

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и сварки корпуса пикнометра

УДК 531.756.4.07-049.1:621.791:669.018.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Хайдуков Л.А.		

Руководитель ВКР

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

Консультант

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Першина А.А.
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В61	Хайдуков Леонид Андреевич

Тема работы:

Технология сборки и сварки корпуса пикнометра	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертёж напорного пикнометра Материал конструкции сталь 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632-2014 Тип производства – среднесерийный</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы 2. Описание конструкции 3. Разработка технологии сборки и сварки пикнометра <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Выбор способа сварки 3.2. Выбор сварочных материалов 3.3. Расчет параметров режима сварки 3.4. Выбор сварочного оборудования 3.5. План раскроя заготовок конструкции 3.6. План борьбы со сварочными деформациями 3.7. Заготовительные операции 3.8. Сборочные операции 3.9. Сварочные операции 3.10. Контроль качества сварных соединений

	4. Комплект технологической документации
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	План раскроя заготовок Конструктивные элементы кромок Сборка конструкции Конструктивные элементы шва Схема выполнения сварных швов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Обзор литературы	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ
Описание сварной конструкции	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ
Разработка технологии	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ
Комплект технологических документов	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Введение	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.01.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Хайдуков Леонид Андреевич		

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



Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Уровень образования высшее
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2020	1. Обзор литературы	10
28.02.2020	2. Описание конструкции	10
15.03.2020	3. Разработка технологии сборки и сварки 1.1. Выбор способа сварки 1.2. Выбор сварочных материалов	10
30.03.2020	1.3. Расчет параметров режима сварки 1.4. Выбор сварочного оборудования	10
05.04.2020	1.5. Методы борьбы со сварочными деформациями	10
20.04.2020	1.6. План раскроя заготовок 1.7. Заготовительные операции	10
05.05.2020	1.8. Сборочные операции	10
15.05.2020	1.9. Сварочные операции 1.10. Контроль качества сварных соединений	10
25.05.2020	4. Комплект технологической документации	10
10.06.2020	5. Заключение	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

Оглавление

Реферат	8
Введение	10
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	12
1 Обзор литературы.....	14
1.1 Пикнометры напорные: сферы применения	14
1.2 Пикнометры напорные: обзор производителей.....	15
1.3 Сварка нержавеющей сталей аустенитного типа: обзор литературы	18
2 Описание конструкции	29
2.1 Описание сварной конструкции	29
2.2 Общая характеристика состав и свойства стали 12X18H10T	30
3 Разработка технологии сборки и сварки пикнометра	31
3.1 Выбор способа сварки.....	31
3.2 Выбор сварочных материалов	32
3.3 Расчет параметров режима сварки	33
3.4 Выбор сварочного оборудования	40
3.5 План раскроя заготовок конструкции	44
3.6 План борьбы со сварочными деформациями.....	46
3.7 Заготовительные операции	47
3.8 Сборочные операции.....	48
3.9 Сварочные операции	50
3.10 Контроль качества сварных соединений.....	51
Вывод по разделу	52
4 Комплект технологической документации.....	54
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	66
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	66
5.2 Анализ конкурентных технических решений.....	67
5.3 SWOT-анализ.....	69
5.4 Планирование научно-исследовательских работ	71

5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	71
5.4.2 Разработка графика Ганта, проведения научно-технического исследования.....	72
5.5 Бюджет научно-технического исследования	77
5.5.1 Расчёт материальных затрат	77
5.5.2 Расчёт амортизационных отчислений	78
5.5.3 Основная заработная плата исполнителей	79
5.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	81
5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	82
5.5.6 Накладные расходы	82
5.5.7 Расчёт общей себестоимости	83
5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	83
5.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	85
6 Раздел «Социальная ответственность»	90
Введение	90
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..	91
6.2 Производственная безопасность	92
6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов	94
6.3.1 Отклонение от показателей микроклимата в помещении	95
6.3.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте	97
6.3.3 Недостаточная освещённость рабочей зоны	98
6.3.4 Электрический ток.....	99
6.3.5 Контакт с реактивом для травления образцов	101
6.3.6 Поражение рентгеновским излучением при работе с ЭЛУ	102
6.4 Экологическая безопасность	103
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	105
Вывод по разделу	108
Заключение	109

Список использованных источников	110
Приложение А	116

Реферат

Выпускная квалификационная работа 116 листов, 7 рисунков, 46 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: сварка нержавеющей сталей, сварной шов, сборка, пикнометр, электронно-лучевая сварка.

Актуальность работы – усовершенствование технологии сборки и сварки корпуса пикнометра.

Объектом исследования является технология изготовления сварного корпуса пикнометра.

Цель работы – разработать технологическую документацию на сборку и сварку корпуса напорного пикнометра.

Данная работа имеет несколько задач которые необходимо выполнить, таких как: разработка технологии сборки и сварки, составление технической документации, экономическое обоснование выполненной работы, раздел социальной ответственности, а также оформление записки.

Работа представлена ведением, 7 разделами (главами) и заключением, приведен список публикаций студента, список использованных источников.

