

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в  
машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технология сварки тройника при проведении ремонтно-восстановительных работ на трубопроводах систем водоснабжения

Студент

А.Р. Мамитов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

В качестве цели выпускной квалификационной работы назначено повышение производительности, качества и улучшение условий труда при ремонтной сварке элементов трубопроводов систем водоснабжения.

В процессе выполнения выпускной работы поставлены и решены задачи:

- взамен применяемого на предприятии выбран способ сварки, обеспечивающий достижение цели работы;
- разработан технологический процесс, основанный на предлагаемом способе сварки;
- выполнена оценка предлагаемые технологические решений на предмет экологической безопасности и охраны труда, предстоит назначить средства и мероприятия по обеспечению установленных нормативов по безопасности технологических процессов для персонала и окружающей среды;
- выполнены экономические расчёты по затратам на осуществление базовой и проектной технологий, на основании которых следует сделать вывод о экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе.

Пояснительная записка содержит 66 стр., 13 рисунков, 20 таблиц.

Выполнен анализ условий эксплуатации элемента трубопровода систем водоснабжения. Анализ применяемого на предприятии технологического процесса позволил выявить его недостатки к числу которых следует отнести низкую степень механизации и автоматизации. Результатом анализа стал выбор способа сварки и разработка технологического процесса механизированной сварки изделия. Спроектирована необходимая оснастка обеспечивающая фиксацию элементов трубопровода при выполнении сварочных работ. Анализ мероприятий по защите рабочих и окружающей среды от сопутствующих выбранному способу опасных и вредных факторов показал что уже применяемые на участке средства защиты вполне достаточны. Ожидаемый экономический эффект составит 73860 рублей.

## Содержание

Введение.....	5
1 Описание назначения, конструкции и технических характеристик сварного узла.....	6
1.1 Описание узла трубопровода водоснабжения .....	6
1.2 Описание материала изделия (отдельных деталей узла).....	7
1.3 Описание базового технологического процесса сборки-сварки узла трубопроводов.....	11
1.4 Выявление существенных недостатков технологического процесса и конструкции изделия, по результатам конструктивно-технологического анализа .....	18
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.....	19
2 Разработка проекта технических решений по улучшению базового технологического процесса сборки-сварки изделия .....	20
2.1 Выбор способа сварки .....	20
2.2 Выбор присадочных материалов и обоснование режимов сварки.....	27
2.3 Выбор сварочного оборудования для проектной технологии .....	28
2.4 Выбор сборочного и вспомогательного оборудования для проектной технологии сварки .....	32
2.5 Разработка технологического процесса изготовления изделий по проектной технологии .....	33
2.6 Технологические сборочные операции .....	34
2.7 Технологические сварочные операции .....	35
2.8 Контрольные операции .....	35
3. Безопасность и экологичность проекта .....	38
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	38
3.2 Идентификация профессиональных рисков .....	40
3.3 Меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов .....	41

3.4 Пожарная безопасность на производстве.....	43
3.5 Экологическая безопасность проектной технологии.....	45
4. Экономическая часть проекта.....	48
4.1 Исходные данные для экономического расчета.....	48
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	50
4.3 Определение годовой программы и коэффициента загрузки.....	52
4.4 Расчет заводской себестоимости сварки по сравниваемым вариантам.....	53
4.5 Определение затрат на закупку нового оборудования.....	57
4.6 Показатели экономической эффективности разрабатываемой технологии.....	59
Заключение.....	62
Список используемой литературы и используемых источников.....	64

## Введение

Проведение ремонтных работ на трубопроводах водоснабжения характеризуется высокой трудоемкостью. Работы приходится выполнять в полевых условиях, при минимуме средств механизации. При этом даже незначительные перерывы в водоснабжении болезненно отражаются на потребителях, в числе таковых могут быть и промышленные предприятия, для нормального функционирования которых необходима вода. Возможен вариант оставить без воды, допустим, больницу.

Повышение производительности может быть достигнуто путем переноса некоторых сварочных операций в стационарные условия. Понятное дело, что сварка труб должна выполняться «по месту», трубу следует подогнать под соединяемый трубопровод, обрезать и только после этого выполнить сварные швы.

На производственных участках есть возможность применить специализированные устройства для фиксации в заданном положении соединяемых сваркой деталей. За счет этого повышается производительность труда. Не требуется дополнительное участие второго рабочего, для удержания в требуемом положении деталей. Повышается стабильность процесса сварки, качество сварных соединений. Обеспечивается защита сварочной ванны и дуги от хаотичного перемещения воздушных масс, не требуются инвентарные укрытия. Да и сварщику приходится выполнять сварные соединения в более комфортных условиях. На территории производственного участка сварщик защищен от осадков, у него есть возможность в спокойной обстановке выполнять сварные соединения.

Таким образом, следует сформулировать цель выпускной квалификационной работы следующим образом: повышение производительности качества при сварке узла трубопровода систем водоснабжения.

# **1 Описание назначения, конструкции и технических характеристик сварного узла**

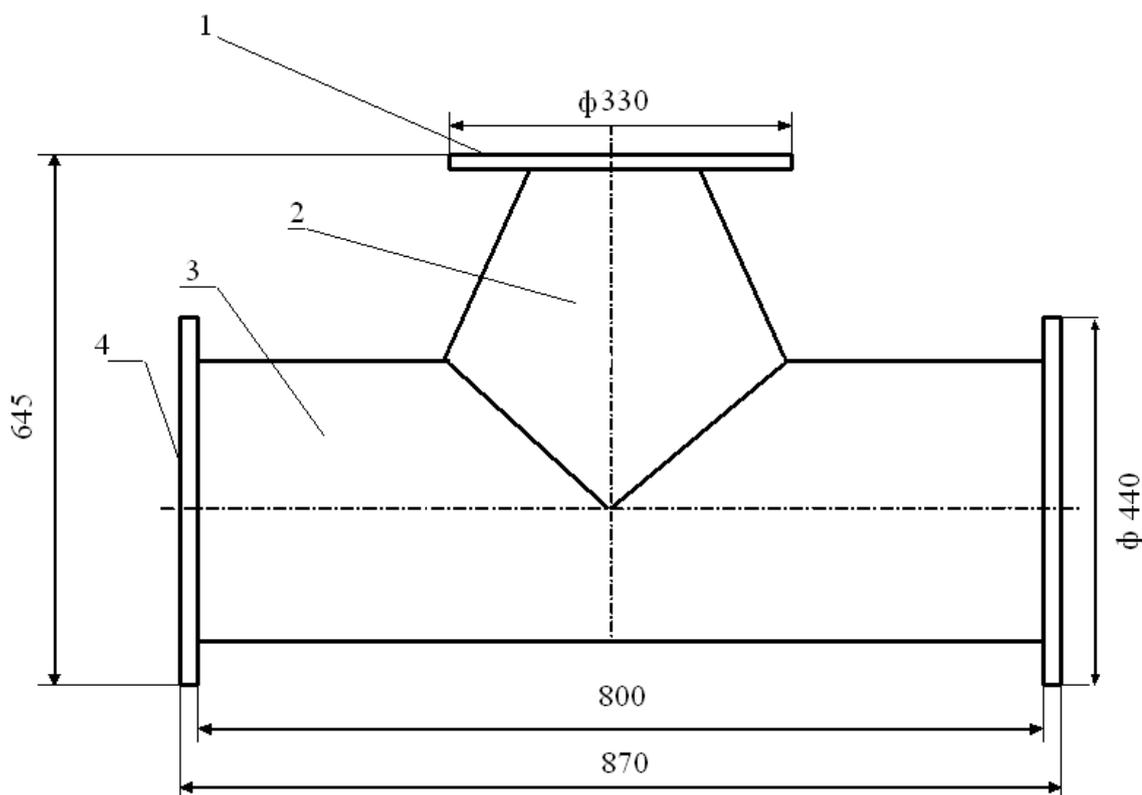
## **1.1 Описание узла трубопровода водоснабжения**

В выпускной квалификационной работе рассмотрим конструкцию узла трубопровода систем водоснабжения. Для изготовления металлоконструкции и деталей применяют углеродистую сталь обыкновенного качества с содержанием до 0,25 % С [8].

Узел трубопровода состоит из нескольких деталей, рисунок 1:

- малый фланец;
- переход;
- труба стальная, электросварная, прямошовная;
- большой фланец.

Узлы трубопровода предназначены для дальнейшего соединения в основные магистральные трубы водоснабжения. На фланцевое соединение устанавливается пожарный гидрант для пожаротушения жилых домов, для промывки систем водоснабжения при аварийно-восстановительных работах и других назначений. Конструктивно таковой узел представляет из себя тройник, и состоит из такой детали как труба, к которой приварен переход, к переходу приварен малый фланец для присоединения переходника от пожарного гидранта. К трубе приварены большие фланцы для присоединения к магистральному трубопроводу, рисунок 1. Естественно, что магистральный трубопровод должен быть снабжен аналогичными по геометрическим характеристикам фланцами,



1. Малый фланец, 2. Переход, 3. Труба стальная, 4. Большой фланец.

Рисунок 1 – Узел трубопровода

## 1.2 Описание материала изделия (отдельных деталей узла)

Основными марками металла узлов трубопровода являются марки СтЗсп ГОСТ 380-2005, Ст20 ГОСТ 1050-88, Ст2пс ГОСТ 380-2005, Ст4пс 380-2005 из низкоуглеродистой стали обыкновенного качества каковая содержит до 0,25% углерода. Перечисленные стали содержат серу и фосфор в количестве, соответственно, 0,004, 0,005. Следовательно, относятся к сталям обыкновенного качества. Опишем химический состав, механические свойства и свариваемость стали по деталям узла трубопровода, таблица 1.

Таблица 1 – Химический состав и свариваемость углеродистой стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-2005, ГОСТ 380-88, ГОСТ 1050-88).

Марка стали	Химический состав стали, %					Свариваемость
	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера	
				не более		
Ст2пс	0,09-0,15	0,05-0,15	0,25-0,50	0,040	0,050	Сваривается без ограничений. Для толщины более 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термообработка.
Ст4пс	0,18-0,27	0,40-0,70	0,05-0,15	0,040	0,050	Сваривается ограниченно.
Ст3сп	0,14-0,22	0,15-0,30	0,40-0,65	0,040	0,050	Сваривается без ограничений. Для толщины более 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термообработка.
Ст20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,040	0,040	Сваривается без ограничений, кроме деталей после химико-термической обработки.

Механические свойства таких сталей характеризуются временным сопротивлением,  $\sigma_B$ , и пределом текучести  $\sigma_T$ . В таблице 2 укажем механические свойства перечисленных в таблице 1 ранее сталей.

Таблица 2 – Механические свойства углеродистых сталей обыкновенного качества.

Марка стали	Временное сопротивление $\sigma_B$ , кг/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $s_T$ , кг/мм <sup>2</sup> для толщин, мм, не менее			
		до 20	20-40	40-100	>100
Ст2пс	34-44	23	22	21	20
Ст4пс	42-54	27	26	25	24
Ст3сп	38-49	25	24	23	21
Ст20	46	28	28	28	24

Детали узла трубопровода. Труба стальная длиной 800 мм, диаметром 300мм, толщиной стенок 10 мм, электросварная, прямошовная со снятой фаской из стали марок Ст2пс, Ст4пс ГОСТ 380-2005, рисунок 2. Сталь обладает хорошей свариваемостью, применяется во всех отраслях металлообрабатывающей промышленности, машиностроении, систем водоснабжения, строительстве магистральных трубопроводов, строительстве газопроводов.

