

Реферат

Выпускная квалификационная работа 89 с., 17 рис., 36 табл., 32 источников, 12 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: специальный трубопровод, приспособление для сварки, механизация, сварка в смеси газов.

Предметом исследования является технология электродуговой сварки специального трубопровода диаметром 325 мм.

Объектом исследования является процесс электродуговой сварки технологического трубопровода.

Цель работы - разработать и усовершенствовать технологию сборки и сварки специального трубопровода.

В процессе работы проводилась разработка и усовершенствование технологического процесса сборки и сварки трубопровода.

В результате исследования и сравнения приемлемых способов сварки была произведена замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную сварку плавящимся электродом методом STT в углекислом газе для корня шва и сварку самозащитой порошковой проволокой методом Innershield для заполняющего и облицовочного швов. Достигнутые технико-экономические показатели снизили себестоимость изделия. Разработано приспособление для сборки и сварки узла специального трубопровода для насосной станции.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 7.0 и графическом редакторе "КОМПАС-3D V14" и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work with 89 pages, Fig. 17 , Tab. 36, 32 sources, 12 sheets demonstration material (slides).

Keywords: special pipe, a device for welding mechanization, welding gas mixture.

The subject of research is the technology of arc welding special pipe diameter 325 mm.

The object of research is the process of arc welding process piping.

Purpose - to develop and improve the technology of assembly and welding of special pipeline.

In the process, carried out the development and improvement of the process of assembly and welding of the pipeline.

The study and comparison of the accepted modes of welding has replaced manual arc welding with coated electrodes on mechanized welding consumable electrode STT method in carbon dioxide for root pass welding and self-protection flux cored wire Innershield method for filling and capping. The achieved technical and economic indicators have reduced the cost of the product. It developed a device for assembly and welding assembly of a special pipeline to the pumping station.

Graduate Engineer job done in a text editor, Microsoft Word 7.0, and a graphics editor "KOMPAS-3D V10" and is featured on disc CD-RW (in an envelope on the back cover).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Обозначения и сокращения

Ar – аргон;

CO₂ – углекислый газ;

I_{св} – сила тока;

U_д – напряжение дуги;

V_{под} – скорость подачи;

V_{св} – скорость сварки.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения
- 2 ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- 3 СПП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Коэффициент наплавки (α_n): это коэффициент, выраженный отношением массы металла, наплавленной за единицу времени горения дуги, отнесенной к единице сварочного тока.

Метод STT: процесс переноса металла силами поверхностного натяжения.

Дуговая сварка в защитном газе: это дуговая сварка, при которой дуга и расплавляемый металл находятся в защитном газе, подаваемом в зону сварки с помощью специальных устройств.

Сварочная ванна: часть металла свариваемого шва, находящаяся при сварке плавлением в жидком состоянии.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	12
1 Описание сварной конструкции	14
2 Материал сварной конструкции	15
3 Свариваемость металла сварной конструкции	17
4 Обоснование выбора способа сварки.....	18
4.1 Механизированная сварка корня шва с применением технологии STT в среде углекислого газа.....	18
4.2 Механизированная сварка заполняющий слоев методом Innershield.....	28
5 Обоснование выбора сварочных материалов.....	31
6 Расчет режимов	34
7 Техника сварки	37
8 Выбор основного сварочного оборудования.....	39
9 Технология изготовления изделия	44
9.1 Заготовительные операции.....	44
9.2 Технологический процесс сборки и сварки.....	45
9.3 Сварочные напряжения и деформации	45
9.3.1 Дефекты возникающие при сварке трубопровода.....	47
9.4 Технический контроль качества и исправление брака.....	49
10 Конструкторская часть	52
10.1 Сварочный манипулятор	52
10.2 Расчет роликовой стойки.....	Ошибка! Закладка не определена.
10.3 Центратор звеньевой наружный	Ошибка! Закладка не определена.
11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	54
11.1 Исходные данные для проведения сравнительного анализа	54
11.2 Достоинства и недостатки сравниваемых процессов производства.....	55
11.3 Сварочные материалы	56
11.4 Режимы сварки	56
11.5 Обоснование выбора оборудования и приспособлений	57

11.6 Нормирование технологического процесса	57
11.7 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	61
11.8 Экономическая оценка эффективности инвестиций	65
12 Социальная ответственность	71
12.1 Санитарно – гигиенические характеристики сварочного производства	71
12.2 Освещение.....	72
12.3 Шумы и вибрации	73
12.4 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция.....	74
12.5 Электробезопасность	75
12.6 Расчет защитного заземления	79
12.7 Пожарная безопасность	81
12.8 Охрана окружающей среды	82
12.9 Чрезвычайные ситуации.....	82
12.10 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
Заключение	86
Список используемых источников.....	87
Приложение А – Комплект технологической документации	92

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА. 200000.023 Презентация.

Файл Презентация Першин.ppt в формате PowerPoint 2007

ФЮРА. 200000.023 Пояснительная записка.

Файл Диплом Першин. docx в формате Word 2007

ФЮРА. 200000.023 Комплект документов.

Файл Приложение А Комплект документов.cdw в формате
КОМПАС-3D V14

Графический материал:

Титульный лист.

демонстрационный

Общий вид изделия.	лист демонстрационный
Конструкция установки для сборки и сварки 1 узла.	лист Чертеж. Общий вид.
Конструкция установки для сборки и сварки 2 узла.	Чертеж. Общий вид.
Конструкция установки для конечной сборки и сварки узла.	Чертеж. Общий вид.
Роликовая стойка.	Чертеж. Сборочный чертеж.
Кулачок модифицированный.	Чертеж. Сборочный чертеж.
Циклограмма процесса сварки.	демонстрационный лист
Техника сварки.	демонстрационный лист
Компоновка сварочного поста.	демонстрационный лист
Сравнительная оценка способов сварки.	демонстрационный лист
Выводы.	демонстрационный лист

Введение

Актуальность

В настоящее время, в период, когда экономика страны переживает глубокий кризис, особенно актуальным кажется вопрос рационального использования материалов и вопрос ведения хозяйственной деятельности на предприятии. Как никогда становится нужно контролировать издержки и искать новые пути уменьшения себестоимости, для поддержания конкурентного преимущества на рынке страны.

Отрасль коммунального хозяйства в нашей стране является, пожалуй, самой отстающей в плане принятия технического прогресса и внедрения новых технологий.

Основное поле деятельности это ремонт и замена старых коммуникаций на новые, реконструкции насосных станции и т.д. Если детальнее присмотреться, то и здесь есть место нововведениям. Например, при реконструкции насосных станций некоторые узлы трубопроводов, являются унифицированными, так как строились еще в советское время по типовым проектам, и поэтому они могут быть собраны в цеховых условиях, а затем транспортированы к месту сборки. Данные мероприятия позволят значительно снизить себестоимость изготовления узла, а также уменьшат временные затраты на реконструкцию.

Цель работы: разработать и усовершенствовать технологию сборки и сварки специального трубопровода.

Объект исследования – разработка технологического процесса сварки специального трубопровода диаметром 406,4 мм и толщиной стенки 8 мм в смеси защитных газов с использованием малой механизации.

Предмет исследования:

- 1) приспособление, обеспечивающее поточное изготовление узлов специального трубопровода;
- 2) применение смеси газов $\text{Ar}+\text{CO}_2$ для сварки;

- 3) определение оптимального соотношения состава компонентов смеси газов.

Научная новизна

1. Установлено, что применение малой механизации при сварке специальных трубопроводов существенно упрощает технику сварки, улучшает все показатели технологического процесса и является перспективным.

1 Описание сварной конструкции

Узел состоит из:

- фланец Ø325 мм 2 шт;
- труба Ø325 мм длиной 2528 мм 1 шт;
- труба Ø325мм длиной 300 мм 1 шт;
- отвод 90° Ø325 мм 1 шт.

Толщина стенки трубы 8 мм, внутренний диаметр трубы Ø323,4 мм

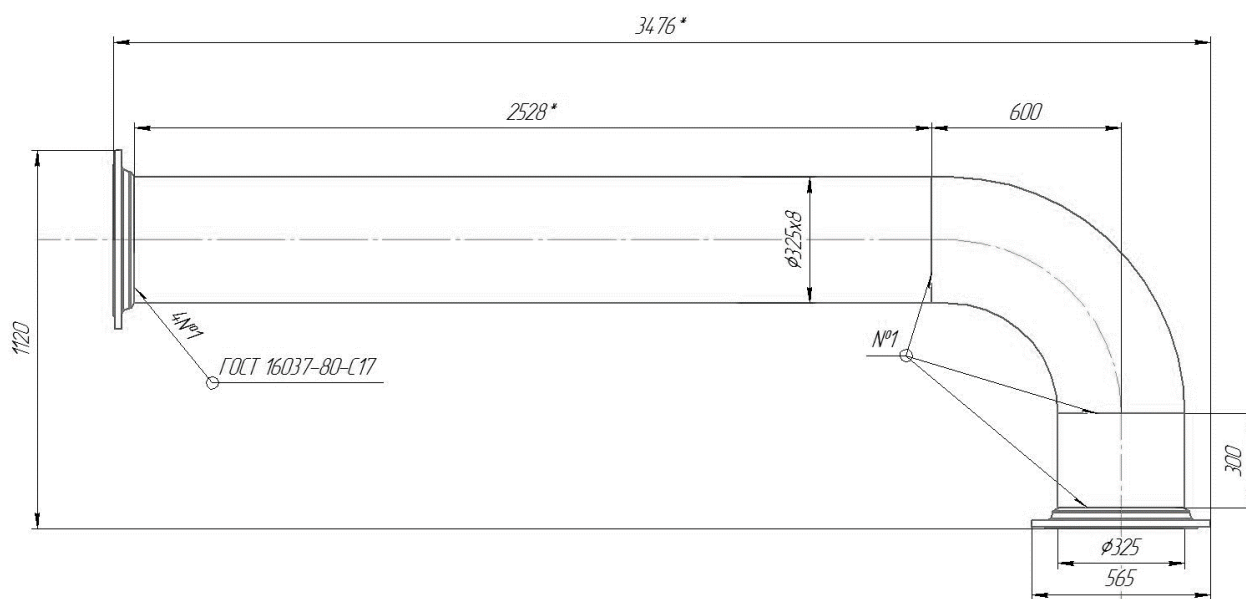


Рисунок 1 – Узел из труб Ø325 мм

Данный узел используется при строительстве или реконструкции насосных станций. Сварка производится в приспособление в закрытом цеху, после сварки узел доставляют на объект и производят монтаж.

2 Материал сварной конструкции

Учитывая выше описанные технические требования к конструкции, для изготовления таковой будем применять сталь 09Г2С

Класс стали К50. В углеродистых конструкционных сталях, широко используемых в машиностроении, судостроении и др., содержание углерода обычно составляет 0,06-0,9%. Углерод является основным легирующим элементом и определяет механические свойства стали. Повышение его содержания в стали усложняет технологию сварки и затрудняет возможности получения равнопрочного сварного соединения без дефектов.

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

C,%	Si,%	Mn,%	Cr,%	S,%	P,%	Cu,%	Ni,%	As,%	N,%
0,08-0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	Не более						
			0,30	0,04	0,035	0,30	0,30	0,08	0,008

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Марка стали	Механические свойства стали			
Сталь 09Г2С	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %
	350	500	21	55

Стали этой группы для изготовления конструкции обычно применяют в горячекатаном состоянии и меньше – после термообработки [2].

Наибольшее влияние на свариваемость сталей оказывает углерод. С увеличением содержания углерода, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается. Для сварных конструкций в основном применяют конструкционные низкоуглеродистые, низколегированные, а также легированные стали. Чем выше содержание углерода в стали, тем больше опасность трещинообразования, труднее обеспечить равномерность свойств в сварном соединении. Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле:

$$C_s = \left(C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr+V)}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right), \% \quad (1)$$

где C, Mn, Cr, Mo, Ni, Cu, P - процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

В зависимости от эквивалентного содержания углерода и связанной с этим склонности к закалке и образованию трещин стали по свариваемости делят на четыре группы: хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся. Стали первой группы хорошо свариваются без образования закалочных структур и трещин с широким диапазоне режимов, толщин и конструктивных форм.

Удовлетворительно сваривающиеся стали мало склонны к образованию холодных трещин при правильном выборе режимов сварки, в ряде случаев требуется подогрев. Ограниченно сваривающиеся стали склонны к трещинообразованию, возможность регулирования сопротивляемости образованию трещин изменением режима ограничена, требуется подогрев. Плохо сваривающиеся стали весьма склонны к закалке и трещинам, требуют при сварке подогрева, специальных технологических приемов сварки и термообработки.

Сталь 09Г2С:
$$C_s = (0,09 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2}) = 0,46\% .$$

Определим размерный эквивалент углерода по формуле [1, с.353]:

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_s, \quad (2)$$

где S - толщина свариваемой стали, тогда:

$$C_p = 0,005 \cdot 3,5 \cdot 0,46 = 0,0081 \% .$$

Находим суммарный эквивалент углерода C_s :

$$\sum C_s = C_s + C_p ; \quad (3)$$

$$\sum C_s = 0,46 + 0,081 = 0,468 \% .$$

Сталь 09Г2С относится к малоуглеродистым сталям и сваривается без ограничений и сопутствующего подогрева.

3 Свариваемость металла сварной конструкции

Важное требование при сварке стали это обеспечение равнопрочности сварного соединения с основным металлом, а также отсутствие дефектов в сварном шве. Для этого механические свойства металла шва должны быть не ниже нижнего предела соответствующих свойств основного металла. Швы не должны иметь трещин, не проваров, пор, подрезов. [1]

Механические свойства металла шва и сварного соединения зависят от его структуры, которая определяется химическим составом, режимом сварки и предыдущей и последующей термической обработкой. Химический состав металла шва зависит от доли участия основного и электродного металла в образовании шва и взаимодействий между металлом и шлаком и газовой фазой. При сварке рассматриваемой стали состав металла шва незначительно отличается от состава основного металла. Высокие скорости охлаждения металла шва также способствуют повышению прочности, однако при этом снижается его пластические свойства и ударная вязкость. Скорость охлаждения металла шва определяется толщиной свариваемого металла, конструкцией сварного соединения, режимом сварки и начальной температурой изделия. [2]

Низкоуглеродистые и низколегированные стали, данной толщины хорошо свариваются практически всеми видами сварки.