В первом разделе/главе «Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки» приведены все сокращения, обозначения и определения, используемые в данной дипломной работе.

Во втором разделе «Обзор литературы» были рассмотрены многие источники по исследуемой тематике, а именно по сварке нержавеющей сталей аустенитного типа и специальным методам сварки были рассмотрены: учебники, статьи, а также новейшие патенты из данной сферы.

В третьем разделе «Описание конструкции» была описана сварная конструкция, а также материал из которого она была выполнена, это сталь 12X18H10T, описаны свойства и характеристики этой стали.

В четвёртом разделе «Разработка технологии сборки и сварки пикнометра» была произведена основная часть ВКР, а именно был выбран

способ сварки, сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки, подобрано необходимое сварочное оборудование, а также разработан рациональный план раскройки металла и план борьбы со сварочными деформациями, в конце раздела были описаны заготовительные, сборочные, сварочные и контрольные операции для сварки данной конструкции. В заключении были окончательно сравнены между собой два выбранных способа сварки и было отдано предпочтение одному из них.

В пятом разделе «Комплект технологической документации» представлен КТД, а именно план раскроя заготовок, чертеж на сборку деталей и чертеж на сварку деталей, согласно которым выполняются технологические операции, кроме того в этом же разделе представлены маршрутная и операционная карты технологического процесса изготовления корпуса пикнометра.

В шестом разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была дана экономическая оценка данного исследования, проведён расчёт стоимости исследования, а также сравнены сильные и слабые стороны нашей технологии с другими конкурентными технологиями на рынке.

В седьмом разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены: правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В заключении описаны результаты выполненной работы, подведены итоги предыдущих семи разделов и дана оценка всему исследованию.

Введение

В настоящее время в промышленности многих стран мира для высокоточных измерений плотности жидкости и газа (в летучем и сжиженном состоянии) в условиях транспортирования по трубопроводам применяют напорные пикнометры. Также возможным применением пикнометров является, поверка и калибровка плотномеров (поточных), которые находятся в эксплуатации и лабораторные прецизионные измерения плотностей различных веществ.

Поскольку данный прибор предназначен для измерений высокой точности к нему предъявляются жесткие требования при изготовлении. Кроме высокой прочности пикнометра - прибор работает при давлении 25МПа, он также должен обладать высокой коррозионной устойчивостью, так как работать прибору зачастую приходится в агрессивных средах. Чтобы выполнять качественную долговечную службу, прибор изготавливают из стали 12Х18Н10Т. Данная сталь обладает всеми необходимыми характеристиками.

Проблема заключается в том, что невозможно получить необходимые свойства этой стали путем литого или кованного изделия, нержавеющая сталь имеет достаточно большую усадку, её ведет и также она склонна к образованию горячих трещин, поэтому получить внутреннюю шероховатость Ra0.1 и однородность свойств стали с помощью таких методов невозможно.

Корпус пикнометра выполняют составным из двух частей, обрабатывают, получая необходимую шероховатость и другие конструктивные элементы, а после сваривают. Только и процесс сварки очень непрост, мало того, что термическое влияние способно вызвать многочисленные дефекты (развитие коррозии, трещины, сварочные деформации), так и выполнить практически без обратного валика весьма тяжело.

На данный момент определенного решения этой проблемы не существует, многие компании получают при сварке валик не удовлетворяющий

требованиям шероховатости, что сказывается на качестве и сроке службе изделия.

Поэтому целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки корпуса напорного пикнометра, обеспечивающая получение сварного соединения без обратного валика и сохраняющая шероховатость внутренней поверхности пикнометра.

Объектом исследования является технология изготовления сварного корпуса пикнометра.

Предмет исследования – получение обратного валика сварного шва высокого качества с показателем шероховатости $Ra_{0,1}$.

Научная или практическая новизна – для выполнения цели данной работы необходимо будет тщательно изучив весь материал, написать технологию сборки и сварки, удовлетворяющую требованиям качества и экономичности.

Практическая значимость результатов ВКР – результаты данной ВКР могут применяться в машиностроении при изготовлении высокоточных приборов, по типу пикнометров, выполненных из нержавеющей сталей.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Данная выпускная квалификационная работа содержит в себе следующие обозначения и сокращения:

ВКР – выпускная квалификационная работа;

КТД – комплект технологической документации;

ЭЛС – электронно-лучевая сварка;

ЭЛУ – электронно-лучевая установка;

ЗТВ – зона термического влияния;

TIG – ручная аргодуговая сварка;

MIG – механизированная сварка в среде инертных газов;

ПК – персональный компьютер;

РДС – ручная дуговая сварка;

РАД – ручная аргодуговая сварка;

АФ – автоматическая сварка под флюсом;

МП – механизированная сварка плавящимся электродом в среде активных газов и смесях;

ЭШС – электрошлаковая сварка;

КТ – контактная сварка;

ИП – источник питания;

СО₂ – углекислый газ;

БМКБ – блок металлокомпозитных баллонов

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 23949-80 Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся;

ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия;

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

ГОСТ 7350-77 (СТ СЭВ 6434-88) Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3) ;

ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;

ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения;

ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;

ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;

ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация;

ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования;

ГОСТ 12.1.045-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля;

ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов;

ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов;

ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;

ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

1 Обзор литературы

1.1 Пикнометры напорные: сферы применения

Пикнометры напорные предназначены для высокоточных измерений плотности жидкости или газа (сжиженного) газа при условиях транспортирования по технологическим трубопроводам, а также для проведения поверки и калибровки поточных плотномеров в условиях эксплуатации.