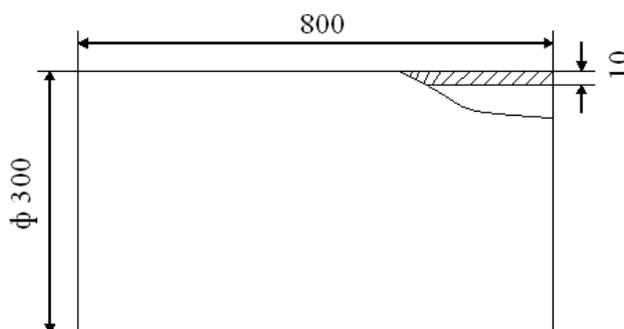


Рисунок 2 – Деталь узла трубопровода труба стальная.

Переход  $\phi 325 \times \phi 219$  толщиной стенок 8 мм, поставляется с завода изготовителя из стали марки Ст3сп ГОСТ 380-2005 со снятой фаской, применяется при строительстве трубопроводов водоснабжения, при АВР, при строительстве газопроводов, рисунок 3. Обладает хорошей свариваемостью.

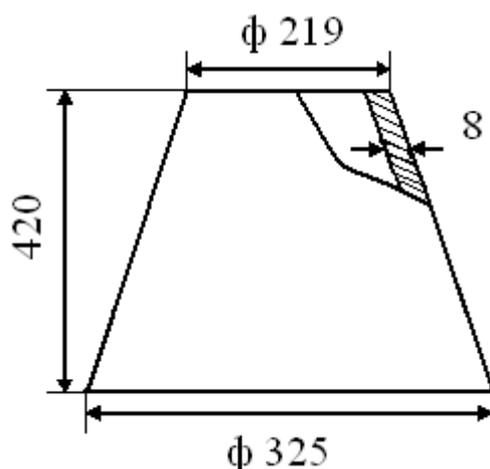


Рисунок 3 – Деталь узла трубопровода переход.

Фланец стальной литой  $\phi 330 \times \phi 200$  толщиной 25 мм,  $\phi 440 \times \phi 300$  толщиной 35 мм из стали Ст20 поставляется с завода изготовителя со снятой фаской, используется при АВР для соединения деталей узла трубопровода, водоснабжения, рисунок 4. ГОСТ 1050-88. Обладает хорошей свариваемостью.

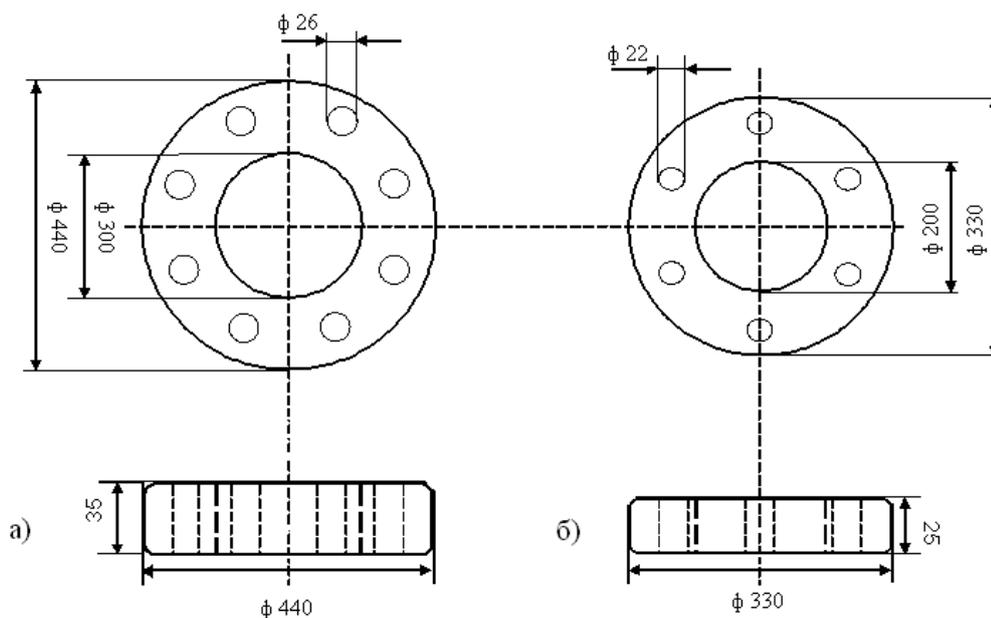


Рисунок 4 – Фланец: а)  $\phi 440 \times \phi 300$ , б)  $\phi 330 \times \phi 200$ .

Виды обработки: механическая обработка шлифовальной угловой машинкой МШУ-1-6-230, обработка подручными инструментами (молоток для обивки коррозии металла, нож, зубило для снятия изоляции узла трубопровода, металлическая щётка).

### **1.3 Описание базового технологического процесса сборки-сварки узла трубопроводов**

Рассмотрим изготовление узла трубопровода:

- фланца диаметром 330 мм и внутренним диаметром 200 мм толщиной 25мм;
- фланца диаметром 440 мм и внутренним диаметром 300 мм толщиной 35 мм;
- конического перехода диаметром 325 и меньшим диаметром 219мм, толщиной 8 мм;
- трубы стальной длиной 830мм, диаметром 300мм, толщиной 10мм.

Сварочное и газопламенное оборудование, применяемое для выполнения сварочных работ на опасных производственных объектах, подлежит обязательной аттестации согласно РД 03 – 614-03 [7].

Сварочное оборудование к числу которых следует отнести источники питания, полуавтоматы, сварочные агрегаты, необходимо обеспечить должны быть снабжены исправной контрольно-измерительной аппаратурой или другими устройствами, предусмотренными конструкцией данной установки [5].

При проведении сварочных работ используется сварочный агрегат постоянного тока.

Для выполнения сварочных, ремонтных, монтажных работ на предприятии используются оборудование:

- передвижной сварочный генератор марки ГД–4004 У2, соединенный с двигателем внутреннего сгорания марки Д144, установленный на тракторном прицепе 2ПТС-4-793А-03;

- резаки ацетилен-кислородные: РС-2А, РС-2А-Р, РС-2К, РС-3П-Р, РС-3П (У-М);

- баллоны: кислород и ацетилен;

- ручной инструмент: ключи, молотки, зубило, напильники, усилители и т.д.

Характеристики баллонов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные о баллонах, используемых при газопламенной обработке металла.

Газ	При температуре 20 °С		Цвет окраски	Текст надписи	Цвет надписи
	Состояние газа в баллоне	Предельное рабочее давление, кгс/см <sup>2</sup>			
Ацетилен	Растворенный	19	Белый	Ацетилен	Красный
Кислород		150	Голубой	Кислород	Чёрный

Перед использованием сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки и др.) должны быть проверены:

- трубы перехода фланца на соответствие требованиям;
- наличие сертификата (на электроды, проволоку), полнота приведенных в нем данных и их соответствие требованиям стандарта, технических условий или паспорта на конкретные сварочные материалы и быть аттестованы;
- наличие на каждом упаковочном месте (пачке, коробке, ящике, мотке, бухте и пр.) соответствующих этикеток (ярлыков) или бирок с проверкой полноты указанных в них данных;
- сохранность упаковок и самих материалов;

- стержень электрода или проволоки проводят стилоскопирование на подтверждение химического состава паспортным или сертификационным данным;

- с каждой партии берется 2 – 3 электрода и проводят испытания (характер горения электродов, равномерности сгорания обмазки, химический анализ наплавленного металла и т.д.) проверку проводит сварщик;

- для баллонов с газом – наличие документа, регламентированного стандартом на соответствующий газ [4].

При технологии сборки-сварки узла трубопровода руководствуются ГОСТом 16037-80 “Основные типы, конструктивные элементы и размеры”, таблица 4.

Таблица 4 – Сварное соединение узла трубопровода фланца с переходом, размеры приведены в мм

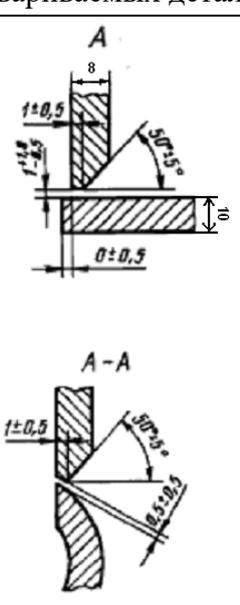
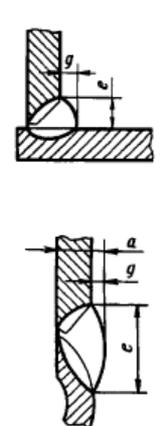
Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва	
У7			ЗП; Р

При этом выполняется ручная дуговая сварка по следующей технологии:

- способ сварки – РДСПЭ – ручная дуговая сварка покрытым электродом;
- основной металл – сталь марок Ст2пс, Ст4пс, Ст20, Ст3сп;

- соединение – угловое, вид разделки кромок – односторонняя со скосом одной кромки;
  - способ подготовки кромок – механический: резцом, фрезой с помощью станка или методом выбирания резакром. Следует отметить, что некоторые детали поставляются с уже подготовленными кромками [9].
- Разделка кромок для соединения трубы и перехода приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Сварное соединение детали с узлом трубопровода, ГОСТ 16037-80.

Условное обозначение сварного	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва	
У19			ЗП; ЗН; Р

Технологический процесс получения данного сварного соединения:

- способ сварки – РДСПЭ – ручная дуговая сварка покрытым электродом;
- основной металл – сталь марок Ст2пс, Ст4пс, Ст20, Ст3сп;
- соединение – угловое, вид разделки кромок – односторонняя со скосом одной кромки;
- способ подготовки кромок – механический: резцом, фрезой с помощью станка или методом выбирания резакром. Следует отметить, что некоторые детали поставляются с уже подготовленными кромками.

Предварительно подлежащие наложению сварных швов участки трубопровода защищают до металлического блеска на ширину 20 мм с наружной части и с внутренней стороны детали, считая от кромки разделки [3]. Собранные детали должны быть без заусенцев, резких переходов, острых углов.

Все местные уступы и неровности на кромках собираемых труб и препятствующих их соединению в соответствии с требованиями технических условий до сборки-сварки устранить с помощью абразивного круга, напильника, не допуская острых углов и резких переходов.

Перед процессом сварки проводим:

- разметку;
- врезку окружности в трубе трубопровода диаметром 280 мм ацетиленокислородной резкой;
- зачистку кромок до удаления следов огневой резки;
- разделку кромок; вырезку в переходе полуокружность ацетиленокислородной резкой;
- подгонку перехода к основной трубе трубопровода;
- зачистку кромок до удаления следов огневой резки;
- разделку кромок;
- зачистку кромок и прилегающие участки на ширину 20 мм до металлического блеска;
- установку фланца на универсальное сборочное приспособление;
- установку перехода на фланец.

Непосредственно процесс соединения деталей тройника сваркой состоит из следующих этапов:

- прихватка перехода на фланец равномерно по стыку I св 80-110 А, Уд 23-26 В. Длина прихваток 8-10 мм. Количество прихваток 6-8;
- зачистка прихваток;
- установка фланца на универсальное сборочное приспособление;
- установка трубы на фланец;
- прихватка равномерно по стыку I св 80-110 А, Уд 23-26 В;

- сборка трубы с переходом;
- прихватка равномерно по стыку I св 80-110 А, Уд 23-26 В.
- сварка корневого шва I св 120-140 А, Уд 23-26 В.
- заполнение разделки I св 160-180 А, Уд 23-26 В, длина дуги не более диаметра электрода (4мм), ширина валика не более 3 диаметров электрода, смещение точек начала и конца сварки каждого из слоев – 20-30 мм. Перед наложением каждого последующих слоев сварки необходимо тщательно удалить шлак.

Применяемые при изготовлении тройника сварочные материалы и оборудование:

- марка электрода АНО-4 (ГОСТ 9466-75), МР-3 (ГОСТ 9466-75), электроды с рутиловым покрытием – Р.
- сварочное оборудование – передвижной сварочный агрегат.

Завершающей операцией применяемого на предприятии технологического процесса является контроль качества. Операция контроля качества осуществляется согласно технической документации и требований к стыку.