4 Обоснование выбора способа сварки

4.1 Механизированная сварка корня шва с применением технологии STT в среде углекислого газа

Метод STT (процесс переноса металла силами поверхностного натяжения) делает менее трудоемкой задачу выполнения корневого шва стыка труб по открытому зазору и обеспечивает лучшее формирование обратного валика и сплавление кромок, а также снижает разбрызгивание и задымление. Данный процесс отличается от традиционной сварки короткой дугой в среде защитных газов тем, что сварочный ток в этом процессе контролируется независимо от скорости подачи проволоки. Кроме этого, не происходит характерного для традиционных методов сварки выплеска жидкой сварочной ванны при переносе металла. Это уменьшает степень смешивания сварочной ванны с основным металлом, разбрызгивание и задымление. Обеспечивает более точный контроль сварочной ванны и проплавления со стороны оператора. [3]

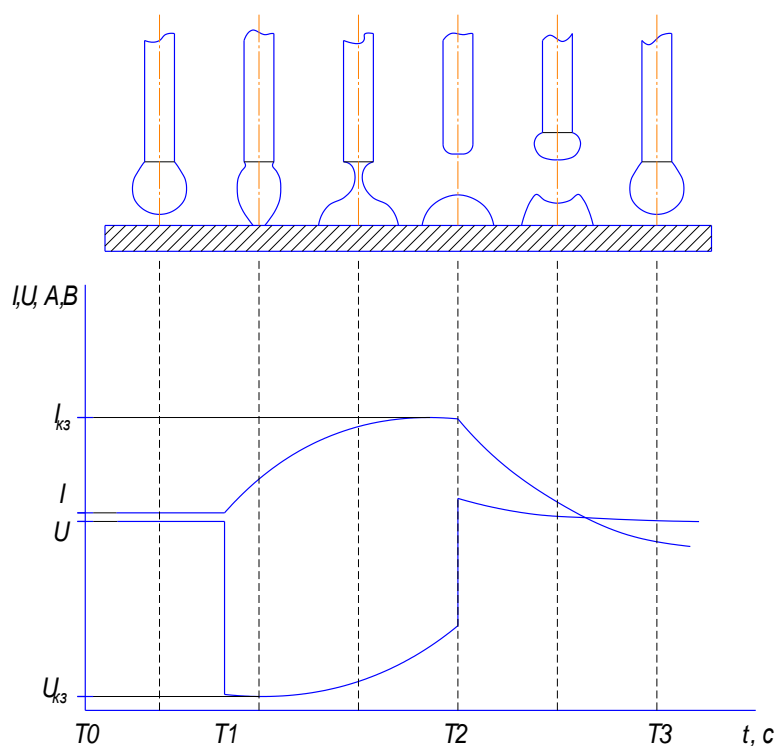


Рисунок 2 - Типичные формы кривых сварочного тока и напряжения при традиционном способе полуавтоматической сварки [4]

Обычный способ сварки короткой дугой рассматривают как процесс с низким тепловложением. Для него характерно вероятное снижение проплавления и непровар кромок. Однако, сварочный ток, величина которого пропорциональна скорости подачи проволоки, может быть увеличен, что повлечет повышение тепловложения и увеличение проплавления. Это позволяет добиться баланса уровня проплавления, однако предполагает значительный уровень квалификации сварщика для достижения такого баланса. Требуется вложить такое количество тепла, которое обеспечит необходимое проплавление стыкуемых кромок, но не допустит прожога. Оператор должен постоянно вести дугу по переднему краю сварочной ванны, чтобы добиться нормального проплавления и стараться не делать широких колебательных движений. В случае, если дуга смещается к заднему краю ванны проплавление становится недостаточным. Если же дуга располагается слишком близко к передней кромке ванны или выходит за ее пределы, то неизбежен прожог и вылет сварочной проволоки сквозь шов, приводящий к появлению "усиков" на обратной стороне шва, а так же к образованию усадки обратного валика, особенно в нижней части кольцевого шва. [3]

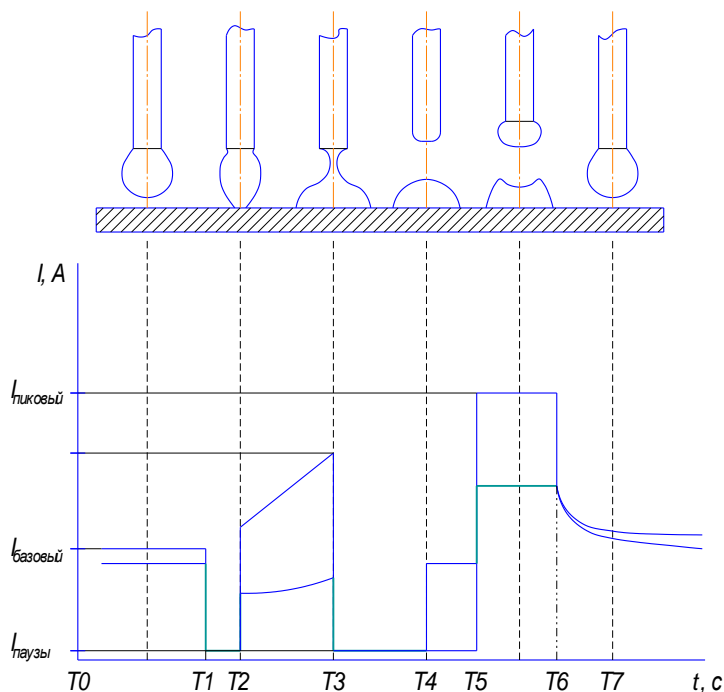


Рисунок 3 - Формы кривых сварочного тока и напряжения при полуавтоматической сварке методом STT [4]

В свое время было установлено, что при использовании импульсной сварки значительно улучшается контроль сварочной ванны. Плавное понижение сварочного тока в конце сварочного цикла приведет к охлаждению ванны. Например, при аргонно-дуговой сварке неплавящимся электродом мгновенное повышение тока до пикового уровня, а затем снижение его до "фоновой" величины позволило бы получить шов с хорошим проваром и сплавлением кромок, но без прожога основного металла. Этот принцип и применяется в STT- процессе. Максимальный (пиковый) ток действует в течение фиксированного промежутка времени. Это обеспечивает определенную длину дуги и плавление основного металла. Затем ток снижается до низкого (фонового) уровня, на котором контролируется общее тепловложение в сварочную ванну.

Использование процесса STT для сварки корневого шва на спуск менее трудоемко. Это достигается за счет регулирования тепловложения в сварочную ванну независимо от скорости подачи проволоки. Процесс требует изменения техники сварки в процессе работы. В позиции от 12 до 2 часов сварка ведется с углом наклона электрода в направлении сварки и с небольшими поперечными колебаниями. Между 2 и 4 часами угол наклона электрода изменяется до перпендикуляра в направлении сварки. В процессе сварки необходимо следить за правильным формированием сварочной ванны. При этом поперечные колебания электрода обычно не требуются (необходимость колебаний зависит от величины зазора). Между 4 и 6 часами может потребоваться колебание электрода в поперечном направлении. После нескольких практических занятий сварщик средней квалификации способен овладеть процессом. При выполнении корневых швов величина усиления обратного валика будет находиться в пределах 1,5 - 2,0 мм. При выполнении процесса STT желательно использовать малый вылет электрода (6 - 7 мм). [3]

Процесс STT- преемник обычного процесса полуавтоматической сварки в среде защитного газа, реализующего метод переноса короткими замыканиями. Однако STT принципиально отличается от него возможностью

прямого управления условиями переноса наплавляемого металла в сварочную ванну. Эта возможность обеспечивается быстродействующей инверторной схемой источника питания, специальным электронным микропроцессорным модулем, принудительно задающим необходимый уровень сварочного тока и контуром обратной связи, динамично отслеживающим изменения напряжения на дуге. В течение всего цикла переноса капли в сварочную ванну величина сварочного тока жестко зависит от фазы формирования и перехода последней. [3]

Как уже было отмечено, перенос наплавляемого металла происходит сериями коротких замыканий. На рисунках 2 и 3 представлены диаграммы кривых тока и напряжения, характерные для традиционного полуавтомата и источника STT. Каждое замыкание проволоки в сварочную ванну - цикл переноса - удобно разбить на несколько характерных этапов:

Подготовка капли (T7-T0-T1). Продолжительный этап действия базового тока на уровне 50 - 100 А и подготовка капли к моменту короткого замыкания. На этом этапе под действием сил поверхностного натяжения форма капли приближается к правильной сфере, создавая тем самым благоприятные условия для плавного объединения со сварочной ванной. Управление величиной базового тока несет в себе две основные функции. Во-первых, он должен обеспечить дугу количеством энергии, достаточным для преодоления потерь на излучение и поддержание определенного объема расплавленной на конце электрода капли. Если базовый ток слишком низок, это приводит к кристаллизации верхней части капли и уменьшению ее объема. Более того, это может привести даже к полной кристаллизации капли и, как следствие, к нестабильности всего процесса и утыкания проволоки в дно сварочной ванны. Во-вторых, от уровня базового тока зависит степень общего разогрева свариваемого изделия. Действие базового тока похоже на влияние сварочного напряжения при обычной полуавтоматической сварке. При повышении обоих параметров сварочный шов теряет выпуклость, приобретает более низкую и плавную форму. Это происходит за счет

увеличения разогрева зоны дуги и повышения текучести металла. Однако, увеличение базового тока более 120 А приводит к значительному повышению разбрызгивания. Оптимальная величина базового тока зависит от типа защитного газа, материала, диаметра и скорости подачи сварочной проволоки. Установка оптимального для тех или иных условий базового тока в процессе работы, а именно его соответствие заданной скорости подачи проволоки, имеет принципиальное значение для качества всего соединения. [4]

Начальный период короткого замыкания (T_1 - T_2). В момент T_1 происходит замыкание капли на сварочную ванну. Если при этом величина сварочного тока составляет 150 - 200 А, как в случае с обычным полуавтоматическим процессом, капля мгновенно отрывается, обычно разрушаясь и разлетаясь в стороны, что приводит к разбрызгиванию. Кроме того, ток такой величины, пытаясь пройти через узкую перемычку, образовавшуюся между каплей и ванной, приводит к выплеску металла. При действии источника STT образование контакта происходит при значительно более низком уровне сварочного (базового) тока, что исключает эти негативные явления. Капля спокойно залипает на сварочную ванну, образуя пятно контакта. Датчик контура обратной связи источника питания Invertec STT в момент T_1 подает микропроцессору сигнал о возникновении короткого замыкания (напряжение упало до значения, близкого к нулю). источник понижает ток с базового уровня до 10 А на время 0,75 миллисекунд. В течение этого времени происходит развитие пятна контакта, вращение капли в сварочную ванну и образуется надежная перемычка между ванной и электродной проволокой. [4]

Пинч-эффектом называют возникновение вокруг электрического проводника центростремительных сжимающих сил, пропорциональных квадрату протекающего по проводнику тока. Строго говоря, этот эффект присутствует в сварочном контуре всегда когда сварочный ток не равен нулю. Однако только на рассматриваемом этапе влияние пинч-эффекта на перенос наплавляемого металла в сварочную ванну имеет принципиальное

значение. По истечении времени действия начального периода короткого замыкания (0,75 мс, момент T2) микропроцессор резко повышает величину сварочного тока. На этой короткой первой стадии происходит стремительный рост электромагнитных сил асимметричного сжатия жидкой перемычки и образование на ней шейки. Уровень, до которого источник повышает ток на первой стадии, зависит от диаметра применяемой проволоки (повышается с увеличением диаметра) и устанавливается сварщиком с помощью двухпозиционного тумблера на лицевой панели аппарата. На второй стадии пинч-эффекта повышение сварочного тока происходит значительно более плавно. Источник "готовится" к моменту разрушения шейки и отделения капли от электродной проволоки. Необходимо отметить, что во время короткого замыкания напряжение между электродной проволокой и сварочной ванной не равно нулю, поскольку при температуре плавления (1550° С) металл имеет высокое электрическое сопротивление. Образование шейки связано с уменьшением поперечного сечения перемычки и ростом электрического сопротивления этого участка проводника. На этой стадии снова вступает в действие контур обратной связи, снабжающий микропроцессор информацией о сварочном напряжении. Скорость изменения сопротивления определяется косвенно путем последовательных замеров изменения напряжения в единицу времени. Когда эта скорость достигает определенного значения, источник получает от датчика напряжения дуги сигнал, свидетельствующий о том, что шейка готова к разрушению (момент T3). В этот момент источник прекращает плавное наращивание тока и резко снижает его до уровня порядка пяти ампер. Отделение капли (момент T4) происходит без разбрызгивания, присущего традиционному полуавтомату с жесткой внешней характеристикой. Силы поверхностного натяжения уже слитых воедино капли и ванны "втягивают" каплю вглубь, формируя сварочный шов. [4]

Рост капли (T5-T6). В течение всего этого этапа действует, так называемый, пиковый уровень сварочного тока, устанавливаемый сварщиком

на лицевой панели аппарата. После отделения капли от электродной проволоки дуговой промежуток восстанавливается и резко повышается напряжение. Для продолжения процесса необходимо быстро сформировать новую каплю на торце электрода. С этой целью источник питания, получая сигнал о восстановлении дуги, мгновенно повышает ток до пикового уровня и наращивает плазменный столб. Пиковое значение тока определяет скорость нарастания плазмы и увеличения дугового промежутка. На торце электрода формируется расплавленная капля. Одновременно с этим усиливается давление дуги на сварочную ванну, вызывая ее сжатие и еще большее удлинение дуги. Таким образом, пиковый ток непосредственно влияет на длину дуги и обеспечивает необходимое проплавление. Уровень пикового тока довольно высок - чаще всего порядка 350 - 400 А. На таком токе обычный полуавтомат мог бы вести сварку проволокой диаметром 1,7 мм на скоростях сварки порядка 5 м/мин. Однако, в случае STT такой высокий уровень тока действует только после отделения капли и ее переноса в ванну, что значительно повышает качество сварного шва. [4]

Переход на базовый ток (Т6-Т7). После окончания действия пикового тока, когда создана капля необходимого объема, источник экспоненциально понижает ток до базового уровня. Резкое снижение тока в данном случае неприемлемо, поскольку мгновенный сброс действия дуги может привести к возникновению возмущений. При работе с последней версией аппарата - Invertec STT II - сварщик имеет возможность регулировать скорость снижения тока на этом этапе специальной рукояткой на лицевой панели источника, достигая при этом наибольшей стабильности процесса сварки и наилучшей формы сварного шва. Кроме того, замедление падения тока приводит к увеличению общего тепловложения в сварочную ванну без изменения длины дуги, что важно, например, при сварке высоколегированных и нержавеющей сталей. Повышение тепловложения способствует улучшению сплавления с основным металлом и позволяет повысить скорость сварки. С переходом тока на базовый уровень вновь