Принцип измерения плотности с использованием напорных пикнометров основан на взвешивании известного объёма жидкости или газа, отобранного в пикнометр из трубопровода при температуре и давлении транспортирования по трубопроводу. Плотность измеряемой среды находят из частного от деления разницы массы заполненного и пустого пикнометра на значение вместимости пикнометра при условиях отбора пробы жидкости. Отбор заданного объёма измеряемой среды из трубопровода обусловлен конструкцией пикнометра, являющегося сосудом полного заполнения с известной вместимостью. Очень важно при измерении любом термостатировать пикнометр в определенном спектре температур.

Область применения - в составе переносных и стационарных пикнометрических установок поверочных лабораторий, пунктов приёма-сдачи жидких продуктов предприятий нефтегазоперерабатывающей и других отраслей промышленности и в научных исследованиях [1].

Также пикнометры можно использовать для измерения параметров флюидов с помощью глубинных проб на скважине, такое применение пикнометров, например, описали Ашмян Константин Дмитриевич, Вольпин Сергей Григорьевич и Пономарев Анатолий Кириллович в своем патенте «Глубинный пикнометр "Пентометр"» [6].

Компания Micromeritics Instrument Corporation, США, производит пикнометры «ACCURYS 1330», которые применяются для измерения плотности всех твердых материалов (цельных и сыпучих), то есть для контроля качества разнообразных материалов: строительных, отделочных, различных пигментов,

фармацевтических препаратов и даже для минералов и сплавов. Погрешность измерения этого прибора составляет всего $\pm 0,03\%$.

Согласно РД 153-39.4-042-99, пикнометры следует применять для поверки и калибровки точности поточных преобразователей плотности, их погрешность в измерении плотности должна составлять не более $\pm 0,3 \text{ кг/м}^3$, а значит поточные пикнометры должны быть точностью не ниже заданной.

Все эти сферы применения данного прибора, говорят о перспективности развития данной ниши.

1.2 Пикнометры напорные: обзор производителей

На данный момент в свободном интернет доступе в России можно найти 3 основных поставщика напорных пикнометров в нефтедобывающую промышленность нашей страны. Это ARCCO Instrument Co. Inc. (США), фирма «Stanhope-Seta Ltd», (Великобритания), а также ОАО Акционерная Компания ОЗНА, г.Октябрьский, (Россия).

Каждый из приборов, этих компаний зарегистрирован в государственном реестре, из данных полученных оттуда для каждого из приборов, изготовленных этими компаниями можно провести сравнительный анализ качества продукции.

Таблица 1 – Технические характеристики пикнометров [2], [3], [4]

Тип пикнометра	ARCCO	Setaprove	ПНП-ЖУ
Номинальная вместимость пикнометра, см^3	1000	500	500
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения фактической вместимости, см^3	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,02$

Продолжение таблицы 1 – Технические характеристики пикнометров

Избыточное давление жидкости при отборе проб, МПа, не более	19	10	6,3
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения плотности, кг/м ³	±0,1	± 0,1	±0,1-0,3
Масса пустого пикнометра, кг, не более	2,3	3,9	5
Условия эксплуатации: - диапазон температуры окружающей среды, °С · при отборе пробы жидкости · при взвешивании пикнометра - относительная влажность воздуха, %, не более	от -35 до 50 от весов 100	от 5 до 50 от 15 до 25 99	-20 до 40 - 95
Диапазон измерений плотности жидкости, кг/м ³	От 0,1 до 3000	от 650 до 970	От 500 до 1000
Наработка на отказ, ч	10000	~10000	8700

Приборы ARCCO, Setarprove, ППП-ЖУ – произведены соответственно: Это ARCCO Instrument Co. Inc. (США, «Stanhope-Seta Ltd», (Великобритания), ОАО Акционерная Компания ОЗНА, г.Октябрьский, (Россия).

Исходя из найденных мною характеристик можно заключить, что хоть приборы и имеют примерно одинаковую абсолютную погрешность, которая позволяет по РД 153-39.4-042-99 применять их как для поверки и калибровки, так и для непосредственного измерения плотности (необходимая величина погрешности не выше ±0,3кг/м³, и тем не менее качество этих приборов сильно разнится.