Для организации контроля качества в ОАО «ТЕВИС» имеется служба технического контроля. Разработаны инструкции: «Положение о контроле качества», в котором изложены виды контроля, виды брака, взаимоотношения ТК с разными службами предприятия и действия контролера в различных ситуациях.

Контроль качества сварочных работ и сварных соединений трубопроводов выполняется путем:

- операционного контроля в процессе сборки и сварки трубопроводов 100%;
- внешнего осмотра сварных соединений и измерений размеров швов 100%;
- гидравлических испытаний 100%.

Испытания трубопроводов выполняются с соблюдением следующих основных требований:

- испытательное давление должно быть обеспечено в верхней точке (отметке) трубопроводов; температура воды при испытаниях должна быть не ниже 5 °С;
- при отрицательной температуре наружного воздуха трубопровод необходимо заполнить водой температурой не выше 70 °С и обеспечить возможность заполнения и опорожнения его в течение 1 ч;
- при постепенном заполнении водой из трубопроводов должен быть полностью удален воздух;
- испытательное давление должно быть выдержано в течение 10 мин и затем снижено до рабочего;
- при рабочем давлении должен быть произведен осмотр трубопровода по всей его длине [10].

Результаты гидравлических испытаний на прочность и герметичность трубопровода считаются удовлетворительными, если во время их проведения не произошло падения давления, не обнаружены признаки разрыва, течи или запотевания в сварных швах, а также течи в основном металле, фланцевых соединениях, арматуре, компенсаторах и других элементах трубопроводов, отсутствуют признаки сдвига или деформации трубопроводов и неподвижных опор [13].

Контроль качества сварочных работ и сварных соединений трубопроводов проводится на 100%, поскольку все соединения являются ответственными и по этому требования по контролю качества жесткие, поскольку нужна 100% гарантия качественно выполненной работы [11].

#### **1.4 Выявление существенных недостатков технологического процесса и конструкции изделия, по результатам конструктивно-технологического анализа**

«Большой объем сварочных работ выполняется в условиях открытых площадок, на монтаже. Сварочные работы составляют примерно 12—19% трудоемкости всех монтажных работ. Поэтому повышение уровня механизации процессов сварки в монтажных условиях весьма актуально» [12].

«Условия применения сварки на монтажных работах имеют ряд особенностей, ограничивающих возможность применения механизированных способов сварки. К числу этих особенностей относятся: невозможность кантовки конструкции, необходимость выполнения сварки швов, находящихся в различных пространственных положениях; трудность обеспечения стабильных условий сварки; сложные климатические условия и ряд других. Все это приводит к тому, что возрастает вспомогательное время на сварку, зачастую требуется принятие специальных мер защиты места сварки от ветра, дождя, снега и т. д. В связи с уникальностью и единичностью ряда объектов нецелесообразна во многих случаях разработка специальной аппаратуры для основных и вспомогательных операций» [14].

Сварка методом РСДПЭ характеризуется дешевым оборудованием, высокой маневренностью. К недостаткам метода следует отнести отсутствие стабильности состава и свойств наплавленного металла по длине шва. Кроме того, сварка методом РСДПЭ требует периодической смены электродов, а это чревато возникновением частых кратеров. Все перечисленное уменьшает производительность метода, и отсутствие нужного качества формирования шва.

В ходе проведения анализа технологического процесса сборки-сварки сделали следующие выводы:

- процесс сварки трудоемкий при существующем способе сварки;
- детали узла приходится поднимать и устанавливать вручную, что ухудшает условия труда;

- низкая производительность труда;
- низкий КПД оборудования, узкий диапазон регулирования режима сварки, низкая частота преобразования (50 Гц);
- затраты на ГСМ;
- большие потери электрической энергии в сварочных кабелях и соединительных элементах;
- большие потери на разбрызгивание сварочных электродов;
- требования высокой квалификации сварщика;
- крупногабаритность сварочного агрегата [17].

### **1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы**

Таким образом, с учетом информации перечисленной в разделе 1.4 достижение поставленной цели произойдет в случае решения ряда задач, которые необходимо будет решить при выполнении исполнительского раздела выпускной квалификационной работы:

- первой задачей является обоснование выбора способа ремонтной сварки тройника;
- второй задачей является построение проектной технологии ремонтной сварки тройника, для чего необходимо привести перечень операций, назначить параметры режима, выбрать основное и вспомогательное оборудование;
- необходимо будет оценить предлагаемые технологические решения на предмет экологической безопасности и охраны труда, предстоит назначить средства и мероприятия по обеспечению установленных нормативов по безопасности технологических процессов для персонала и окружающей среды;
- предстоит выполнить экономические расчёты по затратам на осуществление базовой и проектной технологий, на основании которых следует сделать вывод о экономической эффективности.

## 2 Разработка проекта технических решений по улучшению базового технологического процесса сборки-сварки изделия

### 2.1 Выбор способа сварки

Мероприятия по улучшению базового технологического процесса приведены в таблице 6 в соответствии с выявленными недостатками.

Таблица 6 – Перечень мероприятий

Элемент объекта	Недостатки элементов объекта	Устранение недостатков
Способ сварки	<ul style="list-style-type: none"><li>- процесс сварки трудоемкий.</li><li>- низкая производительность труда.</li><li>- Требования высокой квалификации сварщика.</li><li>- низкий КПД.</li></ul>	Выбор другого способа сварки (более производительного).
Сварочные материалы	<ul style="list-style-type: none"><li>- потери на разбрызгивание сварочных электродов.</li><li>- большие затраты времени на смену сварочного электрода.</li><li>- повышенные потери сварочных электродов (невозможность полного использования сварочного материала).</li></ul>	В зависимости от предыдущего пункта выбрать экономичные сварочные материалы, не требующие больших затрат.
Тип используемого оборудования для сварки	<ul style="list-style-type: none"><li>- низкий КПД.</li><li>- повышенные затраты на ГСМ.</li><li>- узкий диапазон регулирования режима сварки, низкая частота преобразования (50 Гц).</li></ul>	Выбор другого сварочного более производительного оборудования.

В первом разделе были описаны существенные недостатки способа ручной дуговой сварке.

Перечислим недостатки существующей базовой технологии:

- трудоемкий процесс сварки;
- низкая производительность труда;
- низкий КПД оборудования, узкий диапазон регулирования режима сварки, низкая частота преобразования (50 Гц);
- затраты на ГСМ;
- большие потери электрической энергии в сварочных кабелях и соединительных элементах;
- большие потери на разбрызгивание сварочных электродов;
- требования высокой квалификации сварщика;
- крупногабаритность сварочного агрегата [17].

В связи с этим было принято решение о замене способа сварки на более производительный и выбор в соответствии с новым способом сварки – сварочного оборудования.

Низколегированные стали обыкновенного качества обладают невысокой химической активностью. Для соединения таких сталей технологией сварки могут быть применены практически все известные способы сварки: сварка самозащитной порошковой проволокой, газовая сварка, ручная дуговая, сварка под флюсом, аргонно-дуговая сварка, дуговая сварка плавящимся электродом в активно-защитных газах, электроннолучевая сварка, термитная сварка, сварка сжатой дугой, газопрессовая сварка, термитно-прессовая сварка, точечно-контактная сварка, индукционная сварка, сварка трением, электрошлаковая сварка [16].

Критерий толщины свариваемого металла следует учитывать выбирая метод сварки. При сварке узлов трубопровода применяется сталь толщиной 8-10 мм. «Аргонодуговую сварку неплавящимся электродом рационально использовать для толщин не более 4 мм, а при больших толщинах рекомендуется использовать комбинированную сварку (т.е. корень шва

выполнить аргодуговой сваркой неплавящимся электродом, а заполнение разделки вести другим способом сварки). Газовую сварку рекомендуют использовать для толщин не более 5 мм» [22]. Сварка сжатой дугой рекомендуют применять при толщине металла  $s$  до 1 мм. Электрошлаковая сварка наоборот применяется при толщине металла  $s$  более 12 мм.

Таким образом, для условий указанных в задании на выпускную квалификационную работу подходят не все способы, выбранные по критерию химической активности материала.

По второму критерию нам подходят: сварка самозащитной порошковой проволокой, ручная дуговая, сварка под флюсом, дуговая сварка плавящимся электродом в активно-защитных газах, электроннолучевая сварка, термитно-прессовая сварка, индукционная сварка [15].

Все предыдущие способы сварки возможно применить для сварки швов с протяжённостью, конфигурацией или пространственным положением, указанным в задании на проектирование.

«На четвёртом этапе из перечня способов оставшихся после третьего этапа анализа исключаются способы, степень механизации которых не эффективна, или не позволяет использовать их в условиях производства сварной конструкции, указанных в задании на проектирование.

Для мелкосерийного, единичного или ремонтного производства рациональным является применение механизированных и ручных способов сварки» [23]. В нашем случае имеет место ремонтно-восстановительные работы, что исключает возможность использования термитно-прессовой сварки, индукционной сварки, электроннолучевой сварки.

Таким образом, после проведения 4 этапов выбора способа сварки у нас остались следующие:

- ручная дуговая,
- сварка самозащитной порошковой проволокой,
- сварка под флюсом,

- дуговая сварка плавящимся электродом в активно-защитных газах ( $\text{CO}_2$ ) [18].

Для того чтобы выбрать конкретный способ сварки следует проанализировать достоинства и минусы анализируемых способов сварки. Для каждого способа сформулируем присущие ему преимущества и недостатки.

Ручная дуговая, рисунок 5.

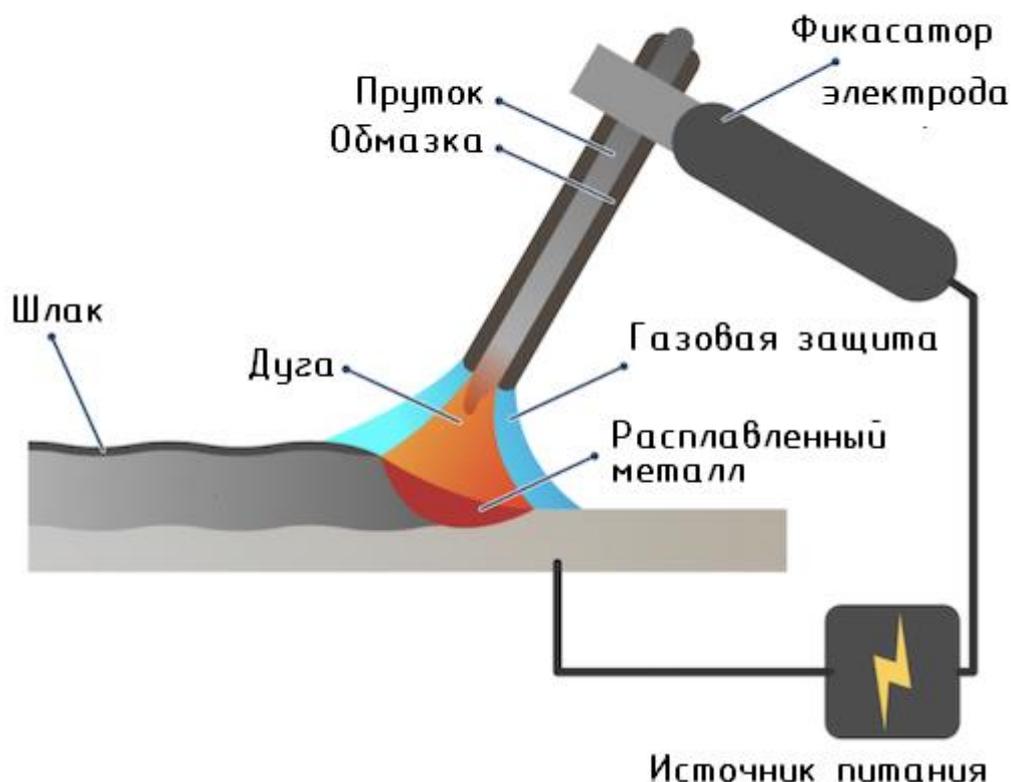


Рисунок 5 – Способ сварки РСДПЭ

К преимуществам способа следует отнести:

- сварка во всех пространственных положениях шва;
- легкость применения при монтажных работах [21].