созданная капля начинает приобретать правильную сферическую форму и весь цикл переноса повторяется. [4]

Как было отмечено выше, в настоящее время для реализации описанного процесса используется сварочный источник марки Invertec STT II. Его нельзя отнести ни к одной группе аппаратов для сварки с традиционными вольтамперными характеристиками. Правильнее считать его источником с высокоскоростным управлением величиной сварочного тока, оптимизированным специально для переноса сериями коротких замыканий. Как и традиционный сварочный полуавтомат, система на базе Invertec STT II состоит из собственно источника питания, блочно независимого механизма подачи сварочной проволоки с комплектом соответствующих контрольных и силовых кабелей и стандартной горелки для полуавтоматической сварки на 200 или 300 Ампер. Кроме того, стандартная комплектация источника питания включает специальный раздвоенный провод длиной до 15 м, предназначенный для организации контура обратной связи от сварочной дуги к источнику питания. Одна из линий контура закрепляется на токоподводе механизма подачи, а другая с помощью небольшого зажима закрепляется на свариваемой детали. В процессе подбора режима сварщик должен установить необходимую скорость подачи проволоки, определяющую производительность наплавки, и выполнить ряд облегчающих работу и понижающих вероятность образования дефектов функциональных установок. Настройка источника питания Invertec STT II выглядит иначе, чем у обычного полуавтомата с жесткой характеристикой. Поскольку процесс сварки полностью подконтролен микропроцессору, сварщик лишь задает параметры и форму токовых импульсов, возникающих в контуре при переносе капли: устанавливается величина базового (0 - 125 А), пикового (0 - 450 А) токов, а так же длительность заднего фронта импульса роста капли. Кроме того, перед началом работы простым переключением двух тумблеров источник настраивается на материал свариваемого изделия и диаметр используемой сварочной проволоки. [4]

Процесс STT основан на принципиально новом технологическом подходе к оборудованию для сварки и выполняемым им задачам. При внешней схожести с традиционной полуавтоматической сваркой, сказанное выше о работе систем с технологией STT убеждает в наличии большого количества отличий, имеющих важное прикладное значение, в частности, для решения вопроса создания качественного корневого шва при сварке труб различного диаметра.

Корневой шов - главная составляющая всего соединения. Качество и производительность при выполнении корневого шва определяет темп строительства всей магистрали. На сегодняшний день существуют и активно применяются на практике несколько традиционных способов создания корневого шва методом дуговой электросварки. К ним относятся: ручная сварка корня покрытыми электродами с основным и целлюлозным типом покрытия, а так же автоматическая сварка корня сплошной проволокой в среде защитного газа головками, расположенными внутри трубы. Последний метод является наиболее производительным и дорогостоящим, и требует дополнительных затрат на переточку заводской кромки трубы под сварку изнутри. Процесс STT способен устранить этот недостаток. Теплофизические свойства дуги и сварочной ванны, характерные для процесса переноса металла за счет сил поверхностного натяжения, позволяют вести сварку корня снаружи с получением гарантированного проплавления и обратного валика требуемых размеров во всех пространственных положениях. При этом процесс STT способен, при определенном навыке сварщика, в достаточно больших пределах отрабатывать изменения параметров разделки. Исследования показали, что процесс справляется с задачей сплавления кромок и создания обратного валика при увеличении ширины разделки до 4,0 мм и смещении кромок до 3,0 мм даже в потолочном положении. [4]

Другим достоинством метода STT при выполнении корневого прохода на трубах большого диаметра является размер наплавляемого шва. За один проход наплавляется слой металла, соответствующий двум проходам

(корневому и горячему) при использовании электродов с целлюлозным типом покрытия. Во-первых, это обстоятельство ощутимо сокращает время сварки. Во-вторых, позволяет вывести внутренний центратор сразу после сварки корня, поддерживая, таким образом, высокий темп строительных работ. При этом внешняя поверхность корневого шва свободна от шлака (требуется лишь незначительная зачистка проволочной щеткой), и не имеет так называемых "карманов" - зашлакованных продольных канавок, расположенных по краям шва в местах сплавления с основным металлом, характерных для все той же сварки целлюлозными электродами. Главное преимущество сварки основным электродом - относительно низкое содержание диффузионного водорода в металле шва. Однако, сварочный процесс STT, выполняемый полуавтоматически проволокой сплошного сечения в среде защитного газа, по данным компании-производителя, превышает этот показатель качества (рисунок 4). Исследования, проведенные при аттестации метода, подтверждают это обстоятельство.

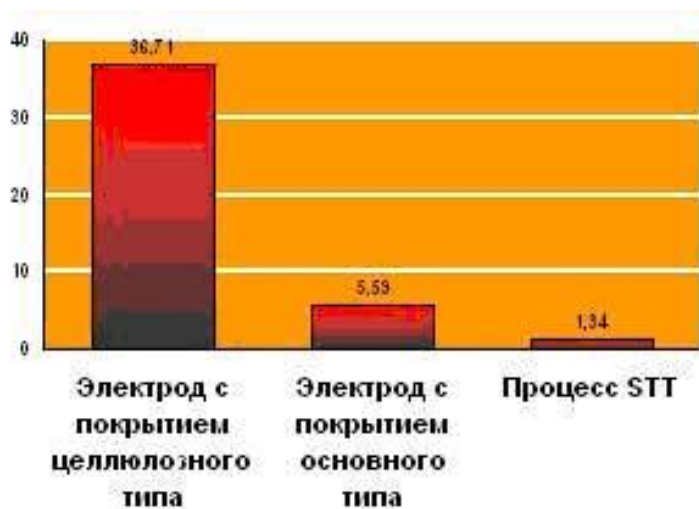


Рисунок 4 - Содержание диффузионного водорода в металле шва, выполненного различными методами, мл/100г [5]

Среди других особенностей процесса STT следует выделить сокращение общего тепловложения в свариваемую деталь, крайне низкий уровень разбрызгивания и дымообразования. При этом большинство сварщиков отмечают легкость управления сварочной ванной. Процесс не требует особых навыков, а во многих случаях просто менее трудоемок.

Высокие показатели качества и стабильности наплавки достигаются при защите дуги и сварочной ванны наиболее дешевым углекислым газом, поскольку метод оптимизирован именно для типа переноса металла сериями коротких замыканий, характерного для CO₂. [5]

Одно из достоинств метода STT - возможность его использования для механизированной сварки. Как отмечалось ранее, системы автоматической сварки стыков трубопроводов позволяют достичь наивысших показателей качества и производительности работ.

Для труб большого диаметра предложено использовать стандартную заводскую разделку с углом скоса кромок 20 - 30° и стандартным притуплением и зазором. В этом варианте сварочная технология STT призвана обеспечить выполнение качественного корневого шва при наличии существующих погрешностей подготовки кромок и сборки без использования подкладных колец. Выполнение остальных проходов при сварке всего стыка аналогично первому случаю, за исключением использования порошковой газозащитной проволоки для заполняющих слоев, обеспечивающей лучшее проплавление и при сварке труб большой толщины. [5]

4.2 Механизированная сварка заполняющий слоев методом Innershield

Способ полуавтоматической сварки самозащитной проволокой Innershield предназначен для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных и поворотных стыков труб диаметром 273 - 1220 мм с толщинами стенок 6 - 22 мм включительно.

Порошковая проволока, поставляемая для использования в трассовых условиях, должна быть упакована в герметичные полиэтиленовые ведра. В каждом ведре находится по четыре катушки весом 6,3 кг.

Способ сварки самозащитной порошковой проволокой имеет следующие особенности, обуславливающие его преимущества перед ручной дуговой сваркой покрытыми электродами:

- высокая линейная скорость сварки (14 - 20 м/ч по сравнению с 4 - 8 м/ч для электродов с основным видом покрытия);

- возможность форсировать режим сварки, например, при использовании проволоки диаметром 1,98 мм повышается производительность наплавки на 50 - 75 % по сравнению с ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия диаметром 4,0 мм, для которых производительность наплавки составляет 1,4-1,5 кг/ч;

- более высокая эффективность работы сварщика в связи с отсутствием необходимости останавливать процесс сварки для смены электродов;

- низкий процент ремонта сварных швов за счет возможности выплавить дефекты, используя характерную для способа высокую плотность тока;

- возможность осуществления сварки при сильном ветре за счет особой системы защиты капель расплавленного металла и ванны;

- устранение значительного количества дефектов, обычно образующихся при обрыве и зажигании дуги при частой смене электрода;

- отсутствие необходимости сушки проволоки перед использованием;

- возможность использования способа для сварки захлестов и при специальных сварочных работах;

- техника сварки порошковой проволокой достаточно проста, и срок обучения сварщиков составляет 10 - 20 дней.

Некоторые недостатки, возникающие при сварке порошковой проволокой:

- процесс сварки проволокой Innershield происходит на высоком токе (230 - 300 А) и сопровождается достаточно большим разбрызгиванием. При этом капли имеют высокую температуру. В связи с этим при сварке проволокой типа Innershield (в особенности для проволоки диаметром 2,0 мм) необходимо использование специальной одежды (кожаные костюмы) и масок (фиброметалл).

- проволока имеет гигиенический сертификат, однако процесс сопровождается повышенным аэрозолевыделением.

Самозащитная порошковая проволока может быть использована в составе следующего комбинированного технологического варианта сварки:

сварка корневого слоя шва полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа методом STT и всех последующих слоев проволокой типа Innershield.

5 Обоснование выбора сварочных материалов

Для метода STT применяем электродную проволоку марки Superarc L-56.

Сварочная проволока сплошного сечения L-56

Низкоуглеродная омедненная сварочная проволока сплошного сечения с высоким уровнем легирования марганцем и кремнием. Основное применение сварка корневого прохода стыков магистральных трубопроводов методом STT II с нормативным пределом прочности до 588 Н/мм² включительно. Сочетание метода STT II и проволоки L56, сертифицировано ВНИИСТ. [17]

Таблица 5 – Химический состав наплавленного металла

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
0,08-0,09	0,81-0,87	1,42-1,65	0,006-0,01	0,004-0,01

Таблица 6 – Механические свойства металла шва

Наименование параметра	Значение
Временное сопротивление, МПа	560
Относительное удлинение, %, не менее	29
Предел текучести, МПа	440
Ударная вязкость, Дж/см ² (KCV) (-20°C)	71
Ударная вязкость, Дж/см ² (KCV) (-40°C)	61

В качестве защитного газа для метода STT принимаем углекислый газ. Углекислый газ, или двуокись углерода, оксид С (IV), высший оксид углерода, может находиться в газообразном, сжиженном и твердом (в виде сухого льда) состояниях. Плотность двуокиси углерода зависит от давления, температуры и агрегатного состояния, в котором она находится.

Углекислый газ - широко распространенный в природе бесцветный газ, имеет слабый кисловатый запах и вкус, хорошо растворяется в воде и, образуя угольную кислоту H₂CO₃, придает ей кислый вкус. В воздухе содержится 0,03 % CO₂. [5,6]

Поскольку для получения швов высокого качества необходим углекислый газ высокой чистоты, для сварки используют двуокись углерода высшего и первого сортов.

Согласно ГОСТ 8050-85 [13] двуокись углерода не должна содержать сероводород, кислоты, органические соединения (спирты, эфиры, альдегиды и органические кислоты), аммиак, этаноламины и ароматические углеводороды.

Двуокись углерода нетоксична, невзрывоопасна. Однако при концентрациях более 5 % (92 г/м³) двуокись углерода оказывает вредное влияние на здоровье человека, так как она тяжелее воздуха в 1,5 раза и может накапливаться в слабопроветриваемых помещениях у пола и в приятках, а также во внутренних объемах оборудования для получения, хранения и перевозки газообразной, жидкой и твердой двуокиси углерода. При этом снижается объемная доля кислорода в воздухе, что может вызвать явления кислородной недостаточности и удушья. Предельно допустимая концентрация двуокиси углерода в воздухе рабочей зоны 9,2 г/м³ (0,5 %).

Помещения, где производится сварка с использованием в качестве защиты двуокиси углерода, должны быть оборудованы общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией.

Баллон окрашен в чёрный цвет, надпись «Углекислый газ» - жёлтая.

Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва применяем самозащитную порошковую проволоку марки Innershield NR 207

Порошковая проволока — сварочный материал, представляющий собой стальную оболочку, заполненную порошкообразным наполнителем. Это как бы электрод, вывернутый наизнанку. Но при этом электрод бесконечной длины.

В состав наполнителя порошковой проволоки входят следующие компоненты:

- газообразующие — обеспечивают защиту расплавленных капель и сварочной ванны от азота и кислорода воздуха (мрамор, целлюлоза и карбонаты Ca, Na, Mg);

- шлакообразующие — соединения, образующие шлаковую защиту (рутиловый концентрат, флюоритовый концентрат, алюмосиликаты),

- раскислители — участвуют в металлургических процессах, протекающих в сварочной ванне, обеспечивая металлургическое качество сварного шва (ферромарганец, ферротитан);

- металлические составляющие — повышают производительность наплавки (металлический порошок, соединения железа).

Для сварки газонефтепроводов могут применяться только специальные самозащитные порошковые проволоки производства фирмы "Линкольн Электрик" (США).

Марку самозащитной порошковой проволоки выбирают в зависимости от прочностного класса свариваемых труб:

- для сварки стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 530 МПа включительно применяется самозащитная порошковая проволока марки NR-207 диаметром 1,7 мм;

Марка проволоки NR-207 аттестована в установленном порядке и допущена для сварки стыков труб газо-, нефтепроводов различного диаметра и толщин стенок.

Таблица 9 – Химический состав наплавленного металла, %:

C	Si	Mn	Ni	Al	S	P
0,08	0,2	0,93	0,89	1,00	0,025	0,03

Таблица 10 – Механические свойства металла шва

Наименование параметра	Значение
Временное сопротивление, МПа	572
Относительное удлинение, %, не менее	25
Предел текучести, МПа	462
Ударная вязкость, Дж/см ² (KCV) (-20°C)	61

6 Расчет режимов

В зависимости от типа соединения последовательность расчёта режима сварки различна. Для сварки данного соединения, выбираем тип соединения С17 с разделкой кромок. Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно ГОСТ 16037-80 [14] (таблица 9).