В нефтегазовой отрасли величина давления в магистральных трубах определяется СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы». Согласно

этому документу давление в магистральных трубопроводах 1 класса составляет от 2,5 до 10,0 МПа, 2го класса от 1,2 до 2,5 МПа. А значит прибор ПНП-ЖУ отечественного производства можно надёжно применять только на магистральных трубопроводах 2го класса или же для 1го класса, но с постоянным снижением для измерений давления в трубе, до необходимого значения (6,3МПа), что несёт прямые финансовые потери. Для контроля в условиях эксплуатации таких конструкций, надёжнее было бы применить пикнометр ARCCO, так как при повышении давления свыше 10МПа, прибор также будет работоспособен. Прибор Setaprove изготовлен ровно под необходимое для эксплуатации давление, без запаса прочности.

Удобство применения этих приборов, также отличается- отечественный агрегат весит в 2 раза больше американского и в 1.3 раза больше английского. В условиях эксплуатации ARCCO имеет наиболее широкий диапазон температур и относительной влажности воздуха, поэтому может применяться, как в условиях крайнего севера, так и в жарком климате. Немногоим ему уступает наш ПНП-ЖУ, а Setaprove, к сожалению, не предназначен для измерения плотности в отрицательных температурах.

Диапазон измерений, еще больше закрепляет доминирование технических характеристик ARCCO перед своими конкурентами.

Срок службы этих приборов указан одинаковым 10 лет, но наработка на отказ отличается по часам на 1300ч, между российским и зарубежными образцами.

Очень жаль, что найти цену всех этих приборов не представляется возможным (везде цена указана, как договорная). Но можно предположить, что пикнометр российского производства будет самым дешевым, далее производства Великобритании и самым дорогим будет являться американский прибор. Если же это не окажется таковым, то конкурентное преимущество отечественного прибора будет крайне низким.

Также невозможно найти материалы, всех представленных приборов, кроме материала ARCCO, это сталь 08X16H11M3 – нержавеющая легированная.

Прибор изготовленный из стали 12X18H10T, разработкой технологии сварки которого я занимаюсь, по технологическим свойствам не должен уступать модели ARCCO, так как механические характеристики сталей весьма схожи, поэтому вопрос в качестве изделия будет решаться в возможности противостоять коррозии в агрессивных средах. А непосредственным концентратором напряжений и коррозии будет являться крупный обратный валик от сварки во внутренней части пикнометра. Поэтому задание состоит в том, чтобы сварить качественный сварной шов, не создав или практически не создав обратного валика.

1.3 Сварка нержавеющей сталей аустенитного типа: обзор литературы

Аустенитными хромоникелевыми сталями называют стали состоящие из однофазного твердого раствора Cr и Ni с содержанием феррита не выше 2%. Используются эти стали при изготовлении конструкций и аппаратов, которые предназначены для работы в агрессивных средах при температурах до 700°C [8].

Оценивая свариваемость хромоникелевых аустенитных сталей (а сталь 12X18H10T относится именно к этому типу) различного назначения, можно отнести их к удовлетворительно, а иногда и хорошо свариваемым сталям. Однако их сварка и обеспечение требуемых свойств сварных соединений требуют часто принятия специальных мер [5].

Сварка данных сталей осложнена в первую очередь высоким содержанием различных легирующих компонентов, а также спектром условий, которые одновременно необходимо соблюсти (прочность, требования к коррозионной стойкости, хладостойкость, жаростойкость и т.д.). Кроме этого данные стали имеют свои особенности в теплофизических свойствах, обусловленные высоколегированным составом сталей. А именно в сравнении с углеродистыми сталями, они имеют теплопроводность меньшую примерно в 3-4 раза, но при этом больший коэффициент линейного расширения, большее

электрическое сопротивление 4-5 раз, а также высокое содержание хрома почти во всех нержавеющей сталях [7].

Эти особенности очень сильно влияют на сварку нержавеющей сталей. Из-за уменьшенной теплопроводности и повышенного электрического сопротивления, данные стали склонны к перегреву, это вызывает снижение сварного тока, а значит и уменьшение проплавления, производительности. Также из-за повышенного коэффициента температурного расширения, сталь имеет относительно высокие значения усадки, поэтому нержавеющую сталь может повести при сварке. А высокое количество хрома в нержавеющей сталях (в нашей 18%), снижает прочность сварного шва, так как при высокой температуре хром реагирует с углеродом, образуя менее прочный карбид хрома.

Рассмотрим основные проблемы при сварке хромоникелевых аустенитных сталей [7]:

- высокая склонность к образованию горячих трещин;
- возможная потеря коррозионной стойкости;
- усиления процессов охрупчивания металла сварных соединений во время эксплуатации;
- возможно возникновение пор в наплавленном металле.

Теперь разберём поподробнее по порядку каждую из проблем и пути ее решения.

I. Механизм образования этих трещин различное. В первую очередь они обусловлены значительными деформациями и напряжениями в сварном шве. Но также формирование крупнозернистой столбчатой структуры в металле сварочной ванны сочетается с ликвационной неоднородностью легирующих элементов (Cr, Ni, Nb, В и С) и в совокупности дает образование легкоплавких различных (карбидных, боридных и т.д.) эвтектик по стыкам зерен. Эти процессы вызывают горячие трещины кристаллизационного типа в интервале температур 1200...1250°C, также горячие трещины в твердой фазе 1000-1200°C, в результате межзеренной высокотемпературной деформации, и кроме всего

образуются горячие трещины в местах сосредоточения высокотемпературных эвтектик, то есть в околосшовной зоне [8].