Недостатки способа:

- низкая производительность труда;
- большие затраты на ГСМ;

- трудоёмкость процесса сварки;
- требования высокой квалификации сварщика;
- большие потери на разбрызгивание сварочных электродов (15%) [19].

Способ сварки самозащитной порошковой проволокой, рисунок 6.

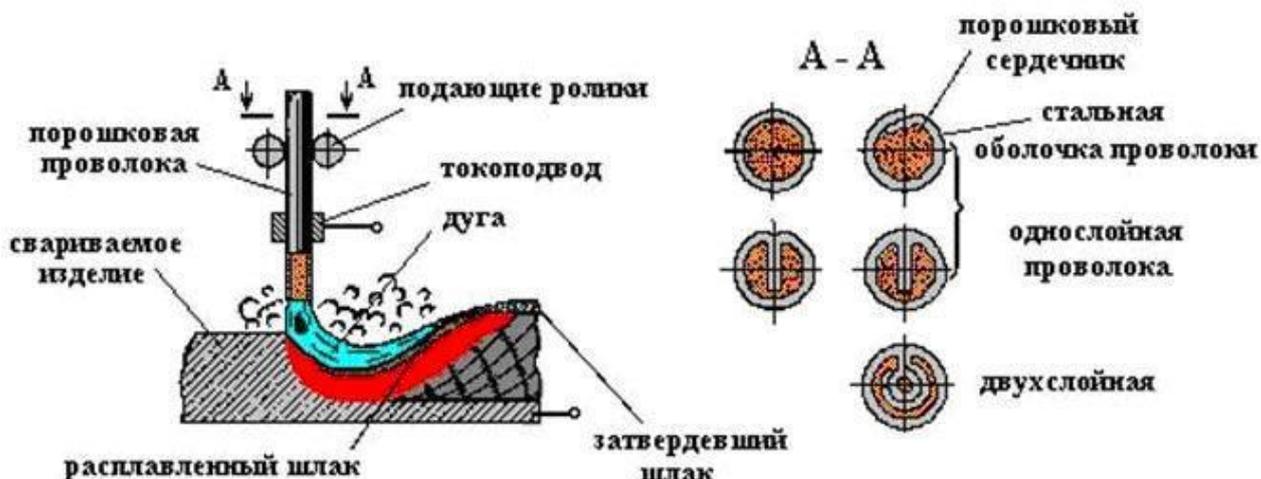


Рисунок 6 – Способ сварки порошковой проволокой

К преимуществам способа следует отнести:

- высокая производительность труда (на 40% больше, чем при ручной);
- сварка во всех пространственных положениях шва;
- возможность форсировать режим сварки;
- низкий % ремонта сварных швов за счет возможности выплавить дефекты;
- простая техника сварки [20].

Недостатки способа:

- повышенное аэрозольвыделение;
- большее разбрызгивание сварочных материалов;
- дороговизна сварочных материалов и оборудования [25].

Способ сварки под флюсом, рисунок 7.

К преимуществам способа следует отнести:

- производительность по сравнению с РД выше в 5-12 раз;

- снижение расхода сварочных материалов за счет сокращения потерь металла на угар и разбрызгивание (не более 3%);
- высокое качество металлов шва и сварного соединения [24].

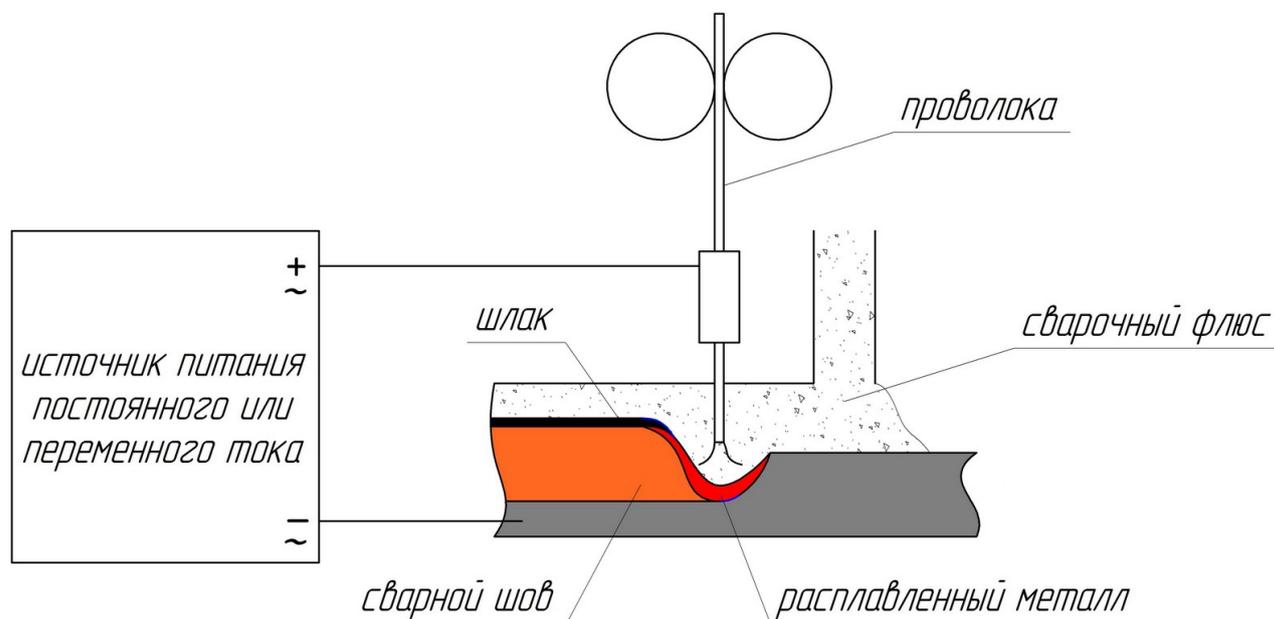


Рисунок 7 – Сварка под флюсом

Недостатки способа:

- повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса;
- сварка возможна только в нижнем положении при отклонении плоскости шва от горизонтали не более чем на  $10-15^\circ$  [29].

Дуговая сварка плавящимся электродом в активно-защитных газах, рисунок 8.

К преимуществам способа следует отнести:

- высокая производительность и степень концентрации тепла источника;
- сварка во всех пространственных положениях шва;
- малое разбрызгивание металла [30].

Недостатки способа – большие затраты на защитный газ.

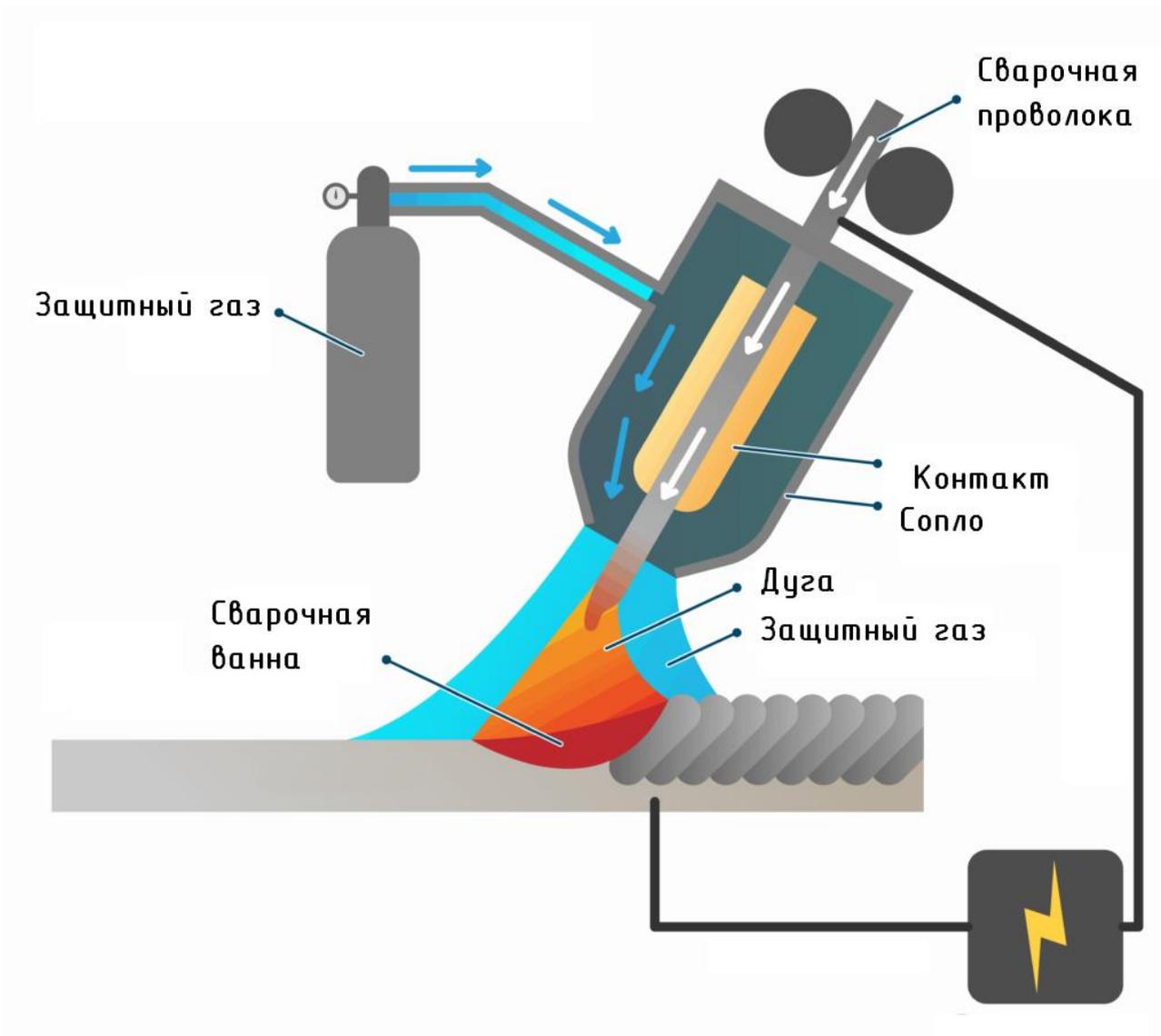


Рисунок 8 - Дуговая сварка плавящимся электродом в активно-защитных газах

В ходе проведенного анализа способов сварки узла трубопровода систем водоснабжения наиболее эффективным способом является механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

Данный вид сварки даёт возможность непосредственно наблюдать за ходом сварочного процесса, контролировать плавление основного металла и формирование шва, не требует флюсов [26].

Целью внедрения этих видов сварки является повышение уровня механизации сварочных работ и увеличение производительности труда сварщиков. Особенно большие перспективы для сварки открытой дугой

имеются на монтажных работах и строительных площадках, так как такую сварку можно применять на открытом воздухе и в любое время [28].

## 2.2 Выбор присадочных материалов и обоснование режимов сварки

Для подбора к выбранному способу сварки присадочных материалов необходимо принять во внимание такие моменты как:

- выбранный способ сварки;
- химический состав металла;
- условия эксплуатации конструкции.

Таким образом, необходимо определиться с маркой самозащитной порошковой проволоки.

Для нашего типа стали наиболее подходящие марки проволоки Innershield NR-152. Указанную проволоку начали выпускать по программе импортозамещения, таблица 7, на заводе “Межгосметиз-Мценск” [27].

Таблица 7 – Характеристики проволоки Innershield NR-152.