Таблица 9 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 16037-80

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		S, мм	b, мм	e, мм	g, мм
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва				
C17			8	$3^{+1}_{-0,5}$	13^{+3}	$1,5^{+1,5}_{-1,0}$

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле (5):

$$F_n = 0,5 \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot e \cdot g = 0,5 \cdot 7,5^2 \cdot \operatorname{tg} 50 + 1 \cdot 8 + 0,75 \cdot 2 \cdot 14 = 63 \text{ мм}^2, \quad (5)$$

где S , b , e , g , α – размеры конструктивных элементов сварного соединения.

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов найдем по формуле (6):

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g) = 0,73 \cdot 14 \cdot (8 + 2) = 102 \text{ мм}^2. \quad (6)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле (7):

$$F_{\text{пп}} = F - F_n = 102 - 63 = 39 \text{ мм}^2 \quad (7)$$

Согласно рекомендации [6], назначаем два проходов:

первый проход (корень шва) $F = 20 \text{ мм}^2$;

второй проход (заполняющий) $F = 43 \text{ мм}^2$;

Принимаем диаметр проволоки $d_s = 1,2 \text{ мм}$, тогда

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot j_s = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 120 = 136 \text{ А}, \quad (8)$$

Принимаем для первого прохода: $I_{\text{св}} = 140 \text{ А}$.

Принимаем для второго прохода: $I_{св} = 160 \text{ А}$.

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение дуги:

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{\partial}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1, \text{ тогда} \quad (9)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 140 \pm 1 = 26 \pm 1 \text{ В.}$$

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{\partial} \cdot U_{\partial}}{I_{св}}, \quad (10)$$

где k' - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Согласно [7], величина коэффициента k' при плотности тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ при сварке постоянным током обратной полярности:

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925}, \text{ таким образом,} \quad (11)$$

$$\psi_{np} = 0,367 \cdot 120^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 140) \cdot \frac{1,2 \cdot 26}{140} = 3,095,$$

α_n - коэффициент наплавки. Его можно определить по формуле, согласно [7]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n), \text{ где} \quad (12)$$

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \text{ тогда} \quad (13)$$

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 120^2 = 9,5\%;$$

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{120} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 12,6 \text{ } \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}; \quad (14)$$

где l - вылет электродной проволоки. Согласно рекомендациям, предложенным в [6], он равен 15 мм, тогда

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n) = 12,6 \cdot (1 - 0,095) = 12,6 \cdot 0,905 = 11,4 \text{ } \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}. \quad (15)$$

Скорость сварки определим по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \text{ тогда} \quad (16)$$

Для первого прохода:

$$V_{cv} = \frac{11,4 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,2} = 0,28 \text{ см / с} = 10,2 \text{ м / ч}.$$

Для второго прохода:

$$V_{cv} = \frac{11,4 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,43} = 0,15 \text{ см / с} = 5,4 \text{ м / ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле [7]:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{cv}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}}. \quad (17)$$

Для первого прохода:

$$V_{нэл} = \frac{12,6 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \text{ см / с} = 90 \text{ м / ч}.$$

Для второго прохода:

$$V_{нэл} = \frac{12,6 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 2,87 \text{ см / с} = 103 \text{ м / ч}.$$

7 Техника сварки

Первый слой высотой 3-4 мм сваривают электродной проволокой диаметром 1,2 мм механизированной сваркой методом STT в среде углекислого газа, второй слой заваривают проволокой диаметром 1,7 мм механизированной сваркой в смеси защитных газов (Ar 82% и CO₂ 18%)

Так как сварка трубы производится на роликовом стенде с постоянным вращением трубы, то выполняем непрерывный шов по всему диаметру стыка. Чтобы стыки участков («замки» швов) в соседних слоях не совпадали, а были смещены один относительно другого, производим смещение как показано на рисунке 6. Размер смещения и перекрытия a (рисунок 5) при сварке должен быть не менее 12-18 мм. [9]

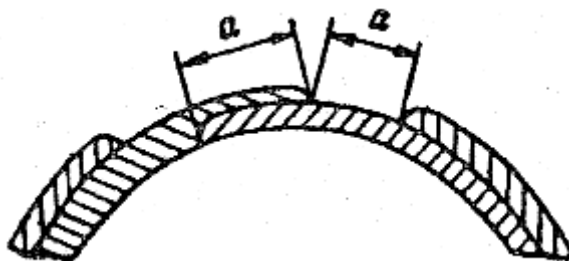


Рисунок 5 – Схема наложения «замков» швов

Схема выполнения корневого шва показана на рисунке 8.

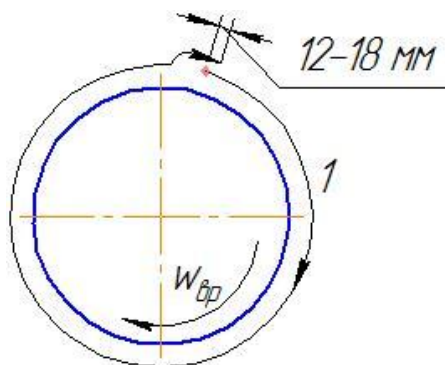


Рисунок 6 – Схема сварки корневого шва

После сварки первого слоя, делаем отступ 12-18 мм и начинаем сварку заполняющего слоя как показано на рисунке 9.

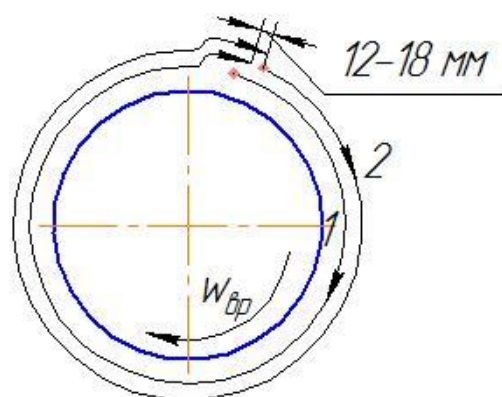


Рисунок 7 – Схема сварки второго шва

Сварку в среде углекислого газа производим в нижнем положении углом назад с опиранием газового сопла полуавтомата на свариваемые кромки.

При механизированной сборке и сварке стыков труб необходимо также руководствоваться ГОСТ 16037-80 [14] и СНиП 3.05.04-85 [15].

8 Выбор основного сварочного оборудования

Для сварки корневого шва трубы будем применять установку Invertec STT II. Основные технические данные приведены в таблице 9.



Рисунок 8 – Сварочный аппарат Invertec STT II

Сварочный аппарат Invertec STT II – имеет возможность управления объемом наплавки. Он оснащен дополнительным регулятором заднего фронта импульса сварочного тока. Данная функция позволяет выполнять сварные швы с более высокими скоростями и объемами наплавки, в отличие от оригинала. Кроме этого, она позволяет осуществлять более точный контроль за формой шва, особенно при сварке сплавов с высоким содержанием никеля.

Применение технологии управления формой сварочного тока позволяет в считанные микросекунды отстроить величину сварочного тока. Точный контроль тока в течение всего сварочного цикла минимизирует или совсем исключает основные недостатки сварки сплошной проволокой короткими замыканиями в среде защитного газа. Процесс STT реализует перенос металла в сварочную ванну посредством сил поверхностного натяжения расплавленного металла. Отстройка действующей величины сварочного тока полностью основывается на тепловых потребностях дуги в каждый отдельный момент всего цикла переноса. В комплект установки входит: источник питания Invertec STT II, механизм подачи проволоки LF-37, горелка Magnum и т.д [8].

С STT II могут использоваться различные сварочные материалы, включающие сплошную и порошковую проволоку для сварки обычных и

нержавеющих сталей, никелевых сплавов и кремнистой бронзы. Уровень разбрызгивания при сварке STT, использующей в качестве защитного газа CO₂, ниже, чем при сварки сплошной проволокой в смесях аргона. Аппарат предназначен как для полуавтоматической, так и для автоматической сварки. Источник позволяет решить проблемы с высоким уровнем разбрызгивания и дымообразования, прожогами, регулировкой тепловложения, плохой сборкой стыка, а также осуществлять ремонт сварного соединения.

Таблица 9 – Технические характеристики источника питания Invertec STT II

Питание, В	200/220/380/415/440
Диапазон базового сварочного тока, А	0-125
Диапазон пикового сварочного тока, А	0-450
Сварочный ток, А	225/60%
Напряжение холостого хода, В	85
Габариты, мм	589x336x620
Вес, кг	53

Преимущества данного сварочного аппарата, по [8] заключаются в следующем:

- исключает образование несплавлений при сварке с зазором стыков труб и сосудов давления;
- снижает уровень сварочных деформаций и вероятность прожогов за счет управления величиной тепловложения;
- снижает уровень излучения сварочной дуги;
- процесс не требует от сварщика большого навыка в работе и прост в обучении;
- снижение уровня дымообразования;
- легкая и компактная конструкция, высокая транспортабельность;
- схема компенсации, обеспечивающая стабильность процесса сварки при колебаниях напряжения в сети питания в пределах $\pm 10\%$;
- электронная и термостатическая защита.

В качестве механизма подачи электродной проволоки выбираем LF-37.



Рисунок 9 – Механизм подачи электродной проволоки LF-37

LF-37 - портативный механизм подачи проволоки, специально разработан для эксплуатации в тяжелых условиях на судостроительных верфях и в строительстве. Данный механизм подачи работает с катушками D300 (15 кг), а также на маленьких катушках D200 (5 кг), при использовании сплошной или порошковой проволоки, включая Innershield. Для контроля количества газа механизм подачи оснащен измерителем потока газа, что особенно удобно при работе с длинными кабелями. Данный механизм подачи имеет максимально простые настройки. Все настройки, такие как 2/4 такта, регулировка холодной протяжки проволоки, Hot/Soft Start и заварка кратера, видны после нажатия кнопки Select.

Таблица 14 - Технические характеристики механизма подачи LF-37

Характеристика	Значение
Кол-во роликов	4
Тип охлаждения	В/Ж
Напряжение питания	42 В АС
Диапазон регулирования скорости подачи (м/мин)	1,5 - 20
Диаметр проволоки (мм)	сплошная: 0,6 - 1,6 порошковая: 1,0 - 1,6
ВхШхД (мм)	356 x 188 x 534
Вес (кг)	16

Для сварки заполняющего и облицовочного швов трубы будем применять установку Invertec V450-Pro.



Рисунок 10 – Модель Invertec V450-Pro

Применение: многофункциональная полуавтоматическая сварка с использованием импульсных и программируемых режимов, электродуговая сварка покрытым электродом, электро-дуговая строжка.

Оснащение: Источник сварочного тока инверторного типа. Универсальная модель, с жесткой и подающей внешней характеристикой. Встроенный цифровой амперметр и вольтметр. Регулируемые функции "Hot Start" - временное увеличение сварочного тока в момент зажигания дуги, "Arc Force" - регулировка тока короткого замыкания, позволяет управлять сварочной дугой делая ее "мягкой" или "жесткой", "Touch-Start"- зажигание дуги точечным касанием. Специализированные импульсные режимы "Power Mode" и "Pulse-on-pulse".

Таблица 14 - Технические характеристики Invertec V450-Pro

Характеристика	Значение
Сеть питания	380/415/3/50-60
Цикл сварки	500A/40V/60%
Диапазон тока, А	50 - 500
Габариты, мм	663 x 505 x 835
Вес, кг	126,0

В качестве механизма подачи принимаем аппарат LN-23P.



Рисунок 11 – Механизм подачи порошковой проволоки LN-23P

Технические характеристики представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики механизма подачи проволоки LN-23P

Диаметр электродной проволоки, мм	1,7-2
Сварочный ток, А	350
Скорость подачи, м/мин	0,76-4,3
Габариты, мм	520x230x280
Вес, кг	12,3

9 Технология изготовления изделия

9.1 Заготовительные операции

Трубы и детали трубопроводов должны пройти входной контроль. До начала работ следует проверить наличие сертификатов (паспортов) на трубы, детали и запорную арматуру и все сварочные материалы, которые будут использованы для сооружения объекта, а также соответствие маркировки (клейм) обозначениям, указанным в сертификатах (паспортах).

При отсутствии клейм, маркировки, сертификатов (или других документов, удостоверяющих их качество) трубы и детали трубопроводов к сборке и сварке не допускаются. [3]

При визуальном контроле поверхности труб, включая зоны заводских продольных и спиральных швов, должны быть выявлены недопустимые дефекты, вид и размеры которых определены техническими условиями на поставку труб.

Трубы и детали трубопроводов с недопустимыми дефектами к сборке не допускаются.

На поверхности труб или деталей не допускаются:

- трещины, плены, рванины, закаты любых размеров;
- царапины, риски и задиры глубиной более 0,2 мм;
- местные перегибы, гофры и вмятины;
- расслоения на концах труб

К сборке стыков труб не допускаются трубы с отремонтированными заводскими швами и выправленными вмятинами. [11]

Следует проверить перпендикулярность свариваемого торца по угольнику. Отклонение свариваемого торца от угольника для труб, деталей и арматуры должно быть не выше значений, регламентированных техническими условиями. Следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки свариваемых кромок, в том числе расточки («нутрения») под заданный внутренний диаметр, требованиям

технологической карты. Точность обработки фасок под сварку и размеры разделки проверяют инструментально.

Перед сборкой труб необходимо очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от попавшего грунта, снега и т.п. загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб, деталей трубопроводов, патрубков арматуры на ширину не менее 10 мм. Следует проверить качество зачистки наружной и внутренней поверхностей свариваемых торцов. [11]

Следует проверить соответствие минимальной фактической толщины стенки в зоне свариваемых торцов допускам, установленным ТУ на поставку труб после расточки (нутрения) под заданный внутренний диаметр [3].

Обработку (переточку) кромок под сварку следует производить преимущественно механическим способом с помощью резцов, фрез или абразивного круга. В случае необходимости свариваемые торцы разрешается обрабатывать кислородной, плазменно-дуговой или воздушно-дуговой резкой с последующей зачисткой кромок до чистого металла. [3]

9.2 Технологический процесс сборки и сварки

Технология сборки и сварки описана в комплекте технологической документации ФЮРА.200000.023 в приложение А.

9.3 Сварочные напряжения и деформации

Различают:

- тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температуры при сварке;
- структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений, сопровождающиеся переохлаждением аустенита в околошовной зоне и образования продуктов закалки мартенсита.