Избежать появления горячих трещин в сварном шве можно применением нескольких мер [7]:

- Введения в металл шва в достаточных концентрациях элементов, способствующих образованию второй высокотемпературной избыточной фазы типа твердого раствора;
- Дополнительного легирования некоторыми легирующими элементами;
- Измельчения первичной структуры воздействием на сварочную ванну ультразвуковых колебаний или механических вибраций, а также введением элементов-модификаторов;
- Ограничения содержания в металле вредных (серы, фосфора) и ликвирующих примесей, способствующих образованию легкоплавких фаз;
- Использования технологических способов [7].

Чтобы получить необходимое двухфазное строение металла выбирают соответствующую состав металла шва – увеличивают содержание элементов-ферритизаторов и снижают содержание элементов-аустенизаторов в сварном шве. Совокупное действие легирующих элементов на конечную структуру шва оценивают по структурной диаграмме Шеффлера (рисунок 1) [7].

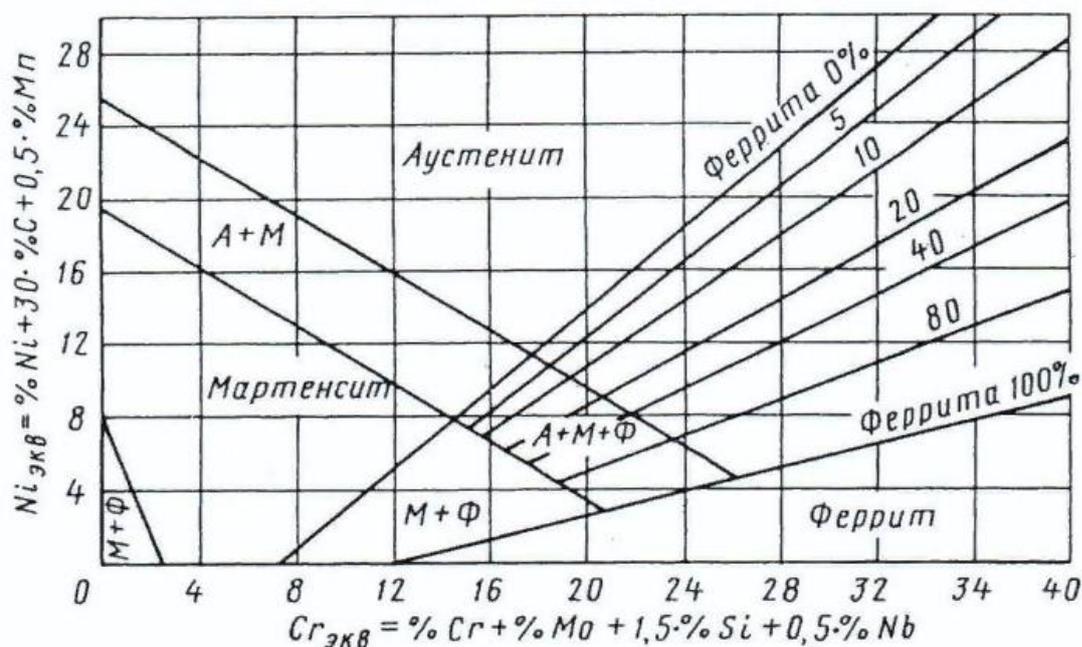


Рисунок 1 – Структурная диаграмма Шеффлера для определения фазового состава аустенитных швов

Сварочную проволоку или электроды назначают по заданному составу шва, в соответствии с маркой свариваемой стали, примерные доли основного и электродного металла, рассчитывают исходя из покрытия электродов в шов, которые зависят от режима сварки, степени выгорания элементов, переход элементов из флюса и покрытия электрода [9].

II. Высоколегированные хромоникелевые аустенитные стали чаще всего используют для изготовления коррозионностойких изделий. Поэтому основное требование, предъявляемое к сварным соединениям, это стойкость к различным видам межкристаллитной коррозии. Межкристаллитная коррозия в сварных соединениях может развиваться как в металле шва, так и в основном металле зоны термического влияния у линии сплавления (ножевая коррозия) или на некотором удалении от шва. Механизм развития этих видов межкристаллитной коррозии одинаков. Он связан с длительным пребыванием металла в температурном интервале 500...850 °С и выпадением из аустенита карбидов хрома, обедняющих хромом периферийные участки зерен аустенита.

Межкристаллитная коррозия основного металла в участках зоны термического влияния, расположенных на некотором удалении от шва, при отсутствии в металле титана или ниобия может быть вызвана также воздействием критических температур, обусловленных неоптимальным сварочным термическим циклом или эксплуатацией изделия [7].