Химический состав наплавленного металла, %						Механические свойства, Н/мм <sup>2</sup> .		
С	Mn	Si	Ni	Cr	Al	Предел текучести	Предел прочности	Удар ISO-V (J)
								-29°C
0,08	0,93	0,20	0,89	0,03	1,00	462	572	61

Сварочная защитная проволока Innershield NR-152 применяется для полуавтоматической сварки металла небольших толщин.

Режимы, при сварке в стандартную заводскую разделку, приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры режимов сварки проволокой Innershield NR-152.

Диаметр, порошковой проволоки $d_p$ , мм	Сварочный ток $I_{св}$ , А	Напряжение дуги $U_d$ , В	Скорость подачи проволоки $v_{пр}$ , м/ч	Длина вылета электродной проволоки $l_{в.э}$ , мм	Коэффициент наплавки $\alpha_n$ , г/А·ч
1,6	90-120	20-22	100	15-20	12,5
1,7	100-130	22-24	120	15-20	13,0

Оба варианта по диаметру проволоки в равной степени подходят для наших задач.

### 2.3 Выбор сварочного оборудования для проектной технологии

В проектном варианте применим комплект оборудования для сварки самозащитной порошковой проволокой Innershield, разработанный и выпускаемый фирмой Lincoln Electric, включает следующее:

- источник сварочного тока Commander 300;
- адаптер модели K350;
- механизм подачи LN-23P;
- горелку K345 со шлангом и кабелями.

Однопостовые сварочные агрегаты фирмы «Lincoln Electric» на базе преобразователя, предназначены для сварки трубопроводов.

Опишем назначение и механизм подачи порошковой проволоки LN-23P, рисунок 9.



Рисунок 9 – Поддающий механизм LN-23P.

Специализированный поддающий механизм для сварки самозащитной проволокой.

- процессы: FCAW-S;
- питание: от сварочного напряжения 14-50В;
- скорость подачи, м/мин: 0,7 – 6,7;
- размеры, мм: 520 x 230 x 480.
- вес: 12,3 кг .

Простая подготовка к работе: просто соедините LN-23P и источник питания контрольным и сварочным кабелем, подсоедините к свариваемой детали кабель «земля» и провод вольтметра – полуавтомат готов к работе.

LN-23P может быть напрямую подключен к дизельному агрегату, например Commander 300.

Имеет исключительную защиту от неблагоприятных климатических условий.

Ниже приведём технические характеристики сварочного оборудования, таблица 9.

Таблица 9 - Технические характеристики сварочного оборудования.

Питание	Кол-во роликов	Скорость подачи, м/мин	Диаметр проволоки		
			сплошная	алюминиевая	порошковая
от сварочного напряжения 14-50В	2	0,7 – 6,7	--	--	1,7 – 2,0

Агрегат Commander 300 нормирован на ток 300 А при напряжении 32 В и ПВ = 100 % или 375 А при 34 В и ПВ = 60 %, рисунок 10. Напряжение холостого хода составляет 80 В при скорости вращения двигателя – 1900 об/мин. Сварочный ток регулируется в пределах от 30 до 375 А.



Рисунок 10 - Commander 300.

Дизельный сварочный агрегат электростанция 300 Ампер постоянного тока/ 10кВт

Commander 300 – универсальный сварочный агрегат/электростанция для ручной дуговой сварки штучными электродами, аргодуговой сварки, воздушно-дуговой строжки, а в комбинации с механизмом подачи проволоки для полуавтоматической сварки сплошной и порошковой проволокой и электропитания с потребляемой мощностью до 10 кВт, рассчитанный на постоянную ежедневную работу. Специальные режимы – для сварки труб на спуск и аргодуговой сварки (Touch-Start). Применение специальной технологии “ Chopper Technology™ ” значительно улучшает качество сварки, приближая его к классическим генераторам постоянного тока.

Используется при строительстве трубопроводов, а также при строительстве и ремонте промышленных объектов. Промышленный 3-цилиндровый дизель жидкостного охлаждения фирмы Deutz обладает большим ресурсом эксплуатации при минимальном обслуживании и высокой экономичностью, рисунок 11.



Рисунок 11 - 3-цилиндровый дизель жидкостного охлаждения фирмы Deutz

Техническая спецификация сварочного оборудования отражена в таблице 10.

Таблица 10 - Технические спецификация сварочного оборудования Commander 300.

Изготовитель / Модель	Характеристика	Скорость вращения, об/мин	Объем двигателя	Система зажигания	Расход ГСМ
<b>Дизельный агрегат</b>					
Дизельный двигатель фирмы Deutz F3L 1011F	3-х цилиндровый, 31 лс (23 кВт) 1800 об/мин	1900 – высокие обороты холостого хода, 1474 – низкие обороты х.х., 1800 – полная нагрузка	2,05 л	12 Вольтовый аккумулятор постоянного тока и стартер	Горючее: 94,6 л, Масло: 6,0 л
<b>Номинальная выходная мощность – сварочный агрегат</b>					
ПВ		Сварочный ток		Сварочное напряжение	
100%		300 А		32 В	
60%		375 А		34 В	
<b>Выходная мощность – сварочный агрегат и генератор</b>					
Диапазон сварочных токов		Максимальное напряжение х.х.		Вспомогательная мощность	
30-300 А (жесткая/падающая)		80 В при частоте вращения вала – 1900 об/мин		120/240 В переменного напряжения 10 кВт, 60 Гц при ПВ 100%	

Анализ информации, приведенной в таблице 10 показывает, что по своим характеристикам оборудование целиком и полностью нас устраивает.

#### **2.4 Выбор сборочного и вспомогательного оборудования для проектной технологии сварки**

Сборочные приспособления обеспечивают сокращение длительности сборки и повышение производительности труда, облегчение условий труда,

повышение точности работ и улучшение качества готовой сварной конструкции.

Для проектной технологии сварки узла трубопровода будем использовать сборочно-сварочную плиту с винтовыми зажимными устройствами и откидными упорами, рисунок 12, рисунок 13 в виде горизонтальной металлической плиты с пазами.

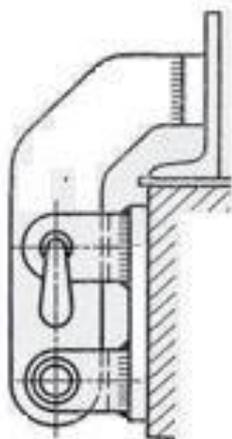


Рисунок 12 - Упор откидной.

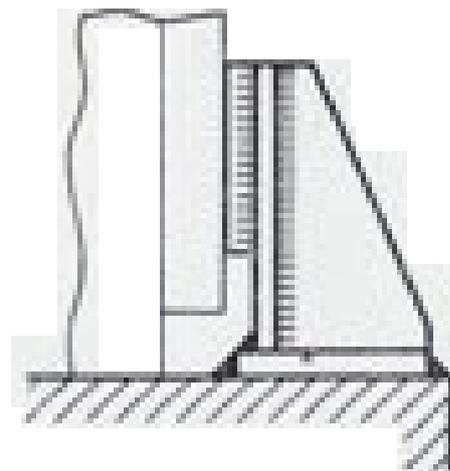


Рисунок 13 - Упор.

В качестве вспомогательного оборудования для проектной технологии используются струбцины, планки, скобы с клиньями, машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230, лупа х4, набор ДМК-4, щетка металлическая, шаблоны и другие простейшие универсальные приспособления.

## **2.5 Разработка технологического процесса изготовления изделий по проектной технологии**

Перед началом сварки узла трубопровода по проектной технологии необходимо провести подготовительные операции

До сборочных и сварочных операций узел трубопровода и сварочные швы после ручной дуговой сварки тщательно обрабатывают и подготавливают для дальнейших сварочных операций механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой.

После того, как провели сварку швы тщательно очищают от шлака методом обивки: молотком, зубилом. Проводим контроль качества сварочных работ и сварных соединений узла трубопровода. Если в сварных швах обнаружен дефект (подрезы, трещины, резкие переходы, острые углы, и др.), то дефектный участок вырубает или выбираем угловой шлифовальной машинкой МШУ-1-6-230 и заново проходим этот участок с захлестом 1,5-2 см на предыдущий сварной шов.

Далее удаляем шлак, проверяем сварной шов и если дефекта не обнаружено, то все сварные швы на узле трубопровода зачищаем с помощью напильника, шлифовальной машинкой МШУ-1-6-230 или другими средствами. Швы тщательно обрабатываем и убираем все неровности, уступы, заусенцы, острые углы, брызги от сварочного материала. Поверхность детали зачищаем до металлического блеска на ширину 20 мм с каждой стороны от сварочного шва. После того, как подготовили узел трубопровода переходим к сборочным операциям.

Перед началом сварки на механизме подачи проволоки следует установить два параметра: скорость подачи проволоки и напряжение на дуге.

## **2.6 Технологические сборочные операции**

После того как провели подготовку узла трубопровода переходим к сборочным операциям.

Сборка под сварку – обеспечивает деталям необходимое взаимное расположение с закреплением их специальными приспособлениями.

Сборочные операции проводим на сварочной плите – опорное приспособление в виде горизонтальной металлической плиты с пазами. На сварочной плите установлены упоры, откидные вертикальные упоры, механические винтовые зажимные устройства, внутренние центраторы типа ЦВ, а также используются при проведении ремонтно-восстановительных работ: струбцины, планки, скобы с клиньями, типовые сменные упоры и другие простейшие универсальные приспособления.

При сборочных операциях деталь устанавливаем на сборочно-сварочную плиту, заводим в приспособление, укладываем по упорам и фиксатором и закрепляем механическими винтовыми зажимными устройствами и откидными вертикальными упорами. После того, как узел трубопровода установили и закрепили на сборочно-сварочной плите переходим к технологическим сварочным операциям.

## **2.7 Технологические сварочные операции**

После проведения подготовительных и сборочных операций переходим к осуществлению механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой узла трубопровода после ручной дуговой сварки.

Данный вид сварки даёт возможность непосредственно наблюдать за ходом сварочного процесса, контролировать плавление основного металла и формирование шва, не требует флюсов.

Целью внедрения этих видов сварки является повышение уровня механизации сварочных работ и увеличение производительности труда сварщиков. Особенно большие перспективы для сварки открытой дугой имеются на монтажных работах и строительных площадках, так как такую сварку можно применять на открытом воздухе и в любое время.

Проволоки, используемые для сварки без дополнительной защиты, называются самозащитными.

## **2.8 Контрольные операции**

Дефекты образующиеся при механизированной сварке порошковой проволокой.

Поры в наплавленном металле. Появляются в наплавленном металле при в качестве присадочного материала порошковой проволоки всех марок. Причинами возникновения могут быть: высокое напряжение - для устранения этой причины необходимо отрегулировать режим сварки в соответствии с рекомендациями, снизить напряжение холостого хода источника питания;

наличие ржавчины, окалины, органических загрязнений и влаги на свариваемых кромках - очистить место сварки; нестабильная подача проволоки - отрегулировать подающий механизм полуавтомата; высокая скорость воздушного потока, воздействующего на зону сварки - защитить зону от ветра; износ токопроводящего наконечника - заменить наконечник; применение отсыревшей, ржавой или неравномерно заполненной шихтой проволоки - прокалить или заменить проволоку (ржавую или неравномерно заполненную проволоку применять нельзя); несоблюдение оптимальной величины вылета - установить рекомендуемую величину вылета.

«При использовании в качестве защитного углекислого газа причиной возникновения пористости может быть наличие в углекислоте влаги и азота или неэффективной защиты. В первом случае следует слить из баллона воду, установить осушитель газа или заменить баллон с углекислотой. Во втором - обеспечить рекомендованный расход газа, отрегулировать истечение струи газа согласно с проволокой, приблизить горелку к поверхности свариваемых изделий» [29].

«При сварке порошковой проволокой в углекислом газе могут возникнуть кристаллизационные трещины. Возможно появление при сварке порошковой проволокой всех марок из-за повышенного содержания углерода, серы или других примесей в основном металле. Следует проверить химический состав основного металла (сварка стали с повышенным содержанием углерода и вредных примесей не допускается)» [25].