В зависимости от времени существования собственных напряжений и деформаций различают:

- временные, существующие в конструкции лишь в определенный момент времени;

- остаточные, остаются в изделии после снятия нагрузки.

В зависимости от размеров области, в пределах которой имеют место и взаимно уравниваются внутренние напряжения, различают:

- напряжение I рода - уравниваются в крупных объемах соизмеримых с размерами изделий или отдельных его частей;

- напряжение II рода - уравниваются в микрообъеме тела в пределах одного или нескольких зерен;

- напряжения III рода - уравниваются в объемах соизмеримых с атомной решеткой и связаны с искажениями атомной решетки.

Напряжения также можно разделить по направлению действия:

- продольные вдоль оси шва;

- поперечные перпендикулярно оси шва.

По виду напряженного состояния сварочные швы бывают:

- линейные (одноосные);

- плоскостные (двухосные);

- объемные (трехосные) [11].

Меры борьбы со сварочными деформациями и напряжениями. Весь комплекс борьбы со сварочными напряжениями и деформациями можно разделить на 2 группы:

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений или уменьшающих влияние: к таким мероприятиям можно отнести: последовательность сварки, закрепление, предварительный обратный выгиб, подогрев, интенсивное охлаждение свариваемых изделий;

- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие напряжений: к таким мероприятиям можно отнести: механическая правка, проковка шва, термообработка, также можно предотвратить сварочные деформации за счет правильного выбора

сварочных материалов, режимов сварки, минимальное вложение погонной энергии и правильное определение способа сварки.

9.3.1 Дефекты возникающие при сварке трубопровода

В сварочном производстве различают дефекты подготовки изделий под сварку и дефекты, возникающие в процессе сварки. Сварочные дефекты могут быть наружными и внутренними. Неразрушающие методы контроля применяют, как правило, для определения внутренних макроскопических дефектов. Наружные дефекты сварки обычно выявляют внешним осмотром. [3]

Допущенные дефекты при подготовке и сборке приводят к появлению собственно сварочных дефектов. Наиболее характерные дефекты этого типа: неправильный угол скоса кромок в швах; слишком большое или малое притупление по длине стыкуемых кромок; непостоянство зазора между кромками; несовпадение стыкуемых плоскостей кромок; расслоения и загрязнения на кромках и т. п.

Причинами подобных дефектов могут быть неисправности оборудования, применяемого для изготовления заготовок и приспособлений для сборки, недоброкачественность исходных материалов, низкая квалификация обслуживающего персонала [11].

Правильность сборки контролируют внешним осмотром и геометрическими измерениями с помощью шаблонов и специализированного инструмента.

Форма и размеры швов задаются техническими условиями. При сварке плавлением, как правило, регламентируют ширину и выпуклость шва, число проходов и глубину проплавления. Швы могут иметь неравномерность, которая появляется вследствие неустойчивого режима сварки, неравномерности зазора и угла скоса кромок. Неправильная форма швов является следствием неточного направления электрода относительно разделки. В случае недостаточной скорости подачи электродной проволоки при данной скорости сварки, увеличения угла скоса кромок или зазора между

ними, протекания металла в зазор возникает так называемая неполномерность сварных швов. В местах расположения прихваток из-за нестабильности сварочного процесса появляется неравномерность шва.

Поры образуются при сварке загрязненных кромок металла, т. е. при плохой зачистке от окалины, ржавчины. Поры и шлаковые включения образуются часто вследствие недостаточного сварочного тока и чрезмерно большой скорости сварки. Размеры пор и шлаковых включений колеблются от нескольких микрометров до нескольких миллиметров. Форма их обычно сферическая. Шлаковые включения могут располагаться на границе оплавления основного металла с наплавленным, непровары чаще всего — в корне шва. Шлаковые включения могут вызвать местную концентрацию напряжений и снизить прочность соединения. Встречаются микроскопические шлаковые включения — загрязнения в виде нитридов, сульфидов, легкоплавких эвтектик, оксида железа [11].

На поверхности сварных швов образуются подрезы, представляющие собой углубления в основном металле, появляющиеся в процессе сварки вдоль края шва. Подрезы уменьшают сечения изделия, вызывают концентрацию напряжений и могут стать причиной разрушения швов.

При обрыве дуги образуются кратеры в виде углублений, которые уменьшают рабочее сечение шва, снижают его прочность и коррозионную стойкость. Часто кратер служит очагом появления трещин.

В результате большого сварочного тока, чрезмерно высокой погонной энергии образуются прожоги. Место прожога должно быть повторно заварено. Наиболее часто встречающиеся дефекты — это поры. Часть из них выходит на поверхность. Из канальных пор обычно развиваются свищи, т. е. сквозные дефекты. Поверхностные дефекты можно обнаружить визуально и исправить. Если допускаются небольшие дефекты формирования, то это должно быть оговорено в инструкциях и технических условиях на изготовление данного изделия. Значительное количество поверхностных дефектов обычно указывает на наличие и внутренних дефектов. [11]

К внутренним дефектам, нарушающим сплошность сварного соединения, можно отнести поры, трещины, непровары, несплавления и др.

Трещины являются весьма опасными дефектами, так как создают резкую концентрацию напряжений. Трещины появляются при сварке высокоуглеродистых и легированных сталей в результате слишком быстрого охлаждения.

Иногда трещины возникают при охлаждении сваренных заготовок на воздухе. Они могут располагаться вдоль и поперек сварного соединения, а также в основном металле, в месте сосредоточения швов и приводить к разрушению сварной конструкции. Сварные соединения с трещинами подлежат исправлению. [11]

Несплавления кромок основного металла с наплавленным или слоев шва между собой при многослойной сварке называют непроваром, представляющим собой несплошность между основным и наплавленным металлом.

Непровары чаще всего образуются при небольшом зазоре между кромками и малом угле их скоса, завышенном притуплении и загрязнении кромок, неточном направлении электродной проволоки относительно места сварки, недостаточном сварочном токе или чрезмерно большой скорости сварки. Они снижают работоспособность сварного соединения за счет ослабления рабочего сечения, создают концентрацию напряжений в шве.

Упомянутые выше дефекты встречаются при сварке плавлением. Они уменьшают рабочее сечение шва, создают концентрацию напряжений и способствуют ускоренному разрушению конструкции. Если в сварном соединении сосудов и трубопроводов имеются сквозные дефекты, то через них происходит утечка жидкостей и газов [11].

9.4 Технический контроль качества и исправление брака

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения, на которые распространяется РД 153-006-02 [3].

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4–7 кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются:

- трещины всех видов и направлений;
- непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва;
- наплывы (натеки) и брызги металла;
- незаваренные кратеры;
- свищи;
- прожоги;
- скопления и включения пор.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Измерительный контроль сварных соединений (определении размеров швов, смещения кромок, перелом осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле, если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта с помощью мерительных инструментов.

Контроль проводится сварщиком после зачистки поверхности. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, незаваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачестве сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [3].

10 Конструкторская часть

10.1 Сварочный манипулятор

Применяем для сварки узла специального трубопровода сварочный манипулятор М11050.

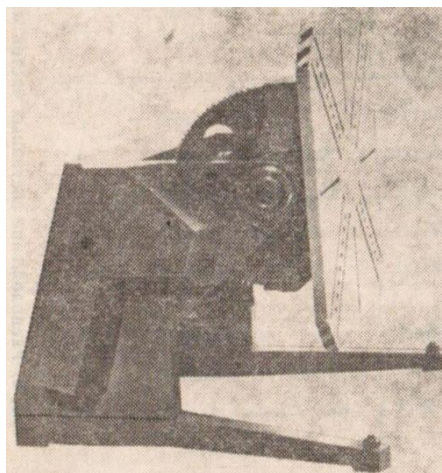


Рисунок 12 – Сварочный манипулятор М11050

Манипулятор М11050 предназначен для установки изделий в положение, удобное для сварки и вращения со сварочной скоростью при автоматической дуговой электросварке круговых швов под слоем флюса, в среде защитных газов, а также при наплавочных работах. Манипулятор может быть использован для поворота изделий на маршевой скорости и установки их в положение, удобное для полуавтоматической и ручной электросварки. [16]

Станина манипулятора сварная. В подшипниках скольжения к станине крепятся стол с механизмом вращения планшайбы и зубчатый сектор механизма наклона. Привод наклона планшайбы установлен на стойке станины. Приводы вращения и наклона планшайбы имеют унифицированные червячно-цилиндрические редукторы. Манипулятор снабжен устройством, предназначенным для автоматической остановки после окончания сварки кругового шва с перекрытием.

Изделие крепится на планшайбе с Т-образными пазами с помощью крепежных приспособлений. Полый шпиндель позволяет устанавливать

приспособление с центральным креплением изделия или применять пневматическое зажимное устройство.

Электрооборудование смонтировано в нише станины манипулятора. Управление кнопочное с переносного пульта. Климатическое исполнение — УХЛ 4, ГОСТ 15150-69 [16].

Таблица 11 - Технические характеристики манипулятора M11050

Наименование параметра	Мод. M11050A
Грузоподъемность, кг, наибольшая	1000
Крутящий момент, Н·м, наибольший:	
на оси вращения планшайбы	1000
относительно оси наклона планшайбы	2600
Момент центра тяжести изделия относительно опорной плоскости планшайбы, Н·м, наибольший	1600
Частота вращения шпинделя в процессе сварки, мин ⁻¹	0,05-2,5
Угол поворота планшайбы, наибольший	±360°×n
Угол наклона планшайбы, наибольший	135°
Скорость наклона планшайбы, мин ⁻¹	1
Номинальный сварочный ток (ПВ=100%), А	1000
Мощность электродвигателя, кВт:	
привода вращения	1,1
привода наклона	0,75
Ток питающей сети:	
род	переменный; 3-фазный
частота, Гц	50
напряжение, В	380
Габариты вращателя, мм	1265×1195×900
Масса вращателя, кг	600

В данном разделе выполняется технико-экономическое обоснование принимаемых инженерных решений. К таким решения относится обоснование выбора рационального процесса сварки изделия из двух сравниваемых вариантов: ручная дуговая сварка покрытыми электродами и механизированная сварка в среде защитных газов сплошной проволокой.

11.1 Исходные данные для проведения сравнительного анализа

Основные параметры сварных швов, а так же общая протяженность швов стыков специального трубопровода определялись по рисунку 15.

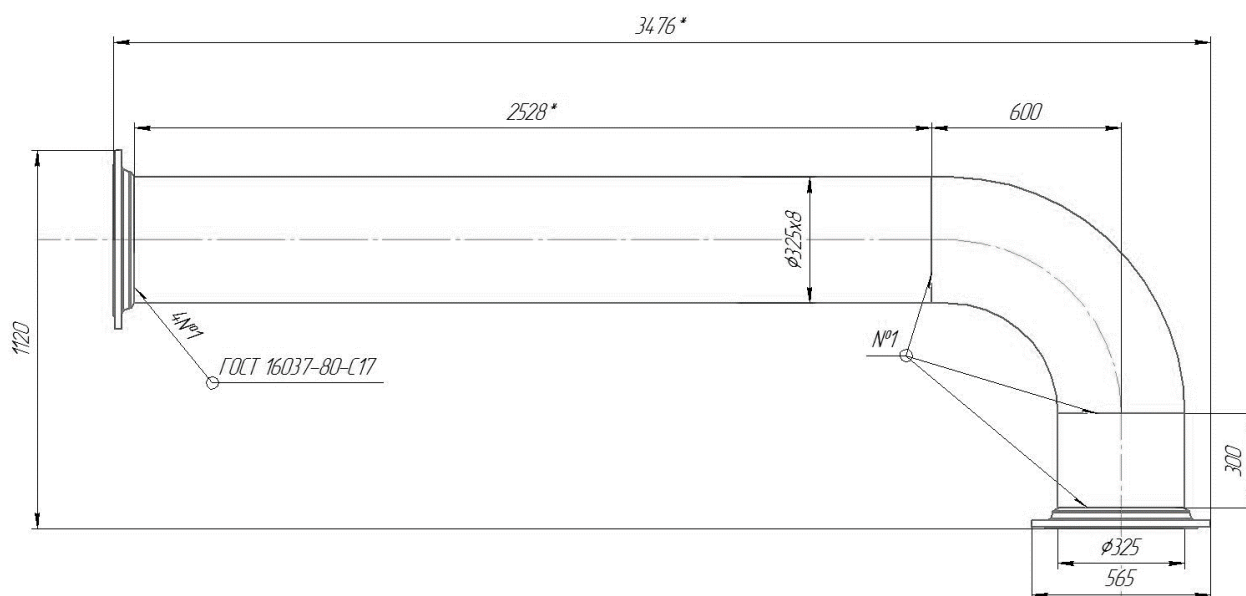


Рисунок 15 – Участок специального трубопровода

Так как данная конструкции собирается в цеху, а потом в собранном виде отправляется к месту эксплуатации необходимо принимать во внимание что собираются 4 стыка. Общая протяженность, количество проходов и площади поперечного сечения всех швов представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Типы соединений и протяженность швов для каждого способа сварки

№	Тип соединения	F_n , мм ²	Количество проходов	Суммарная длина швов, м
1	ГОСТ 16037-80- С17 Р	63	2	5,1
2	ГОСТ 16037-80- С17 ЗП	63	2	5,1

11.2 Достоинства и недостатки сравниваемых процессов производства

Для наглядности приведем достоинства и недостатки рассматриваемых способов сварки (таблица 13).

Таблица 13- Достоинства и недостатки двух способов сварки

Ручная дуговая сварка покрытым электродом	Сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения
<p>Преимущества способа:</p> <ul style="list-style-type: none">– простота процесса и оборудования;– возможность сварки в труднодоступных местах и на монтаже;– большой спектр свариваемых материалов;– спектр свариваемых толщин от 2 мм.	<p>Преимуществами сварки в защитных газах являются:</p> <ul style="list-style-type: none">- высокая производительность (приблизительно в 2,5 раза выше, чем при ручной дуговой сварке покрытыми электродами);- простота механизации и автоматизации;- возможность сварки в различных пространственных положениях;- малая зона термического влияния и относительно небольшие деформации изделий в связи с высокой степенью концентрации дуги;- высокое качество защиты, отсутствие необходимости применения зачистки швов при многослойной сварке;- доступность наблюдения за процессам сварки; возможность сварки металла различной толщины (от десятых долей миллиметра до десятков миллиметров).
<p>Недостатки способа:</p> <ul style="list-style-type: none">– не высокая производительность;– большие расходы материалов на огарки и разбрызгивание;– самый тяжёлый способ по технике исполнения;– многофакторность качества.	<p>Недостатками способа:</p> <ul style="list-style-type: none">- открытая дуга, что повышает опасность поражения зрения световым излучением,- необходимость защиты зоны сварки от сквозняков (при струйной защите), что затрудняет применение этого вида сварки в монтажных условиях на открытом воздухе.