Ножевая коррозия имеет более сосредоточенный вид чем межкристаллическая, она поражает основной металл. Такая коррозия развивается в сталях, которые стабилизированы титаном или ниобием, в участках основного металла, нагретого выше 1250°C. При таком нагреве карбиды титана и ниобия растворятся в аустените, а повторный нагрев до 500-800°C при многослойной сварке ведет к сохранению титана и ниобия в составе аустенита, с выделением карбида хрома [10].

Чтобы не допустить развитие межкристаллической и ножевой коррозии необходимо соблюдать ряд мер: снижение содержания углерода, до пределов его растворимости в аустените, легирование титаном и ниобием, правильными режимами термической обработки металла после сварки – закалка с последующим стабилизирующим отжигом [10].

III. Охрупчивание металла сварных соединений. В процессе высокотемпературной эксплуатации в сварных соединениях из хромоникелевых аустенитных сталей под действием рабочих температур могут протекать процессы сигматизации и 475-градусной хрупкости.

Сигматизация – образование в структуре металла шва хрупкой твердой немагнитной составляющей, получившей название σ -фазы. Она представляет собой интерметаллид типа FeCr, имеющий переменный состав и сложную кристаллическую решетку. Появление ее в металле швов влечет за собой резкое снижение их ударной вязкости. Эффективным средством предотвращения образования σ -фазы является нагрев сварных соединений до температуры 1050...1150 °C с выдержкой в течение 1 ч и последующим быстрым охлаждением.

475-градусная хрупкость или, как ее еще называют, тепловая хрупкость не сопровождается явными структурными изменениями и является своего рода σ -старением, обусловленным, по-видимому, выпадением субмикроскопических частиц на границах зерен твердого раствора. Тепловая хрупкость имеет обратимый характер и устраняется кратковременным нагревом до 550 °С. Радикальным средством предотвращения тепловой хрупкости является ограничение содержания феррита до 2...5 % в двухфазных сварных швах.

IV. Предупреждение образования пор. При сварке хромоникелевых аустенитных сталей металл шва может содержать повышенное количество водорода, обусловленное его высокой растворимостью и низкой диффузионной подвижностью в аустените. Это становится основной причиной появления в нем пор [10].

Чтобы предотвратить образование пор в аустенитных швах, полезно вводить в зону сварки небольшое количество кислорода, который связывает водород. Однако наиболее эффективным средством предупреждения водородной пористости является устранение главных источников поступления водорода в зону сварки – влаги сварочных материалов (включая влагу воздуха), масел и других загрязнений свариваемых кромок [10].

Ввиду рассмотренных особенностей можно заключить, что для уменьшения образования различных дефектов сварного шва и для уменьшения влияния зоны термического влияния на основной материал шва, следует применять способы сварки и режимы с максимальной концентрацией тепловой энергии и при этом не высокой погонной энергией. Также рекомендуется применять механизированные и автоматические способы сварки для непрерывного нанесения шва, уменьшения влияния температуры на металл при последующем зажигании дуги. Длину электрода и плотность тока следует понизить.

Теперь хочется рассказать о новых технологических решениях и патентах в области сварки нержавеющей сталей.

Одним из таких примеров является работа ХАМАДА, Такеси (JP), КОБАСИ, Тайдзоу (JP), ИСИГАЙ, Синя (JP), МАЦУНАМИ, Масахиро (JP), СУЗУКИ, Еиити (JP) «Способ гибридной лазерной/дуговой сварки и использующий его способ изготовления сварного изделия» [11]. В этом патенте описано изобретение комбинированного вида сварки лазерной и TIG сварки. Преимуществом данного вида сварки является высокая скорость сварки и глубокое проплавление в совокупности с получением качественного шва, достигается это за счёт высокой концентрации энергии лазерного луча в соединении с проплавлением дуговой сваркой в среде аргона, который препятствует появлению многих дефектов.

Конфигурация сварки представлена на рисунке 2.