«При сварке порошковой проволокой в углекислом газе могут возникнуть такие дефекты как шлаковые включения. Причиной их появления при сварке порошковой проволокой всех марок является неполная очистка от шлака предыдущего слоя шва или затекание шлака на свариваемую поверхность впереди дуги» [30]. Для предотвращения появления шлаковых включений рекомендуется тщательно удалять шлак, устанавливая заданные параметры режима сварки в соответствии с рекомендациями и выполнять указания по технике сварки.

«При сварке порошковой проволокой в углекислом газе могут возникнуть такие дефекты как непровары. Могут возникать при сварке порошковой проволокой всех марок из-за неправильной подготовки кромок под сварку и заниженной величины сварочного тока» [6]. Рекомендуется проверить размеры конструктивных элементов кромок, установить правильный режим сварки в соответствии с рекомендациями по сварке.

Испытания трубопроводов выполняются с соблюдением следующих основных требований: испытательное давление должно быть обеспечено в верхней точке (отметке) трубопроводов; температура воды при испытаниях должна быть не ниже 5 °С; при отрицательной температуре наружного воздуха трубопровод необходимо заполнить водой температурой не выше 70 °С и обеспечить возможность заполнения и опорожнения его в течение 1 ч; при постепенном заполнении водой из трубопроводов должен быть полностью удален воздух; испытательное давление должно быть выдержано в течение 10 мин и затем снижено до рабочего; при рабочем давлении должен быть произведен осмотр трубопровода по всей его длине.

Результаты гидравлических испытаний на прочность и герметичность трубопровода считаются удовлетворительными, если во время их проведения не произошло падения давления, не обнаружены признаки разрыва, течи или запотевания в сварных швах, а также течи в основном металле, фланцевых соединениях, арматуре, компенсаторах и других элементах трубопроводов, отсутствуют признаки сдвига или деформации трубопроводов и неподвижных опор.

Контроль качества сварочных работ и сварных соединений трубопроводов проводится на 100%, поскольку все соединения являются ответственными и по этому требования по контролю качества жесткие, поскольку нужна 100% гарантия качественно выполненной работы.

### **3. Безопасность и экологичность проекта**

#### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварки узлов трубопроводов водоснабжения.

При выполнении базовой технологии сварки предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология восстановительной наплавки предусматривает применение механизированной сварки порошковой проволокой.

При выполнении проектной технологии предусмотрены следующие операции технологического процесса: подготовки деталей, визуальный контроль, механизированная сварка, термическая визуальный контроль, механическая обработка полученных сварных швов.

Изменение технологии восстановительной наплавки сопровождается изменением опасных и вредных производственных факторов, которые оказывают негативное воздействие на персонал и окружающую среду. Поэтому в настоящем разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, оценить их влияние и предложить меры по защите от них персонала.

Кроме того, предстоящий анализ позволит не только устранить профессиональные риски, но и повысить пожарную безопасность технического объекта, паспорт которого представлен в таблице 11.

Также анализ проектной технологии позволит выявить негативные факторы, влияние которых на атмосферу, гидросферу и литосферу следует устранить в рамках повышения экологической ответственности.

Таблица 11 – Технологический паспорт участка сварки узла

«Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции» [15]
«токарная обработка	слесарь-сборщик, токарь	токарно-винторезный станок	смазывающе-охлаждающая жидкость
ультразвуковой контроль	дефектоскопист	дефектоскоп	масло
предварительный подогрев	слесарь-сборщик, термист	электропечь, подъёмный кран	-
автоматическая наплавка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	токарно-винторезный станок, автомат для сварки	сварочная проволока, флюс
термическая обработка	слесарь-сборщик, термист	электропечь, подъёмный кран	-
визуальный контроль	дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля	ветошь
токарная обработка	слесарь-сборщик, токарь	токарно-винторезный станок	смазывающе-охлаждающая жидкость
ультразвуковой контроль» [8]	дефектоскопист	дефектоскоп	масло

Технологический паспорт объекта – участка для проведения сварки узла трубопровода – позволяет разделить технологический процесс по операциям и указать для каждой операции применяемое оборудование. Также для каждой операции указывается привлекаемый персонал, который может оказаться под негативным воздействием опасных и вредных факторов, сопровождающих выполнение данной операции технологического процесса.

Дальнейшие работы будут направлены на идентификацию персональных рисков, для устранения которых будут предложены технологические и организационные мероприятия. Также будут предложены работы по обеспечению пожарной и экологической безопасности производства.

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Для того, чтобы выделить и выполнить оценку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих реализацию проектной технологии, необходимо рассмотреть каждую операцию, как показано в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация опасных и вредных производственных факторов, возникающих при осуществлении проектной технологии

«Операция технологического процесса»	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник негативного фактора» [15]
предварительная обработка	<ul style="list-style-type: none"><li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li><li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li><li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li><li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li></ul>	токарно-винторезный станок
Механизированная сварка	<ul style="list-style-type: none"><li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li><li>- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</li><li>- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;</li><li>- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации;</li><li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li><li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li><li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li></ul>	токарно-винторезный станок, автомат для сварки

На основании данных таблицы 12 были указаны следующие опасные и вредные производственные факторы:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;

- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение
- ультразвуковое излучение.

В результате дальнейшего анализа перечисленных негативных факторов могут быть предложены стандартные решения, позволяющие уменьшить их влияние на работающий персонал до приемлемого уровня.

### **3.3 Меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов**

Ранее были выделены опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают негативное воздействие на работающий персонал в ходе выполнения каждой операции проектного технологического процесса.

Для каждого такого фактора на основании литературного анализа источников [14], [15] могут быть предложены стандартные решения, которые представлены в виде технических средств и организационных мероприятий. Эти средства представлены в таблице 13, их грамотное применение позволяет устранить действие негативных факторов или уменьшить его до приемлемого уровня.

Таблица 13 – Мероприятия по устранению негативных производственных факторов

«Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов» [15]
наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда;</li> <li>- применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности;</li> <li>- оснащение оборудования защитной блокировкой</li> </ul>	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования	<ul style="list-style-type: none"> <li>- установка ограждений, препятствующих несанкционированному проникновению в опасную зону;</li> <li>- применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности;</li> <li>- оснащение оборудования защитной блокировкой</li> </ul>	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты
опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применение устройств защитного отключения электропитания оборудования;</li> <li>- применение защитного заземления и зануления оборудования;</li> <li>- контроль состояния защитных устройств и изоляции;</li> <li>- инструктаж по электробезопасности</li> </ul>	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
нагрев поверхности деталей до высоких температур	<ul style="list-style-type: none"> <li>- автоматизация технологических процессов;</li> <li>- инструктаж персонала</li> </ul>	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
инфракрасное излучение	- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
ультрафиолетовое излучение	- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
ультразвуковое излучение	- уменьшение времени негативного воздействия	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой

Представленные в таблице технические средства и организационные мероприятия направлены на снижение травматизма работников производства и уровня профессиональных заболеваний.

Однако реализация проектной технологии не только сопровождается появлением опасных и вредных производственных факторов, но и риском образования пожаров, в результате которых могут пострадать как сами работники, так и имущество предприятия.

Исходя из этого, дальнейшие работы при выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы направим в сторону обеспечения пожарной безопасности.

### **3.4 Пожарная безопасность на производстве**

Проектная технология, предложенная в настоящей выпускной квалификационной работе, является источником возникновения рисков образования пожара. Для устранения этих рисков следует предложить технические средства и организационные мероприятия. Также следует рассмотреть возможность устранения пожара, если он всё-таки возникнет на предприятии, несмотря на принятые меры.

В таблице 14 представлена идентификация факторов пожара.

В качестве основных негативных факторов возможного пожара следует отметить: пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму.

В качестве сопутствующих проявлений пожара следует отметить: негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания.

Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 15.

Таблица 14 – Класс пожара и идентификация его негативных факторов

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Производственный участок сварки узла трубопровода с установленным на нём технологическим оборудованием	Пост ацетилено-кислородной сварки, пост дуговой сварки	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [15]	Повышение температуры вокруг источника возгорания, выделение в окружающую среду токсичных продуктов сгорания пластмасс, в зависимости от состава пластмассы, часть кислорода расходуется на обеспечение горения.	негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания

Таблица 15 – Предлагаемые организационные мероприятия по снижению риска возникновения пожаров на предприятии

«Наименование технологического процесса»	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности» [15]
Предварительная подготовка, сварка, контрольные операции	«Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими» [15]	Для ограничения разлёта искр при пожаре необходимо оснастить участок специальными защитными экранами. На участке должны в достаточном количестве находиться первичные средства пожаротушения.

Для обеспечения пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка предлагается применение средств, представленных в таблице 16. Эти средства должны быть размещены на производственном участке в доступных для персонала местах и содержаться в исправном состоянии.

Таблица 16 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Стационарные системы и установки для тушения	Пожарная автоматика	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-15	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таким образом, предложенные в выпускной квалификационной работе мероприятия позволяют уменьшить риск возникновения пожара на предприятии при реализации проектной технологии.

### 3.5 Экологическая безопасность проектной технологии

Реализация предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений не только приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, борьбе с которыми посвящена предыдущая часть раздела, но и вызывает негативное воздействие на окружающую среду. Необходимость повышения экологической ответственности предприятий повышает актуальность экологической повестки и заставляет принимать меры по защите атмосферы, гидросферы и литосферы.

Негативные факторы, действие которых на окружающую среду возможно при реализации проектной технологии, представлены в таблице 17.

Действие негативных факторов производства на атмосферу, гидросферу и литосферу следует уменьшить, для чего предусмотрены мероприятия, приведённые в таблице 18.

Таблица 17 – Идентификация негативных экологических факторов проектной технологии

Технологический процесс	Операции, технологического процесса	Негативные факторы проектной технологии, которые отрицательно влияют на окружающую среду		
		в атмосфере	в гидросфере	в литосфере
Сварка узла трубопровода	Предварительная обработка	-	-	Стружка, частицы упаковки, бытовой мусор
	Механизированная сварка	вредные испарения	-	Отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор

Таблица 18 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [15]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [15]
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [15]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

В настоящем разделе выпускной квалификационной работе выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности.

Реализация проектной технологии приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, идентификация которых позволила предложить стандартные технические и организационные решения.

Идентификация опасных факторов пожара на рассматриваемом предприятии позволила предложить мероприятия и технические решения по устранению опасности возгорания. Также в настоящем разделе предложены средства борьбы с пожаром, если он все-таки произошёл несмотря на принятые меры.

В ходе выполнения экологического раздела установлено, что осуществление проектной технологии приводит к негативному антропогенному воздействию на окружающую среду. При этом страдают атмосфера, гидросфера и литосфера. Предлагаемые в работе мероприятия позволят соответствовать предприятию современной экологической повестке и свести к минимуму вред окружающей среде.

Все предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия являются стандартными и не требуют повышения эффективности за счёт разработки специализированных средств и методик.

#### 4. Экономическая часть проекта

В выпускной работе разрабатывается технология сварки узлов трубопроводов. По базовому варианту сваривают ручной дуговой сваркой электродами МР-3, Э42А, АНО-4. Это трудоемкий, низко производительный процесс, не обеспечивающий необходимого качества сварного соединения.

Для устранения указанных недостатков предложено поменять оборудование и способ сварки. В проектном варианте применяется механизированная (полуавтоматическая) дуговая сварка самозащитной проволокой Innershield NR-152, диаметром 1,72 мм, таблица 19.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности качества при сварке узла трубопровода систем водоснабжения.

Расчет велся по изменяющимся статьям затрат на изменяющиеся операции техпроцесса. Так как по применяемому на предприятии и предлагаемому варианту технологии изменяется процесс сварки, переходим к механизированному варианту сварки, и для сборки применяем приспособление.