11.3 Сварочные материалы

В качестве сварочных материалов используются электроды для ручной дуговой сварки, а для сварки в среде защитных газов: сварочную проволоку и защитный газ. Выбор марок осуществлялся в п.3.1 и 3.2. Приведем сводную таблицу материалов и их стоимости (таблица 14). Цены взяты по состоянию на 2014 г., на сайтах компаний производителей.

Таблица 14 – Сварочные материалы

	Ручная дуговая сварка	Автоматическая сварка в защитном газе	Цена, руб/кг (руб/л)
Электроды	ОК-46.00 Ø3 мм	-	135
	ОК-46.00 Ø4 мм		130
Сварочная проволока	-	Superarc L-56 1,14 мм	125
		СВ-08ГСМТ-О 1,7 мм	280
Защитный газ	-	Аргон	0,1
		Углекислый газ	0,033

11.4 Режимы сварки

Режимы ручной дуговой сварки взяты по рекомендациям литературы [4], а для сварки в среде защитных газов были рассчитаны в разделе п.6. Основные режимы сварки приведены в таблицах 15 и 16.

Таблица 15 – Режимы РД сварки для используемых типов соединений

Тип соединения	$F_n, \text{мм}^2$	Режимы сварки			
		$I_{св}, \text{А}$	$U_{\partial}, \text{В}$	$V_{св}, \text{м/ч}$	$\alpha_n, \text{г/А*ч}$
ГОСТ 16037-80- С17 Р	23	90	24	4,8	9,5
ГОСТ 16037-80- С17 Р	40	160	27	4,9	9,5

Таблица 16 – Режимы механизированной сварки в углекислом газе для используемых типов соединений

Тип соединения	$F_n, \text{мм}^2$	Режимы сварки				
		$I_{св}, \text{А}$	$U_{\partial}, \text{В}$	$V_{св}, \text{м/ч}$	$V_{нэн}, \text{м/ч}$	$\alpha_n, \text{г/А*ч}$
ГОСТ 16037-80- С17 ЗП	20	140	26	10,2	90	11,4
ГОСТ 16037-80- С17 ЗП	43	160	27	5,4	103	11,4

11.5 Обоснование выбора оборудования и приспособлений

Оборудование для ручной дуговой сварки рассматривается, имеющиеся на предприятии ООО «Томскводоканал», а выбор оборудования для сварки в защитных газах производился в п.8. Перечень необходимого оборудования для каждого способа сварки представлен в таблице 17 и 18.

Таблица 17 – Оборудование, используемое для ручной дуговой сварки

Наименование	Кол-во	Цена, руб
ВДМ-1203	1	70775
Клемма заземления КЗ–31, 315А	1	150
Маска электросварочная (с наголовником) стеклопластиковая отечественная	1	1000
Электрододержатель 400А (ЭД–40М)	1	300
Балластный реостат РБ-301У2	1	3000
Кабель КГ–50 5м	1	1850
Итого		77075

Таблица 18 – Оборудование сварки в среде защитных газов

Наименование	Кол-во	Цена, руб
Lincoln Electric POWER WAVE C300	1	290500
Маска электросварочная (с наголовником) стеклопластиковая отечественная	1	1000
Кабель силовой КГ-200	1	3000
Баллон с углекислым газом	1	7000
Рукав резиновый диаметром 9,0 мм (3 кл.)	1	600
Регулятор расхода газа У-30П-2(с подогревателем)	1	2200
Приспособление для сварки	1	100000
Итого		404300

11.6 Нормирование технологического процесса

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (сварки в среде защитных газов и ручной

дуговой сварки покрытыми электродами) при сборки и сварки участка специального трубопровода.

Определение норм времени для ручной дуговой сварки [30] и сварки в среде защитных газов.

Таблица 19 – Основное время для сварки в среде защитных газах и ручной дуговой сварки (на один стык)

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	РДС	Сварка в CO_2	
Скорость сварки $V_{св}$, м/ч 1 проход 2 проход	4,8 4,9	10,2 5,4	
Расчетная формула $t_0 = \frac{60}{V_{св}}$	$t_0 = \frac{60}{4,8} + \frac{60}{4,9} = 25$	$t_0 = \frac{60}{10,2} + \frac{60}{5,4} = 17$	+8

Определение основного время на сварку показало, что при сварке в CO_2 основное время меньше чем при обычной РДС, это достигается тем, что ток сварки при автоматической сварке выше.

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{с.ш}$, $t_{с.из}$, а также коэффициента $k_{об}$ получены из [30].

Таблица 20 - Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	РДС	Сварка в CO_2	
Очистка перед сваркой, свариваемых кромок от налета ржавчины и осмотр	0,4	0,5	—
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,4	0,2	—
Откусывание огарков проволоки	-	0,1	—
Установка и смена электродов, мин	0,39		
Осмотр и промер шва	0,3	0,3	—
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	-	0,25	—
Всего	1,49	1,35	+0,14

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

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	сварка в CO_2
Время на установку, мин	7,4	3,7
Снятие и транспортировка, мин	6,4	3,2
Перемещение сварщика, мин	0,2	0,2
Клеймение шва, мин	0,21	0,21
Всего	14,21	7,31

Таблица 22 - Подготовительно-заключительное время для сварки в среде CO_2 и РД сварки

№ п/п	Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
			простая	сложн.
		Время на партию, мин		
1	Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	автоматическая	4,0	6,0
2	Ознакомление с работой	автоматическая	3,0	5,0
		ручная	2,0	4,0
3	Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	автоматическая	4,0	4,0
4	Установка, настройка и проверка режимов сварки	автоматическая	3,0	3,0
		ручная	1,0	1,0
5	Подготовка рабочего места и приспособление к работе	автоматическая	4,0	7,0
		ручная	2,0	4,0
6	Сдача работы	автоматическая	2,0	3,0
		ручная	2,0	3,0

Для CO_2 $t_{н.з} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$ мин;

Для РДС $t_{н.з} = 4 + 2 + 0 + 1 + 2 + 2 = 11$ мин.

Таблица 23 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение $\frac{\text{мин}}{\text{изделие}}$
	РДС	сварка в CO_2	
t_o – основное время на сварку, мин/м	25	17	-
$t_{всп}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,49	1,35	-

l – длина шва (общая - 4 стыка)	5,1	5,1	–
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	7,31	–
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,10	1,15	–
Расчетная формула $T_{шт} = [(t_o + t_{виз}) \cdot l + t_{виз}] K_{об}$			

Для РДС $T_{шт} = [(25+1,49) \times 5,1 + 14,21] \times 1,1 = 164$

Для CO_2 $T_{шт} = [(17+1,35) \times 5,1 + 7,31] \times 1,15 = 116$

Таблица 24 – Размер партии

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	РДС	сварка в CO_2	
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8	–
$T_{шт}$ – штучное время	164	116	+48
Расчетная формула $n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}$	$n = \frac{8 \cdot 60}{164} \approx 3$ шт	$n = \frac{8 \cdot 60}{116} \approx 4$ шт	-1

Изменение произошло из-за основного времени на сварку и вспомогательного времени, связанного со свариваемым швом.

Таблица 25 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение $\frac{\text{мин}}{\text{изделие}}$
	РДС	сварка в CO_2	
$T_{шт}$ – штучное время	164	116	-
$t_{нз}$ – подготовительно – заключительное время	11	20	–
n – размер партии	3	4	-
Расчетная формула $T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{нз}}{n}$	$T_{шк} = 164 + \frac{11}{3} = 168$	$T_{шк} = 116 + \frac{20}{4} = 121$	+47

Изменение произошло из-за штучного времени и размера партии.

Таблица 26 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение кг
	РДС	сварка в CO_2	
F_n – площадь наплавленного металла, $см^2$	0,63	0,63	-
L – длина шва, см	510	510	–
γ – плотность наплавляемого металла, $г/см^3$	7,8	7,8	–
Расчетная формула $G=F \cdot L \cdot \gamma$	$G_1 = 0,2 \cdot 510 \cdot 7,8 = 796 \text{ г}$ $G_2 = 0,43 \cdot 510 \cdot 7,8 = 1711 \text{ г}$		0

11.7 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат. [31]

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении РДС и сварки в защитном газе нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала [31].

Таблица 27 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
g_{nm} – масса наплавленного металла, кг/изд	0,8 1,71	0,8 1,71	-
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,60	1,08	–

$\Pi_{см}$ – цена электродов/ электродной проволоки, за кг OK 46.00 Superarc L-56 СВ-08ГСМТ-О	133,00	125,00 280,00	–
Расчетная формула $C_{см} = g_{см} \cdot k_n \cdot \Pi_{см}$	$C_{см} = 0,8 \cdot 1,6 \cdot$ $\cdot 135 = 173$	$C_{см} = 0,8 \cdot 1,08 \cdot$ $\cdot 125 = 108$	+65
	$C_{см} = 1,71 \cdot 1,6 \cdot$ $\cdot 130 = 356$	$C_{см} = 1,71 \cdot 1,08 \cdot$ $\cdot 280 = 517$	-161

Таблица 28 - Затраты на защитный газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в Ar/CO_2	
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	-	10,00	-10,00
t_0 - основное время на сварку, мин/м	-	17,00	-
l - длина сварного шва, м/издел	-	5,10	-
$\Pi_{газ}$ - цена за единицу газа, руб/л Аргон (Ar) Углекислый газ (CO_2)	-	0,1 0,033	-
Расчетная формула $C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{газ}$	-	115,00	-115,00

Таблица 29 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменен ие затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000	–
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мр} \approx 172$ часов/месяц	172	172	–
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	168	121	-
Расчетная формула $C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мр} \cdot 60}$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 168}{172 \cdot 60} = 651$	$C_3 = \frac{40000 \cdot 121}{172 \cdot 60} = 469$	+182

Изменение затрат произошло из-за штучно-калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 30 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30%	30%	–
C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих	651	469	–
Расчетная формула $C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 651}{100} = 195$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 469}{100} = 141$	+54

Изменение произошло из-за затрат на заработанную плату рабочих.

Таблица 31 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	РДС	сварка в CO_2	
U – напряжение, В	25,50	26,50	–
I – сила тока, А	125,00	150,00	–
t_o – основное время сварки, мин/м	25,00	17,00	–
l – длина сварного шва, м/изд	5,10	5,10	–
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,80	0,85	–
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	3,7	3,7	–
Расчетная формула $C_{эп} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}$	$C_{эп} = \frac{25,5 \cdot 125 \cdot 25 \cdot 5,1}{60 \cdot 0,8 \cdot 1000} \cdot 3,7 = 31 \text{ руб/изд}$	$C_{эп} = \frac{26,5 \cdot 150 \cdot 17 \cdot 5,1}{60 \cdot 0,85 \cdot 1000} \cdot 3,7 = 25 \text{ руб/изд}$	+6

Изменение затрат произошло из-за основного время сварки и сварочного тока.

Таблица 32 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб\изд
	РДС	сварка в CO_2	
C_j – цена оборудования соответствующего вида	77075	404300	–
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25	–
$t_{штк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	168	121	–
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч (в 2015 при 8 часовом р. д.)	1971	1971	–
k_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8	–
Расчетная формула $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{рем} \cdot t_{штк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = \frac{77075 \cdot 0,25 \cdot 168}{1971 \cdot 0,8 \cdot 60} = 34$	$C_p = \frac{404300 \cdot 0,25 \cdot 121}{1971 \cdot 0,8 \cdot 60} = 129$	-95

Изменение затрат произошло из-за количества видов оборудования, используемого для выполнения операций технологического процесса сварки, цены оборудования соответствующего вида и штучно – калькуляционного времени на выполнение операции. [32]

Таблица 33 – Результаты расчетов

Наименование	РДС	сварка в CO_2	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы			
Электродная проволока	-	351	-351
Электроды	532	-	+532
Углекислый газ	-	115	-115
2. Основная зарплата	651	469	+182
3. Социальные цели	195	141	+54
4. Электроэнергия	31	25	+6
5. Ремонт	34	129	-95
Итого	1443	1230	+213

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки [32]:

$$Q_{\Gamma} = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{ШК_{\Gamma\Gamma}}}, \quad (24)$$

где $t_{ШК_{\Gamma\Gamma}}$ – норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд.

$$Q_{\Gamma} = \frac{1971 \cdot 0,8 \cdot 60}{121} = 782 \text{ ед/руб.}$$

Годовой экономический эффект от применения механизированного сварки в углекислом газе можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \times \overline{\Delta c} = 782 \times 213 = 166566 \text{ руб/год} \quad (25)$$

где $\overline{\Delta c}$ – изменение затрат руб\изд;

Итак, более выгоден второй вариант, то есть сварка в углекислом газе. Этот вариант нам обходится дешевле на 213 руб/изд и годовой экономический эффект от применения данного варианта составляет 166566 руб/год.

11.8 Экономическая оценка эффективности инвестиций

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 РДС применяется, а предлагается механизированная сварка в среде углекислого газа. [32]

Необходимо оценить экономическую выгоду данного предложения с учётом полученных инвестиций. Когда возникает вторая ситуация, то появляется необходимость в инвестициях. Экономическая эффективность предлагаемых решений будет сводится 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;
- 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 $NPV > 0$. [32]

Количественно показатель NPV может быть установлен по формуле:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{\text{ч}_t} + \Delta C_{a_t})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (26)$$

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

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

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

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

i – ставка дисконтирования, учитывающая плату за привлечение финансовых ресурсов (в дипломной работе в качестве источника финансирования можно предусмотреть собственные средства предприятия, для которых ставка дисконтирования равна примерно 10%). [32]

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

$$\Delta\Pi_{\text{ч}_t} = \left(\overline{\Delta C}_t \cdot Q_{\Gamma_t} - \Delta C_{a_t} \right) \cdot (1 - N_{\text{пр}}), \quad (27)$$

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

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

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

$N_{\text{пр}}$ – ставка налога на прибыль ($N_{\text{пр}} = 20 \%$).