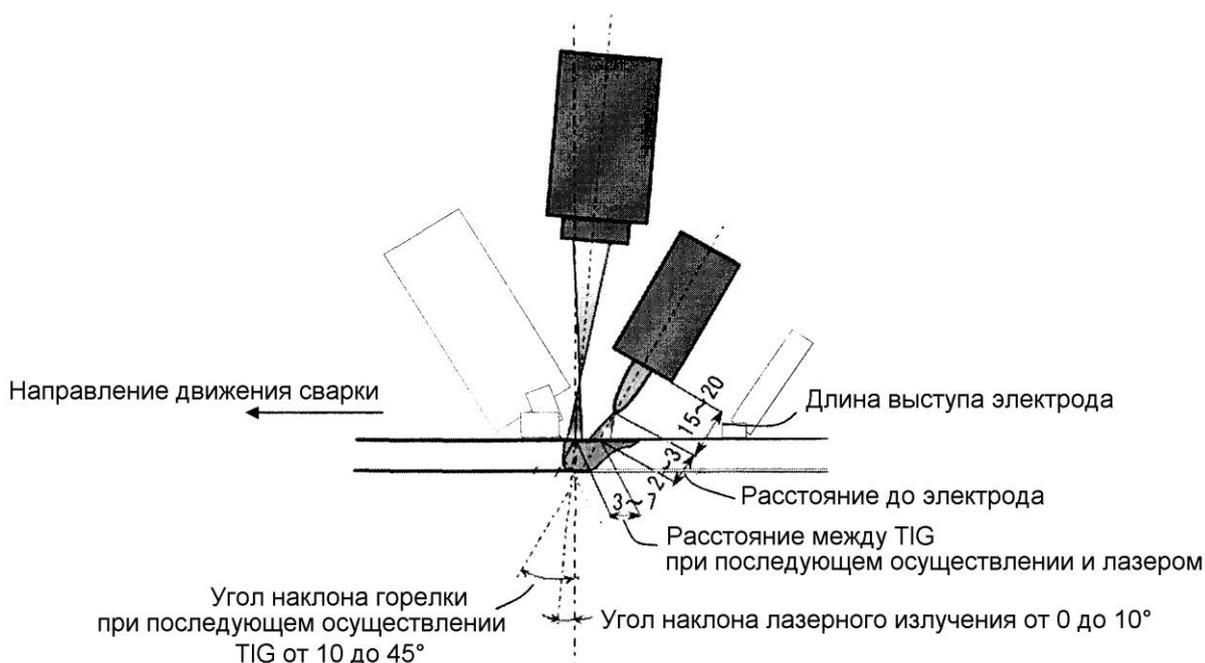


Рисунок 2 – Комбинированная лазерная/TIG сварка

Данное изобретение позволило сваривать пластины из титана со скоростью 20м/мин, а традиционный способ TIG сварки таких изделий позволял сваривать детали со скоростью 9м/мин. Очень интересна эта технология тем, что дефекты сварного шва, образующиеся при стандартной лазерной сварке – газовые поры, вызванные затвердеванием образующейся пены при высокой скорости сварки, нивелируются последующим проходом дуговой сварки

(образующаяся пена разрушается). Также возможен предварительный подогрев TIG сваркой перед проходом лазерного луча, как возможный вариант способа сварки. В итоге получается качественный и производительный способ сварки. Применительно для нержавеющей стали, данная технология тоже может применяться весьма успешно. Этот способ сварки, к сожалению, описан для тонкостенных изделий 0,8 -2,5 мм и навряд ли подойдет применительно к моей технологии, но это очень перспективное направление сварки [11].

Также стоит рассмотреть передовые исследования в области электронно-лучевой сварки, так как этот вид сварки обладает всеми необходимыми нам критериями.

Например, отечественные ученые: Портных Александр Иванович (RU), Татаринцев Андрей Александрович (RU), Паничев Евгений Владимирович (RU), Шуваева Лариса Павловна (RU) в своей работе «Способ электронно-лучевой сварки деталей» [12], описывают способ изготовления сосудов, работающих при высоком давлении. Относят они это исследование к сварке титановых шаробаллонов. В своей работе они описывают о существовавших ранее технологиях сварки подобных конструкций электронно-лучевой сваркой.

А именно, Патент №2527566, МПК В23К 15/00, данный патент описывает сварку электронно-лучевой сварки, когда формируют припуск на одной из деталей, который после сварки механически удаляется, но это невозможно сделать в замкнутой поверхности сосуда, а также очень тяжело при данной технологии провести контроль сварного соединения.

Также, Патент №2635637 С1, МПК В23К 15/00, суть которого является выполнение с одной стороны присадочного выступа с ориентиром для электронного луча, сложность данной технологии заключается, в опять же непростой механической обработки присадочного выступа и невозможностью качественного рентгенографического контроля шва [12].

Поэтому авторы данной работы [12] предлагают следующее, выполнить разделку свариваемых кромок под сварку с выполнением с наружной стороны соединяемых деталей ориентира, установку деталей встык по свариваемым

кромкам, наведение электронного луча на упомянутый ориентир с расположением его оси в плоскости стыка деталей и одновременное расплавление электронным лучом свариваемых кромок деталей. В таком случае ориентир выполняют как фаску глубиной 1...1,5 мм с углом раскрытия 10-12° для наведения электронного луча на свариваемый стык. С внутренней же стороны каждой детали, вырезают уступ высотой 0,1...0,2 и шириной 0,04...0,08 от толщины стыка. Контроль проводят рентгенографическим методом через две стенки, такой способ позволяет выявлять непровар по всему сечению. Результатом изобретения является исключение такого дефекта как непровар сварного шва и повышение качества сварных соединений. На рисунке 3 показана наглядна схема разделки кромок данного метода [12].