##### 4.1 Исходные данные для экономического расчета

Таблица 19 - Исходные данные для экономической оценки эффективности проектной технологии по сравнению с базовой технологией.

№	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Значение, вар.	
				Базовый	Проект.
1	2	3	4	5	6
2	«Разряд рабочего	Р.р.		IV	IV
3	Оплата за один час отработанного времени	Сч	Р/час	158,9	158,9
4	Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп.	%	12	12
5	Коэффициент доплат к основной заработной плате	Кд.		1,88	1,88
6	Норма амортизации площади	На.пл.	%	5	5

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5	6
7	Коэффициент отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сэксп.	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
9	Цена приобретения площадей	Цпл.	Р/м <sup>2</sup>	3000	3000
10	Коэф. заводских расходов	К <sub>зав</sub>	%	215	215
11	Коэф траспортно-заготовит. расходов	Кт -з	%	5	5
12	Расходы на один киловатт час электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	2,2	2,2
13	Коэф-т выполн. нормы	Квн	-	1,1	1,1
14	Нормативный коэф. эффективности доп.кап.вл.	Ен	-	0,33	0,33
15	Цеховые расходы	Кцех	-	2,5	2,5
16	Заводские расходы	Кзав	-	1,5	1,5
17	Скорость сварки	v <sub>св</sub>	м/ч	16	50
18	Длина сварного шва	l <sub>ш</sub>	м	1	1
19	Количество проходов	n <sub>пр</sub>		1	2
20	Коэффициент т-з. расходов	Ктз	-	1,05	1,05
21	Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	Ен	—	0,33	0,33
22	Стоимость сварочной проволоки Innershield NR-152	Цпр	руб/кг		170
23	Коэф. цеховых расходов	К <sub>цех</sub>	%	250	250
24	Стоимость покрытых электродов МР-3	Ц <sub>со2</sub>	руб/кг	96,7	
25	Стоимость оборудования	Цоб	руб	75960	496186
26	Норма амортизации на оборудование	На	%	19,3	21,1
27	Коэффициент на монтаж, демонтаж оборудования» [15]	Км, Кдем		3	5

В целом информация приведенная в таблице позволяет нам выполнить необходимые для оценки экономической эффективности расчеты.

## 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций согласно проектной и базовой технологий предусматривает использование материальных и людских ресурсов в течение определённого количества времени. В зависимости от затрачиваемого времени рассчитывается заработная плата персонала, который задействован при выполнении операций технологического процесса. Также затрачиваемое время влияет на величину расходов на амортизацию оборудования и производственные площади.

В настоящем разделе выполним расчёт фонда времени, который одинаков для проектного и базового вариантов технологического процесса, так как в обоих случаях технология выполняется за одинаковое число смен в сутках.

В календарном году принимается число рабочих дней  $D_p = 277$  при стандартной продолжительности смены  $T_{см} = 8$  часов. При расчётах следует учитывать сокращение длительности рабочей смены в предпраздничные дни на  $T_{п} = 1$  час. Планируемое количество предпраздничных дней составляет  $D_{п} = 7$ . С учётом вышеизложенного для количества смен  $K_{см} = 1$  рассчитаем фонд времени, воспользовавшись формулой:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} + D_{п} \cdot T_{п}) C, \quad (1)$$

$$F_H = [(365 - 10 - 52 - 26) \cdot 8 - 7 \cdot 1] \cdot 1 = 2209 \text{ часов.}$$

Эффективный фонд работы оборудования

$$F_{э} = F_H \cdot (1 - B/100), \quad (2)$$

где  $B$  – плановые потери рабочего времени в связи с простоями оборудования в ремонте

$$F_{э} = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

Расчёт нормы времени на сварку узлов трубопроводов

Рассчитанный выше эффективный фонд времени работы оборудования расходуется на выполнение операций проектного и базового технологического процесса. Годовую программы выполнения работ можно рассчитать, зная штучное время, которое определяет временные затраты на выполнение проектного и базового процессов применительно к одной единице изделия из годовой программы. Величину штучного времени для проектного и базового вариантов технологии определяем с учётом нормирования труда сварщика по технологической карте.

В состав штучного времени  $t_{шт}$  входит несколько слагаемых.

- это машинное время  $t_{маш}$ , которое затрачивается на выполнение основных операций технологического процесса;
- это вспомогательное время  $t_{всп}$ , которое затрачивается на выполнение подготовительных операций и задаётся как 10 % от машинного времени  $t_{маш}$ ;
- это время обслуживания рабочего места  $t_{обсл}$ , которое задаётся как 5 % от машинного времени  $t_{маш}$ ;
- это время личного отдыха  $t_{отд}$ , которое задаётся как 5 % от машинного времени  $t_{маш}$ ;
- это подготовительно-заключительное время  $t_{п-з}$ , которое задаётся как 1% от машинного времени  $t_{маш}$ .

С учётом исходных данных расчёт штучного времени проводим, воспользовавшись формулой:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з}, \quad (3)$$

При подстановке исходных значений в формулу (3) получаем для базового варианта:

$$t_{шт Б} = 0,6 + 0,06 + 0,06 + 0,03 + 0,01 = 0,76 \text{ час.}$$

При подстановке исходных значений в формулу (3) получаем для проектного варианта:

$$t_{шт ПР} = 0,4 + 0,04 + 0,04 + 0,02 + 0,01 = 0,51 \text{ час.}$$

### 4.3 Определение годовой программы и коэффициента загрузки

Вычисление годовой программы  $\Pi_{\Gamma}$  работ выполняем с учётом определённых выше эффективного фонда времени и штучного времени для проектного и базового вариантов, воспользовавшись формулой:

$$\Pi_{\Gamma} = F_{\text{Э}}/T_{\text{шт}}, \quad (4)$$

Для расчёта требуемого количества оборудования, которое необходимо при выполнении годовой программы с учётом коэффициента выполнения нормы  $K_{\text{ВН}} = 1,03$ , воспользуемся формулой:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} * \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} * K_{\text{ВН}}} \quad (5)$$

$$n_{\text{РАСЧб}} = \frac{0,076 * 25000}{2054 * 1,1} = 0,84 \text{ед.}$$

$$n_{\text{РАСЧп}} = \frac{0,051 * 25000}{2054 * 1,1} = 0,56 \text{ед.}$$

На основании проведённых расчётов принимаем количество единиц технологического оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса согласно проектного и базового вариантов  $n = 1$ . Для расчёта коэффициента загрузки оборудования в обоих вариантах технологии воспользуемся формулой:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (6)$$

где  $n_{\text{расч}}$  – расчетное количество оборудования,

$n_{\text{пр}}$  – принятое количество оборудования

$$K_{\text{зб}} = 0,84/1 = 0,84$$

$$K_{\text{зп}} = 0,56/1 = 0,56$$

#### 4.4 Расчет заводской себестоимости сварки по сравниваемым вариантам

Проведение операции сварки тройника требует затрат сварочных материалов. При базовом варианте технологии такими материалами служат сварочные электроды ЭА-606/11. При проектной технологии сварочными материалами служат проволока Innershield NR-152 диаметром 2 мм. При дальнейших расчётах себестоимости выполнения работ необходимо определить затраты  $M$  на материалы с учётом цены материалов  $\Pi_m$ , нормы расхода материалов  $N_p$  и коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{ТЗ}$ , воспользовавшись формулой:

$$M = \Pi_m \cdot N_p \cdot K_{Т-з} - \Pi_{отх} \cdot N_{отх} , \quad (7)$$

Норма расхода основного материала не изменяется, поэтому рассчитаем только затраты на вспомогательные материалы.

Затраты на вспомогательные материалы:

а). Затраты на электродный сварочный материал:

$$M_{эл.} = \Pi_{эл.} \cdot N_{р_{эл.}} ; \quad (8)$$

$N_{р_{эл.}}$  – норма расхода электродов (кг).

Норму расхода электродов и электродной проволоки, т.е. сварочных материалов определяют по формуле:

$$N_{р_{эл.}} = Y \cdot L ; \quad (9)$$

где  $Y=0,1$  кг/м – удельная норма расхода сварочных материалов на длину шва по стандартам предприятия для проектного варианта;

$Y=0,46$  кг/м – удельная норма расхода сварочных материалов на длину шва по стандартам предприятия для базового варианта;

$L$  – длина сварного шва 1 м.

$$N_{р_{эл.б.}} = 0,46 \cdot 1 = 0,46 \text{ кг}$$

$$N_{p_{\text{эл.пр.}}} = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ кг}$$

$$M_{\text{эл.б.}} = 0,46 \cdot 86,7 = 39,88 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{эл.пр.}} = 0,1 \cdot 170 \cdot 2 = 34 \text{ руб.}$$

Объём фонда заработной платы ФЗП определим как сумму дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$  и основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$ .

Расчёт основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  выполняем по ранее определённым величинам штучного времени  $t_{\text{шт}}$ , коэффициента доплат  $K_{\text{д}}$  и часовой тарифной ставки  $C_{\text{ч}}$ . Для этого воспользуемся формулой:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (10)$$

$$Z_{\text{оснб}} = 0,76 \cdot 158,9 \cdot 1,88 = 227,0 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{оснб}_{\text{пр}}} = 0,51 \cdot 158,9 \cdot 1,88 = 152,3 \text{ руб.}$$

Расчёт дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$  проводим с использованием ранее определённого значения основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  для проектного и базового вариантов и с учётом коэффициента дополнительных доплат  $K_{\text{доп}}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100 \quad (11)$$

$$Z_{\text{допб}} = 227,0 \cdot 12 / 100 = 27,40 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп}_{\text{пр}}} = 152,3 \cdot 12 / 100 = 18,20 \text{ руб.}$$

$$\text{ФОТб} = 227,0 + 27,4 = 254,4 \text{ руб.};$$

$$\text{ФОТ}_{\text{пр}} = 152,3 + 18,2 = 170,5 \text{ руб.}$$

Величину отчислений на социальные нужды  $O_{\text{сн}}$  определяем с учётом ранее рассчитанного фонда заработной платы ФЗП и коэффициента отчислений на социальные нужды  $K_{\text{сн}}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФОТ} \cdot K_{\text{сн}} / 100, \quad (12)$$

$$O_{\text{снб}} = 254,4 \cdot 34 / 100 = 86,49 \text{ руб.}$$

$$\text{Оснпр} = 170,5 \cdot 34 / 100 = 57,97 \text{ руб.}$$

Затраты на оборудование  $Z_{об}$  рассчитываем с учётом амортизационных отчислений  $A_{об}$  и затрат на электрическую энергию  $P_{э}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э}, \quad (13)$$

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации  $N_a$ , цены оборудования  $\Pi_{об}$  для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени  $t_{маш}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$A_{об} = \frac{\Pi_{об} \cdot N_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100} \quad (14)$$

$$A_{обб} = \frac{75960 \cdot 19,3 \cdot 0,06}{2054 \cdot 100} = 0,43 \text{ руб.}$$

$$A_{обпр} = \frac{496186 \cdot 21,1 \cdot 0,04}{2054 \cdot 100} = 2,03 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на электрическую энергию  $P_{э}$  выполняем с учётом установленной мощности оборудования  $M_{уст}$ , цены электрической энергии для промышленных предприятий  $\Pi_{э-э}$  и коэффициента полезного действия КПД для рассчитанного выше штучного времени  $t_{шт}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{шт} \cdot \Pi_{э-э}}{\text{КПД}} \quad (15)$$

$$P_{э-эб} = \frac{3,6 \cdot 0,06 \cdot 2,2}{0,8} = 0,59 \text{ руб.}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{14 \cdot 0,04 \cdot 2,2}{0,85} = 1,44 \text{ руб.}$$

:

$$Z_{обб} = 0,43 + 0,59 = 1,03 \text{ руб.}$$

$$З_{обпр} = 2,03 + 1,44 = 3,47 \text{ руб.}$$

Величину технологической себестоимости  $C_{тех}$  при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим как сумму затрат на материалы  $M$ , фонд заработной платы  $\Phi ЗП$ , отчисления на социальные нужды  $O_{сн}$  и затраты на оборудование  $З_{об}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{ТЕХ} = M + \Phi ОТ + O_{сн} + P_{Общ} \quad (16)$$

$$C_{ТЕХб} = 39,88 + 254,4 + 86,49 + 3,42 = 55,92 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХпр} = 34 + 170,5 + 57,97 + 5,6 = 48,06 \text{ руб.}$$

Величину цеховой себестоимости  $C_{цех}$  при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим с учётом ранее рассчитанной технологической себестоимости  $C_{тех}$  и коэффициента цеховых расходов  $K_{цех}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЦЕХ} \quad (17)$$

$$C_{ЦЕХб} = 55,92 + 2,5 \cdot 8,41 = 55,92 + 21,02 = 76,94 \text{ руб.},$$

$$C_{ЦЕХпр} = 48,06 + 2,5 \cdot 5,64 = 48,06 + 14,1 = 62,16 \text{ руб.}$$

Величину заводской себестоимости  $C_{зав}$  при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим с учётом ранее рассчитанной цеховой себестоимости  $C_{цех}$  и коэффициента заводских расходов  $K_{зав}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЗАВ} \quad (18)$$

$$C_{ЗАВб} = 76,94 + 2,15 \cdot 8,41 = 76,94 + 18,08 = 95,02 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВпр} = 62,16 + 2,15 \cdot 5,64 = 62,16 + 12,13 = 74,29 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости сварки узлов трубопроводов, таблица 20.