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

$$\Delta C_{a_t} = C'_{a_t} - C''_{a_t}, \quad (28)$$

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

Поскольку для сварочного оборудования срок полезного использования устанавливается в интервале 5–7 лет, то можно предположить, что по существующему процессу основные средства себя полностью самортизировали, т.е. $C'_{a_t} = 0$. [32]

Затраты на амортизацию оборудования

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j}{T_{\text{пи}}} \quad (29)$$

где Π_j – цена оборудования соответствующего вида;

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

$$C_a = 404300/5 = 80860 \text{ руб/год.}$$

Расчет чистой текущей стоимости представим в виде таблицы 39.

Таблица 34 – Расчет чистой текущей стоимости

Наименование показателей	Расчетный период, годы					
	0	1	2	3	4	5
1. Коэффициент загрузки, k_z	0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
2. Годовой объем производства Q_r , ед/год	0	489	586	684	782	977
3. Удельная экономия на текущих издержках $\overline{\Delta C_t}$, руб./ед	0	213	213	213	213	213

Продолжение таблицы 34

4.Годовая экономия на текущих издержках, руб/год (C2·C3)	0	104157	124818	145692	166566	208101
5.Амортизация ΔC_a , руб./год	0	80860	80860	80860	80860	80860
6.Изменение годовой прибыли (C4-C5), руб/год	0	23297	43958	64832	85706	127241
7.Налог на прибыль (20% от C6), руб./год	0	4659	8792	12966	17141	25448
8.Изменение чистой прибыли, руб./год (C6 – C7)	0	18638	35166	51866	68565	101793
9.Чистый денежный поток от операционной деятельности, руб/год (C5+C8)	0	99498	116026	132726	149425	182653
10.Инвестиции, руб.	-404300	-	-	-	-	-
11.Коэффициент дисконтирования, при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
12.Дисконтированный денежный поток (C9 и C10)C11	-404300	90443	95838	99677	102057	113427
13.Накопленный дисконтированный денежный поток	-404300	-313857	-218019	-118342	-16285	97143

Чистая текущая стоимость равняется

$$NPV = \left[\frac{90443}{(1+0,1)^1} + \frac{95838}{(1+0,1)^2} + \frac{99677}{(1+0,1)^3} + \frac{102057}{(1+0,1)^4} + \frac{113427}{(1+0,1)^5} \right] - 404300 = 97143 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости осуществляем по формуле:

$$n_{ок} = n + (D_n / D_{n+1}), \quad (30)$$

где n – расчетное значение срока окупаемости;

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.

$$n_{ок} = 4 + (16285/113427) = 4,1 \text{ года.}$$

Расчет индекса доходности проведем по формуле:

$$PI = 1 + (NPV/I_0) = (97143/404300) + 1 = 1,3. \quad (31)$$

Формально проект признается эффективным, если $PI > 1.0$.

Построим график окупаемости.

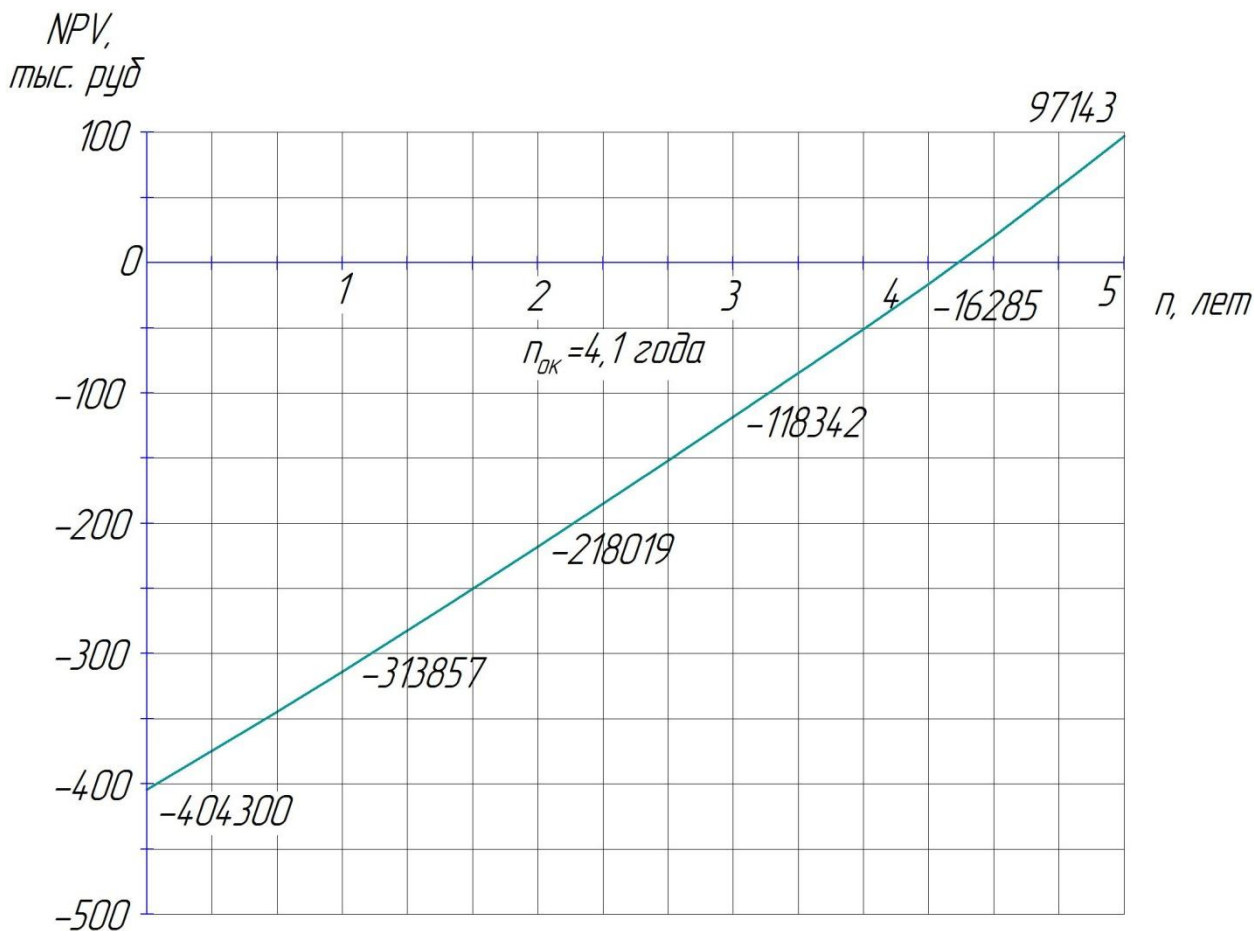


Рисунок 16 – График срока окупаемости инвестиционных затрат

Проведен технико–экономический анализ процесса изготовления узла специального трубопровода ручной дуговой сваркой и механизированной сваркой в среде углекислого газа и смеси газов.

По затратам на сварку изделия механизированная сварка более выгодна, чем ручная дуговая. Он нам обходится дешевле на 213 руб./изд.

Учитывая условия, когда ручная дуговая сварка имеется на предприятии, а механизированная сварка будет внедряться, такая ситуация

тоже выгодна. Так как срок окупаемости при ставке дисконтирования $i = 10\%$, $PP = 4,1$ года. Чисто текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет) высокие. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10\%$, $PI = 1,3$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение механизированной сварки выгодно.

12 Социальная ответственность

Все работы производились в закрытом помещении, производилась реконструкция канализационной насосной станции № 10 по ул. Б. Хмельницкого, 45 в г.Томске.

В данном разделе рассматриваются такие вопросы, как:

- анализ технологического процесса с точки зрения наличия или возможного появления опасных или вредных факторов, а так же их воздействия на рабочих при сварке;
- мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, направленные на снижение либо устранение опасных и вредных факторов;
- мероприятия противопожарной профилактики;
- экологическая безопасность;
- чрезвычайные ситуации.

12.1 Санитарно – гигиенические характеристики сварочного производства

Мощное ультразвуковое или световое излучение сварочной дуги при воздействии на глаза работающего может привести к воспалительному заболеванию глазного яблока (электроофтальмия), при длительном воздействии - к поражению клетчатки глаз (конъюнктивит). Инфракрасные коротковолновые лучи могут вызвать хроническое заболевание - помутнение хрусталика глаза (катаракта). Вредные воздействия лучей сварочной дуги на органы зрения оказывают влияние в радиусе до 10 метров [25].

Кожу защищают обычной рабочей одеждой, лицо и часть шеи - щитком или шлемом. Глаза защищаются специальными темными стеклами - светофильтрами, которые вставляют в щиток или шлем. Эти стекла совсем не пропускают ультрафиолетовые лучи, а инфракрасные пропускают в пределах от 0,1 до 4%, что не оказывает вредного влияния на зрение сварщика.

При заболевании глаз от световой радиации, необходимо немедленно обратиться к врачу, а при невозможности получения быстрой медицинской помощи следует делать примочку глаз слабым раствором пищевой соды.

Помимо ожогов лучами электрической дуги, сварщику могут быть причинены ожоги брызгами расплавленного металла. Чтобы избежать ожогов, необходимо надевать рабочую одежду из плотной брезентовой материи. Одежда не должна иметь складок. Брюки надо носить только на выпуск, чтобы они закрывали ботинки. Чтобы предотвратить прожигание спецодежды брызгами расплавленного металла, ткань пропитывается специальными составами, повышающими ее огнестойкость.

При выполнении сварочных работ в результате выгорания обмазки электрода и элементов легирования повышается загазованность рабочего места для предотвращения этого необходимо устанавливать устройства вытяжной вентиляции в зоне дыхания сварщика. Выбрасывать воздух нужно за пределы рабочих зон. Для удаления газов и пыли применяется как местная вентиляция рабочего места, так и приточно-вытяжная вентиляция всего помещения. Приточный воздух должен поступать рассеяно в рабочую зону помещений, в основном на не сварочные участки, а также там, где вытяжная вентиляция осуществляется посредством местных отсосов. Скорость движения воздуха, на рабочих местах должна быть не более 0,3 м/с [25].

Для обезжиривания металла и сварочных материалов от масляных загрязнений не следует применять трихлорэтилен, дихлорэтан и другие хлорированные углеводороды, так как при соединении их с азотом, присутствующим в атмосфере при дуговой сварке, может образовываться удушливый газ (фосген).

12.2 Освещение

Проектирование, устройство и эксплуатация освещения должны выполняться в соответствии с требованиями санитарных правил, действующих СНиП II-A.9-71 [17], а так же правил устройства электроустановок/

Во всех производственных помещениях, в которых постоянно пребывает человек, должно быть предусмотрено естественное освещение. Основная задача освещения – создание наилучших условий для видения. В действующих нормах проектирования помещений СНиП II-4-79 [18], задаются как количественная, так и качественная характеристика искусственного освещения.

При определении норм освещенности следует учитывать ряд условий вызывающих необходимость повышения уровня освещенности выбранного по точности зрительной работы. Допустимые коэффициенты пульсации в зависимости от системы освещения и характера выполняемой работы не должна превышать 10-20 % [26]. Цветовая отделка интерьеров помещений и оборудования в сварочных цехах должна соответствовать указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

12.3 Шумы и вибрации

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83* [19] и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [20].

Нормируемыми параметрами шума являются уровни в децибелах среднеквадратичных звуковых давлений, измеряемых по линейной характеристике шумомера в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 2000, 4000 и 8000 Гц [26].

Борьбу с вибрациями желательно проводить в источнике их возникновения при конструировании и изготовлении машин и оборудования. Снижение уровня вибраций может быть достигнуто виброгашением, которое чаще реализуется путем установки вибрирующих агрегатов на самостоятельные виброгасящие основания (фундамент). Также используется

динамическое гашение колебаний, вибродемпфирование и изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций [26].

На рабочем месте сварщика шумящее оборудование:

- сварочные автоматы;
- стенд для сборки и сварки;
- кран – балка;
- отрезной инструмент.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром. Уровень звукового давления ~ 74 дБА, что не превышает норм 80 дБА (по ГОСТ 12.1.003–83) [19].

12.4 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция

Нормы производственного микроклимата установлены систем» стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [21]. В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производственной работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения. В таблице 35 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей [28].

Таблица 35- Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

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

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [21] предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать величин, указанных в таблице 35.

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

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 36 [28].

Таблица 36 - Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс	V, м/с
Сварка ручная	>0,5
Сварка в защитных газах	<0,3

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшиеся количество вредных веществ (10 - 20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции [28].

В нашем случае рабочее место сварщика по ПДК, относится к 2 классу опасности.

12.5 Электробезопасность

Причины и практические условия возникновения электропоражений, несмотря на их значительное количество, можно объединить в следующие 5 групп:

- прикосновение к оголенным токоведущим частям, находящимся под напряжением. При этом следует отличать проводящую часть электроустановки от ее токоведущей части. Проводящая часть – часть электроустановки, которая может проводить электрический ток. Токоведущая часть – проводящая часть электроустановки, находящаяся в

процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник;

- прикосновение к корпусам электрооборудования и конструктивно связанных с ними металлическим предметам и сооружениям, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним вследствие повреждения изоляции проводов (кабелей). Указанные корпуса и металлические предметы в соответствии с терминологией, принятой в ПУЭ, относятся к открытым проводящим частям (ОПЧ). Открытая проводящая часть – доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции. Открытую проводящую часть электроустановки не следует смешивать с понятием сторонняя проводящая часть, т. е. проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки;

- прикосновение к отключенному, но электрически заряженному оборудованию (к конденсаторам, кабелям и т. п.);

- нахождение в недопустимой близости от места замыкания провода (кабеля) на землю. Например, к оборванному проводу, одним концом лежащему на земле, запрещается приближаться на расстояние менее 8 м во избежание попадания под шаговое напряжение;

- все поражения, связанные с действием электрической дуги и продуктов ее сгорания, а также с влиянием электрических и магнитных полей повышенной напряженности.

Сварщику на своем рабочем месте приходится работать с оборудованием, находящимся под напряжением 220 В и 380 В частотой 50 Гц, поэтому возникает опасность поражения электрическим током. В нашем случае, это сварочный аппарат, УШМ, автоматы для сварки – все это представляет потенциальную угрозу для человека. Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79 [22].

Основными условиями, обеспечивающими устранение электротравм являются:

- а) правильное устройство электроустановок;
- б) обученность электроперсонала;
- в) соблюдение правил по безопасному обслуживанию электроустановок;
- г) надзор за производством работ в электроустановках.

