, that welding can be done only in the lower position.

For all types of arc welding, there is a common disadvantage, it is low productivity, since the arc power has to be limited due to the danger of through-melting of the seam.

Higher productivity is obtained by contact butt welding by melting. Where the junction is heated by electric current and compressed.

In the construction of pipelines pipes are welded butt. Assembly of pipes for welding is done with the help of special devices, which are called centralizers. The gap between the diameters of welded pipes is allowed no more than 1 cm.

When welding occurs the formation of strengthening the seam, which is called grate. Outside it can interfere with the insulation, and inside the permeability of the pipeline. Therefore, after the welding and remove the excess using a special device – deburrer.

For acceleration of laying of pipelines usually use not separate pipes, and at once sections, that is the parts of the pipeline welded in shop conditions. The main method of connecting pipes in industrial conditions is automatic submerged arc welding or butt welding. This ensures tightness and strength of the welds.

1.3 Description of welded construction

Manual welding of pipe structures by arc welding is most common for connecting elements with a wall thickness of 3 mm and a nominal passage of more than 80 mm. This method of connection is indispensable where it is impossible to use mechanized welding, as well as in the household – when the "front of work" is small, and the budget is limited. Thanks to the arc manual method, the cost of installation of communications can be reduced by half, if you prefer it to the same well-known gas welding. The technology involves the Commission of actions, which are based on the use of electric current (AC or DC) supplied to the electrode, and then the product in

order to form and further maintain an electric arc. As a result of such actions, heat is formed, warming up the edges of the metal, whereby not only the welded element is melted, but also the metal rod involved in the technology, called the electrode.

The temperature in this process can even reach 3500 degrees Celsius. The melted metal fills (drop by drop) the space between the elements a, cooling down, turns into a seam. To transform the gap into a seam, you have to sweat, making a complex of complex movements, both across the seam and along. The number of passes (layers) varies depending on the thickness of the walls of the elements.

A cutout measuring 6 by 12 cm made in the front of the shield is enough to keep a close watch on the process. If you make a helmet yourself, please note that for the "window" you need a special glass - a light filter that does not let through any infrared or ultraviolet rays. But outside the cutout can be covered with ordinary glass in order to protect the filter from splashing.

Electric holder - one of the important devices for the welder. The unit should not exceed 500 g in weight. It should be isolated from the current and ensure that the device is convenient to mount at any angle - this will prevent the device from overheating. Therefore, from the models proposed by the manufacturers - fork, with a spring ring and a gable one, it is better to choose the latter. In order for electric arc welding of pipes to be of high quality, it is important to choose suitable electrodes, focusing on both the type and the brand of products. The strength and tightness of the welds, and, consequently, the durability of the system, depend on the characteristics and quality of the electrodes.

During the construction of the pipeline one of the most popular professions is the profession of a welder. Welding, as a method of connecting pipes in a gas pipeline, is used most often, since it is the weld that is the most durable and reliable. In addition, this type of connection does not require the use of any special valves, and therefore maintenance, as in many cases access to the place of doubt of the gas pipeline pipes is difficult.

Pipes made of low-alloy steels are used for the construction and overhaul of the linear part of oil trunk pipelines with a diameter from 530 to 1220 mm. Pipes must meet the requirements of Transneft [7].

An important component of the characteristic of pipes is its climatic performance depending on the conditions of construction and operation.

Steel for pipes should be well welded by arc welding methods.

Welded joints of pipelines must meet the requirements of GOST 16037-80.

During the construction of the linear part of the welding column, installation and welding of two-pipe sections, one-tubes, one cold-bend pipes with a bend angle of maximum 6° are performed. The welded construction FURA 416915.001VO is a two-pipe section. This two-pipe section (lash) is welded to the pipeline line. The pipeline thread is a set of assembled and welded lashes. In the construction of the linear part of the welding column shown in Figure A.3

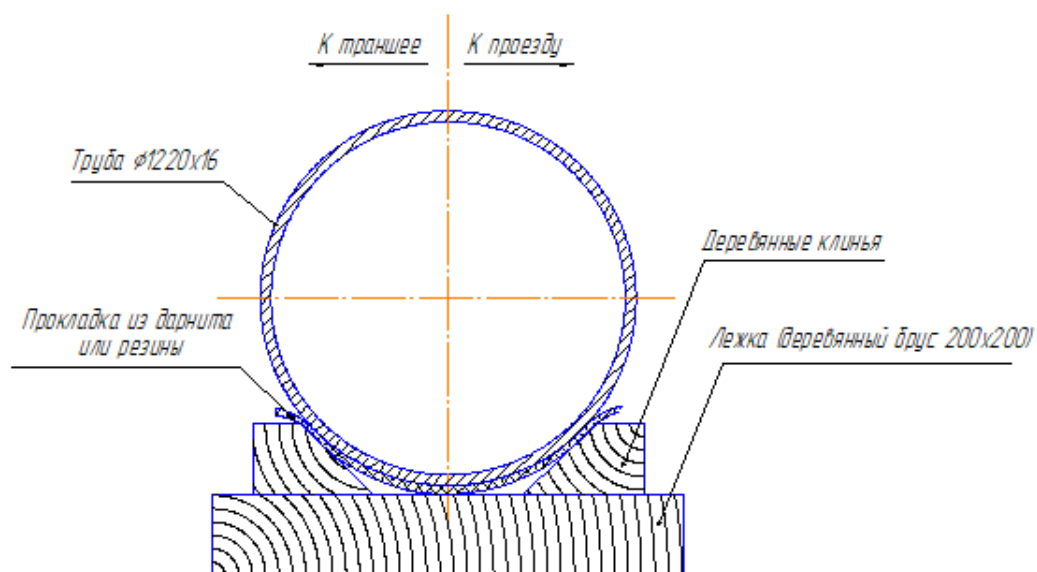


Figure A.3. The location of the pipe on wooden spoons

For free access to the joint in the ceiling position and prevention of damage to the insulation, the installation of the welded thread is made along the trench on wooden plank beds with gaskets. This requirement is presented by the regulatory documents of Transneft.