Таблица 20 - Калькуляция заводской себестоимости сварки узлов трубопроводов.

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция, руб	
			Применяемый вариант	Предлагаемый вариант
1	«Материалы	М	39,88	34
2	Фонд оплаты труда	ФОТ	254,4	170,5
3	Отчисления на соц. нужды	Осн	3,2	2,14
4	Общие расходы на оборудование и на площади	Робщ	3,42	5,6
	Себестоимость технологическая	Стех	55,92	48,06
5	Расходы цеховые	Рцех	21,02	14,1
	Себестоимость цеховая	Сцех	76,94	62,16
6	Расходы заводские	Рзав	18,08	12,13
	Себестоимость заводская» [15]	Сзав	95,02	74,29

#### 4.5 Определение затрат на закупку нового оборудования

Вычисление общих капитальных затрат  $K_{\text{общ. б.}}$  при проведении производственного процесса по базовому варианту технологии проводится с использованием рассчитанного ранее коэффициента загрузки оборудования  $K_{з.б.}$  и остаточной стоимости оборудования  $\Pi_{\text{об.б.}}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{общ.б.}} = K_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{з.б.} \quad (19)$$

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_A / 100), \quad (20)$$

$$\Pi_{\text{об.б.}} = 75950 - (75950 \cdot 3 \cdot 19,3 / 100) = 29316 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ.б.}} = 29316 \cdot 0,84 = 24626 \text{ руб.}$$

Вычисление общих капитальных затрат  $K_{\text{общ. пр.}}$  при проведении производственного процесса по проектному варианту технологии проводится с учётом капитальных вложений в производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , капитальных затрат на оборудование  $K_{\text{об.пр.}}$  и сопутствующих затрат  $K_{\text{соп.}}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{СОППР}}, \quad (21)$$

$$K_{\text{ОБПР}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (22)$$

$$K_{\text{ОБПР}} = 496186 \cdot 1,05 \cdot 0,56 = 291757 \text{ руб.}$$

Объём сопутствующих затрат  $K_{\text{соп}}$  при проведении производственного процесса по проектной технологии вычисляется с учётом расходов на монтаж  $P_{\text{монт}}$  проектного оборудования и демонтаж  $P_{\text{дем}}$  базового оборудования. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{\text{СОП}} = P_{\text{ДЕМ}} + P_{\text{МОНТ}} + P_{\text{ПЛ}} \quad (23)$$

$$P_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (24)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – коэффициент, учитывающий затраты на демонтаж.

$$P_{\text{ДЕМ}} = 24626 \cdot 0,05 = 1231 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (25)$$

где  $K_{\text{МОНТ}}$  – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж проектного оборудования.

$$P_{\text{ПЛ}} = (40 - 30) \cdot 3000 = 30000$$

$$P_{\text{МОНТ}} = 291757 \cdot 0,05 = 14587 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{СОП}} = 1231 + 14587 + 30000 = 45818 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ОБЩПР}} = 291757 + 45818 = 337575 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные затраты при внедрении проектной технологии рассчитываются с учётом общих капитальных затрат при проектном варианте  $K_{\text{общ.пр.}}$  и общих капитальных затрат при базовом варианте  $K_{\text{общ.б.}}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

:

$$P_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ.}} \quad (26)$$

$$K_{\text{ДОП}} = 337575 - 24626 = 312949 \text{ руб.}$$

Размер удельных капитальных вложений  $K_{\text{уд}}$  при построении технологии по базовому и проектному вариантам рассчитываются исходя из годовой программы  $P_{\text{Г}}$  и общих капитальных вложений. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{ОБЩ}} / P_{\text{Г}}, \quad (27)$$

$$K_{\text{удБ}} = 24626 / 250 = 980 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{удПР}} = 337575 / 250 = 1350 \text{ руб.}$$

#### 4.6 Экономическая эффективность разрабатываемой технологии

За счёт совершенствования технологического процесса получено снижение трудоёмкости  $\Delta t_{\text{шт}}$ , которое рассчитывается по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по базовому варианту  $t_{\text{шт.б.}}$  и по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по проектному варианту  $t_{\text{шт.пр.}}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штГ1}} - t_{\text{штГ2}}}{t_{\text{штГ1}}} \cdot 100\% \quad (28)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,076 - 0,051}{0,076} \cdot 100\% = 32,9\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{тех}}$  выполняем с учётом ранее определённых технологической себестоимости по базовому варианту технологии  $\Delta C_{\text{тех.б.}}$  и технологической себестоимости по проектному варианту технологии  $\Delta C_{\text{тех.пр.}}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техб}} - C_{\text{техпр}}}{C_{\text{техб}}} \cdot 100\% \quad (29)$$

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{55,92 - 48,06}{55,92} \cdot 100\% = 14\%$$

Расчёт условно-годовой экономии  $\Pi_{\text{ож}}$  выполним с учётом годовой программы  $\Pi_{\text{г}}$ , заводской себестоимости по проектному варианту  $C_{\text{зав.пр}}$  и заводской себестоимости по базовому варианту  $C_{\text{зав.б.}}$ . При расчётах воспользуемся формулой:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (C_{\text{завб}} - C_{\text{зав.пр}}) \cdot \Pi_{\text{г}} \quad (30)$$

$$\text{Э}_{\text{у.г.1.}} = (95,02 - 74,29) \cdot 250 = 5183 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (31)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{312949}{518350} = 0,6 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект

$$\text{Э}_{\text{г}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (32)$$

$$\text{Э}_{\text{г}} = 518350 - 0,33 \cdot 312949 = 415076 \text{ руб.}$$

Внедрение на производстве технических решений по замене технологического процесса сварки методом ручной дуговой сварки покрытыми электродами на технологический процесс сварки порошковой проволокой приводит к уменьшению трудоемкости на 32,9 %, при этом технологическая себестоимость снижается на 14 %. Условно-годовая экономия составит 518350 рублей. Годовой экономический эффект составит 415076 рублей. Столь внушительные экономические показатели обусловлены уменьшением трудоемкости и снижением технологической себестоимости

Для внедрения проектной технологии необходимы дополнительные капитальные вложения в размере 312949 руб., которые окупятся через 0,6 года. Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 415076 руб. Следовательно, анализируя перечисленную информацию можно сделать вывод, что предлагаемая технология экономически эффективна.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе был рассмотрен технологический процесс сборки-сварки узла трубопровода при проведении ремонтно-восстановительных работ на трубопроводах систем водоснабжения.

В первом разделе выпускной квалификационной работы было выполнено описание назначения, конструкции и технических характеристик сварного узла. Для изготовления металлоконструкции и деталей применяют углеродистую сталь обыкновенного качества с содержанием до 0,25 % С.

Узел трубопровода состоит из нескольких деталей: малый фланец; переход; труба стальная, электросварная, прямошовная; большой фланец.

Описан базовый технологический процесс сборки-сварки узла трубопровода. Выявлены и описаны характерные сложности, присущие сварке, указанного в задании, сталей. Обоснована необходимость замены способа сварки, произведеи выбор степени механизации и конкретного способа сварки для проектной технологии.

Во втором разделе работы при проведении выбора другого способа пришли к выводу о необходимости замены на механизированную сварку самозащитной порошковой проволокой. Произвели выбор сварочных материалов и подбор режимов сварки.

Выбранный способ сварки влияет прежде всего на выбор видов применяемых сварочных материалов. В зависимости от способа сварки мы определили, что нам необходима самозащитная порошковая проволока. Далее мы определились с марками сварочного материала. Для нашего типа стали наиболее подходящие марки проволоки Innershield NR-152. Также были выбраны режимы сварки МПС. Произвести выбор сварочного оборудования для проектной технологии.

В проектном варианте будем использовать специализированный комплект оборудования для сварки самозащитной порошковой проволокой Innershield NR-152, разработанный и выпускаемый фирмой Lincoln Electric, который включает в себя следующее:

- источник сварочного тока Commander 300;
- механизм подачи порошковой проволоки LN-23P;
- сварочную горелку K345 со шлангом и кабелями.

В качестве сборочного оборудования будет использоваться сборочно-сварочная плита с винтовыми зажимными устройствами и откидными упорами в виде горизонтальной металлической плиты с пазами.

В качестве вспомогательного оборудования для проектной технологии используются струбцины, планки, скобы с клиньями, машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230, лупа х4, набор ДМК-4, щетка металлическая, шаблоны и другие простейшие универсальные приспособления.

Разработан технологический процесс изготовления изделий по проектной технологии.

Описана безопасность и экологичность проекта. В процессе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы был проведен анализ опасных и вредных производственных факторов. Анализ возможности их устранения и уменьшения, показал, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечит безопасность работника при реализации предложенных в выпускной квалификационной работе технологических решений.

Внедрение на производстве технические решения по сварке порошковой проволокой приводит к снижению трудоемкости на 32,9 %, при этом технологическая себестоимость снижается на 14 %. Условно-годовая экономия составит 518350 рублей.

Для того, чтобы внедрить на производстве технические решения по сварке порошковой проволокой и оснастку потребуются дополнительные капитальные вложения в размере 312949 руб., продолжительность срока окупаемости которых составит 0,6 года.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Афромеев А.А. Технология сборки и сварки полипропиленовых труб / А.А. Афромеев // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2015. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>.
4. Берлине, Ю.И., Балашов Ю.А. Технология химического и нефтяного аппаратостроения. М.: Машиностроение, 1976. 256 с.
5. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2008. 96 с.
6. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с.
7. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
8. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
9. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
10. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
11. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.
12. Иванов В.П. Технология и оборудование для восстановления деталей машин. Минск: Техноперспектива. 2007. 458 с.

13. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.
14. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учебно-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
15. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.
16. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
17. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.
18. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.
19. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста, программам магистратуры: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2020. 39 с.
20. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.
21. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат. 1977. 780с.
22. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.
23. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).
24. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM

Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.

25. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

26. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. et al. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

27. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

28. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

29. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

30. Tsuboi J., Terashima H. Review of strength and toughness of Ti and Ti-B microalloyed deposits (en) Welding in the world. // Le Soudage dans le monde. 1983. Vol 21. Num. 11/12. ref : 33. P. 304-317.