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо следовать следующим правилам техники безопасности:

- необходимо надежно заземлять корпуса источников питания и установок, а также свариваемое изделие;
- запрещено касаться голыми руками (без диэлектрических перчаток) токонесущих частей сварочных установок, а также проводов без изоляции или с поврежденной изоляцией;
- перед началом работ необходимо проверять исправность изоляции сварочных проводов, сварочного инструмента и оборудования, а также надежность всех контактных соединений сварочной цепи;
- при длительных перерывах сварочного процесса источник сварочного тока следует отключать;
- при прокладке сварочных проводов и при каждом их перемещении не допускать: повреждения изоляции, соприкосновения проводов с водой, маслом, стальными канатами, рукавами (шлангами) и трубопроводами с горючими газами и кислородом, а также с горячими трубопроводами;
- нельзя ремонтировать сварочное оборудование и установки, находящиеся под напряжением;
- сварщик не должен самостоятельно подключать источник питания сварочной дуги к силовой сети, или производить в ней ремонт, связанный с работой источника питания. Все эти работы выполняют только электрики цехов.

Все электрооборудование сварочных цехов и участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ). [21] Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок [28]. Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение.

В случае поражения сварщика электрическим током необходимо срочно отключить ток ближайшим выключателем или отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя сухие подручные материалы (шест, доску и др.). После этого положить его на теплую подстилку и по возможности согреть. Немедленно вызвать медицинскую помощь, учитывая, что промедление свыше 5-6 минут может привести к непоправимым последствиям. При бессознательном состоянии пострадавшего следует освободить от стесняющей одежды и немедленно приступить к искусственному дыханию, также необходимо находиться рядом с пострадавшим до прибытия врача.

Помещения по электробезопасности подразделяются на 3 группы [29]:

1. Помещение без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18—20°, с влажностью 40—50%.

2. Помещение с повышенной опасностью (где имеется один из следующих признаков: повышенная температура, влажность 70—80%, токопроводящие полы, металлическая пыль, наличие заземления, большого количества оборудования).

3. Помещения особо опасные, в которых имеется наличие двух признаков из второй группы или имеются в помещении едкие или ядовитые взрывоопасные вещества.

В нашем случае помещение для сварщика относится к 2ой группе электробезопасности, так как на производстве имеются перечисленные факторы опасности.

12.6 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 60x10 мм.

Оборудование работает под напряжением 380 вольт. По таблице 1 [27] определяем для нашего случая по нормам допускаемого сопротивления заземлителей 4 Ом, а по таблице 4 [27] удельное сопротивление грунта (суглинок) составляет $\rho_t = 10^4$ Ом.

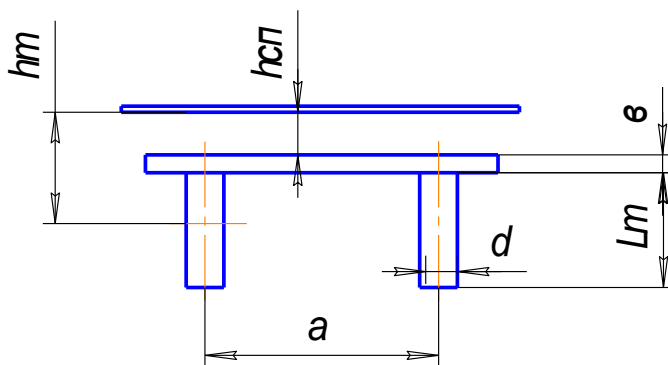


Рисунок 17 - Схема заземления ($h_m = 2,5$ м; $h_{сп} = 0,8$ м; $L_m = 3,5$ м; $d = 0,1$ м; $a = 9,8$ м).

Учитывая возможность промерзания грунта зимой и просыхания летом, определяем расчетное значение ρ_z и ρ_h (Ом·см) при использовании трубчатых заземлителей и стальной полосы. Коэффициенты K_z и K_h берем из таблицы 5 [27] для соответствующей климатической зоны.

$$P_3 = \rho_T \times K_3 = 1 \times 10^4 \times 1,9 = 1,9 \times 10^4. \quad (32)$$

$$P_H = \rho_H \times K_H = 1 \times 10^4 \times 4,5 = 4,5 \times 10^4. \quad (33)$$

Определяем величину сопротивления растекания тока от одной забитой в землю трубы в соответствии с изложенным в [27].

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \times \pi \times L_m} \left(\ln \frac{2 \times L_m}{d} + 0,5 \times \ln \frac{4 \times H_m + L_m}{4 \times H_m - L_m} \right), \quad (34)$$

где L_m – длина электрода, см;

d – диаметр электрода, см;

H_m – глубина заложения, см.

Подставляем значения в формулу (34) и получаем:

$$R_3 = \frac{1,9 \times 10^4}{2 \times 3,14 \times 350} \left(\ln \frac{2 \times 350}{10} + 0,5 \times \ln \frac{4 \times 250 + 350}{4 \times 250 - 350} \right) = 370 \text{ м.}$$

Определяем потребное число заземлителей (шт.) в соответствии с изложенным в [27]:

$$n = \frac{R_3}{r_3} = \frac{37}{4} = 9,2, \quad (35)$$

где r_3 – допускаемое сопротивление, Ом.

Принимаем количество труб $n = 9$ шт.

Определяем сопротивление соединительной полосы (Ом) [27]:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \times \pi \times L_n} \times \ln \frac{2 \times L_n^2}{h \times \tilde{a}} = \frac{4,5 \times 10^4}{2 \times 3,14 \times 7600} \times \ln \frac{2 \times 7600^2}{80 \times 6} = 11,2. \quad (36)$$

Результирующее сопротивление системы заземления определяется по формуле

$$R_c = \frac{R_3 \times R_n}{R_3 \times \eta_3 + R_n \times \eta_n \times N}, \quad (37)$$

где η_3 – коэффициент использования электродов, $\eta = 0,76$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,82$.

Тогда с учетом всех значений получаем:

$$R_c = \frac{37 \times 11,2}{37 \times 0,76 + 11,2 \times 0,82 \times 9} = 3,7.$$

Проверка: $R_c < r_3$

$R_c = 3,7 \text{ Ом} < r_3 = 4 \text{ Ом}.$

Таким образом, рассчитано требуемое количество электродов, при общем сопротивлении защитного заземления, не превышающего допустимого по нормам.

12.7 Пожарная безопасность

Причиной возникновения пожаров в сварочных цехах машиностроительных предприятий:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования;
- искры;
- неисправность запорной арматуры и отсутствие заглушек на аппаратах и трубопроводах;
- реконструкция установок с отклонением от технологических схем;
- самовозгорание промасленной ветоши и других легко-воспламеняющихся материалов.

Основы противопожарной защиты предприятий определены стандартами:

ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность. Общие требования» [23]. Этими стандартами возможная частота пожаров и взрывов допускается такой, чтобы вероятность их возникновения в течении года не превышала 10^{-6} , в соответствии с изложенным в [26].

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Пожарная безопасность объекта регламентируется, строительными нормами и правилами, межотраслевыми правилами пожарной безопасности. Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защитой. Понятие профилактики включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для предотвращения пожара или уменьшение его последствий. В сварочном производстве в цехах сборные конструкции выполняют из негорючего материала и трудногорючего. Здания

в сварочном производстве относятся по второй степени огнестойкости сооружений к категории «Г» [26].

Для быстрой ликвидации пожара нормами первичных средств пожаротушения сварочного цеха каждые 200 м² предусматривают один огнетушитель ОУ – 2, ящик с песком емкостью 0,5 м³ и две лопаты. Пожарные краны, стволы и другие средства пожаротушения должны содержаться в исправности и находиться в определенных местах.

12.8 Охрана окружающей среды

Окружающая нас природа изменяется в результате человеческой деятельности. С ростом объектов промышленного производства существенно изменяется состав атмосферы, существует опасность глобального потепления климата, разрушается озоновый слой.

Мероприятия по повышению экологической чистоты можно разделить на следующие группы:

- охрана и рациональное использование водных ресурсов;
- охрана и рациональное использование воздушного бассейна.

Первая группа мероприятий направлена на создание сооружений по очистке сточных вод, систем оборотного водоснабжения.

Вторая группа мероприятий связана с сооружением установок для электрической и химической очистки газов, с обработкой и внедрением пылеуловителей, утилизаторов отходов, а так же различного вида установок для вторичного использования отходов производства. Проектируемые и внедряемые в сварочное производство машины, оборудования, технология не должны в процессе эксплуатации вызывать вредные экологические последствия. При разработке и внедрении технологических процессов предпочтения должны отдаваться безотходным технологиям [29].

12.9 Чрезвычайные ситуации

Главная задача при чрезвычайных ситуациях – защита населения от возможных средств поражения. Выполнение этой задачи достигается

укрытием населения в защитных сооружениях, эвакуацией из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

В современных условиях защита осуществляется путем проведения комплекса мероприятий включающих в себя три способа защиты:

- укрытие людей в защитных сооружениях;
- рассредоточения и эвакуация;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;

Радиоактивное заражение местности, воды и воздушного пространство возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва. Местность считается зараженной при уровне радиации от 0,5 р/час и выше. Заражение предметов, техники и кожных покровов человека измеряется в миллирентгенах в час. Характерной особенностью радиоактивного взрыва является то, что постоянно происходит спад радиации во времени вследствие распада радиоактивных веществ выпавших при ядерном взрыве. Заражения человека радиоактивными веществами ведет к облучению, которое может вызвать лучевую болезнь.

На промышленных объектах здания могут обеспечивать частичную защиту от радиации в случае заражения местности и воздуха.

Предельно допустимая величина зараженности оборудования – 200млр./час [29]. При таком заражении можно пользоваться оборудованием, не подвергаясь опасности поражения.

Дезактивация – это удаление радиоактивных веществ с зараженных объектов, а так же очистка от радиоактивных веществ: воды, пищевых продуктов и т.д. Дезактивация проводится в тех случаях, когда степень заражения превышает допустимые пределы. Дезактивацию территории проводят следующими способами:

- сметанием радиоактивных веществ подметально-уборочными машинами с участков, имеющих стальное или бетонное покрытие;
- смыванием пыли;

- срезанием зараженного слоя грунта толщиной 5 - 10 см;
- засыпкой зараженных участков территории незараженным грунтом слоем 8 – 10 см;
- в зимнее время дезактивацию проводят, убирая снег и лед.

В цехах промышленных предприятий и гаражах, имеющих водостоки и цементный пол, дезактивация проводится обмыванием водой потолка, стен и пола. Станки и оборудование дезактивируются водой или мыльно – содовым раствором, а смазанные части – керосином или бензином, полнота дезактивации проверяется радиометром (внутри не выше 90 мкр/час). Если степень заражения превышает 200 мкр./час, то проведение дезактивации обязательно [29].

При проектировании новых цехов необходимо предусмотреть строительства убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно – техническими приборами, а так же средствами очистки воздуха от отравляющих веществ и биологических аэрозолей. В убежище необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, фильтровентиляционную камеру, медицинскую камеру, санитарные узлы, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход. Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления предприятия и репродуктор, подключенный к городской сети. Канализация и водоснабжение убежища осуществляется на базе городских сетей. В убежищах должно предусматриваться отопление.

В мирное время предусматривается использование убежища под учебный пункт гражданской обороны. Перевод таких помещений на режим чрезвычайных ситуаций должен осуществляться в кратчайший срок [29].

12.10 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Требования по охране труда при эксплуатации магистральных трубопроводов определяются законом «Об основах охраны труда в РФ»,

«Законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов», другими действующими законодательными актами РФ и субъектов РФ, правилами, решениями и указаниями органов государственного надзора, Министерства и ведомства (компании).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

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

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

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

Обслуживание и ремонт технических средств магистрального трубопроводов должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации. Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, была разработана технология сборки и сварки узла специального трубопровода.

В результате исследования и сравнения приемлемых способов сварки была произведена замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную плавящимся электродом методом STT в углекислом газе для корня шва и механизированную плавящимся электродом в смеси газов (82%Ar+18%CO₂).

Также в результате работы были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор сварочного оборудования. Спроектировано приспособление позволяющее выполнять сборку и сварку заготовок в нижнем поворотном положении.

Экономическая эффективность процесса сварки определяется малым сроком окупаемости $PP=4,1$ года. Чисто текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет) высокие. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10 \%$, $PI = 1,3$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

По результатам полученных показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение технологии механизированной сварки в защитных газах предпочтительней не только с экономической точки зрения затрат, но и с точки зрения самого процесса сварки.

Список используемых источников

- 1 Э.Л. Макаров. Сварка и свариваемые материалы. М.: Металлургия, 1991. – 527с.
- 2 И. Гривняк. Свариваемость сталей. М.: Машиностроение, 1984.- 215с.
- 3 РД 153-006-02 Инструкция по технологии сварки при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов
- 4 РД 153-39.4-056-00 Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов
- 5 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.
- 6 Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. -432 с.
- 7 Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
- 8 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.1/ Под ред. Н.А.Ольшанского. 1978. 504с., ил.
- 9 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
- 10 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. 462с., ил.
- 11 СТО Газпром 2-2.2-136-2007 Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов. Часть I.
- 12 ГОСТ 8639-82 Трубы стальные квадратные. Сортамент

- 13 ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая.
Технические условия
- 14 ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов.
Основные типы, конструктивные элементы и размеры
- 15 СНиП 3.05.04-85 Наружные сети и сооружения
водоснабжения и канализации
- 16 ГОСТ 15150-69 Климатические исполнения
- 17 СНиП II-A.9-71 Строительные нормы и правила. Часть II, раздел А.
Глава 9. Искусственное освещение. Нормы проектирования"(утв. Госстроем
СССР 29.06.1971)
- 18 СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение. Дата
актуализации: 01.11.2014
- 19 ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности
- 20 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,
общественных зданий и на территории жилой застройки
- 21 ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к
воздуху рабочей зоны
- 22 ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и
номенклатура видов защиты
- 23 ГОСТ 12.1.010-76 Взрывобезопасность. Общие требования
- 24 Белов С.В. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая школа, 1983. – 264 с.
- 25 Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических
установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.
- 26 Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных
ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. – 376 с.
- 27 Елгазин В.И. Расчет защитного заземления.
- 28 Охрана труда в машиностроении // Под ред. Е.Я. Юдина.- М.:
Машиностроение, 1983. – 432 с.
- 29 Безопасность производственных процессов: справочник. С.В. Белов,
В.Н. Бринза и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.

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

31 Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.

32 Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.