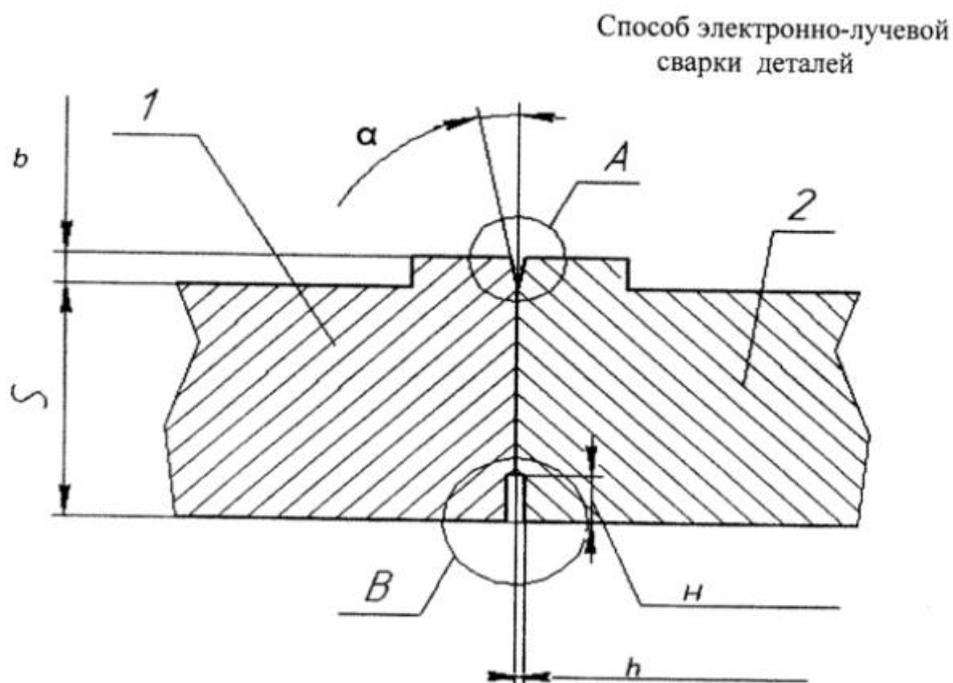


Рисунок 3 – разделка кромок при электронно-лучевой сварке

Данная технология сварки электронного луча очень эффективна и в контексте моей работы, поскольку благодаря уступу на внутренней стороне деталей, образуется качественный обратный валик. В данном случае луч наводится на ориентир и проплавляет металл до уступа, металл за счет капиллярных сил удерживается в уступе, оплавляя кромки деталей, за счёт хорошей жидкотекучести титана корневой шов заполняется.

Для применения такого метода разделки кромок при лучевой сварки в своей технологии, необходимо качественно сравнить жидкотекучесть нержавеющей стали с жидкотекучестью титана. Но эта технология в перспективе может дать ту величину шероховатости, что необходимо достигнуть в разработке сварки корпуса пикнометра.

Еще один способ электронно-лучевой сварки описан в патенте 2561626, МПК В23К 15/04, в нём авторы изобретения описывают способ сварки круговых стыков сканирующим электронным пучком [44].

Суть технологии заключается в расщеплении основного электронного луча на несколько псевдолучей, которые равномерно распределяют по периметру стыка, а далее осуществляют сканирование по замкнутой траектории в одном направлении. Распределение лучей представлено на рисунке №, где видно, что в ходе сканирования осуществляется множественное пересечение кругового стыка между точками сварки по ломаной линии. В таком случае после сварки мы будем иметь относительно узкую зону термического влияния, что уменьшит термические напряжения, деформации, а также снизится риск образования горячих и холодных трещин.

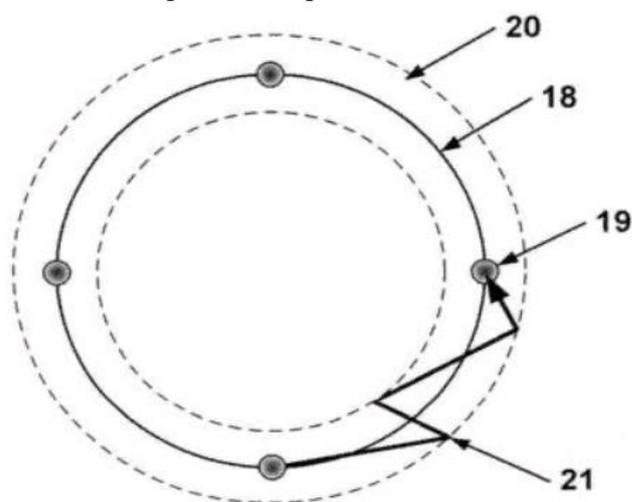


Рисунок 4 – Схема распределения псевдолучей

Данный способ сварки используется при сварке тонкостенных изделий из нержавеющей, высокопрочных и других высоколегированных сталей. При выборе технологии, можно будет рассмотреть и эту технологию, но для нашего

случая – сварки нержавеющей стали толщиной 7 мм придётся назначать весьма мощное оборудование, чтобы провести сварку псевдолучами, так как они имеют меньшую глубину проплавления, чем единый сконцентрированный электронный луч [44].

В ходе анализа ряда технологий и способов сварки, можно заключить, что технология специальных методов сварки не стоит на месте и очень быстро развивается, а это значит необходимо будет оценить рациональность применения новых вариантов разделки кромок при электронно-лучевой сварке, а также использование сварки концентрированным лучом или же разделенным на несколько.

2 Описание конструкции

2.1 Описание сварной конструкции

На рисунке 5 представлена конструкция напорного пикнометра.

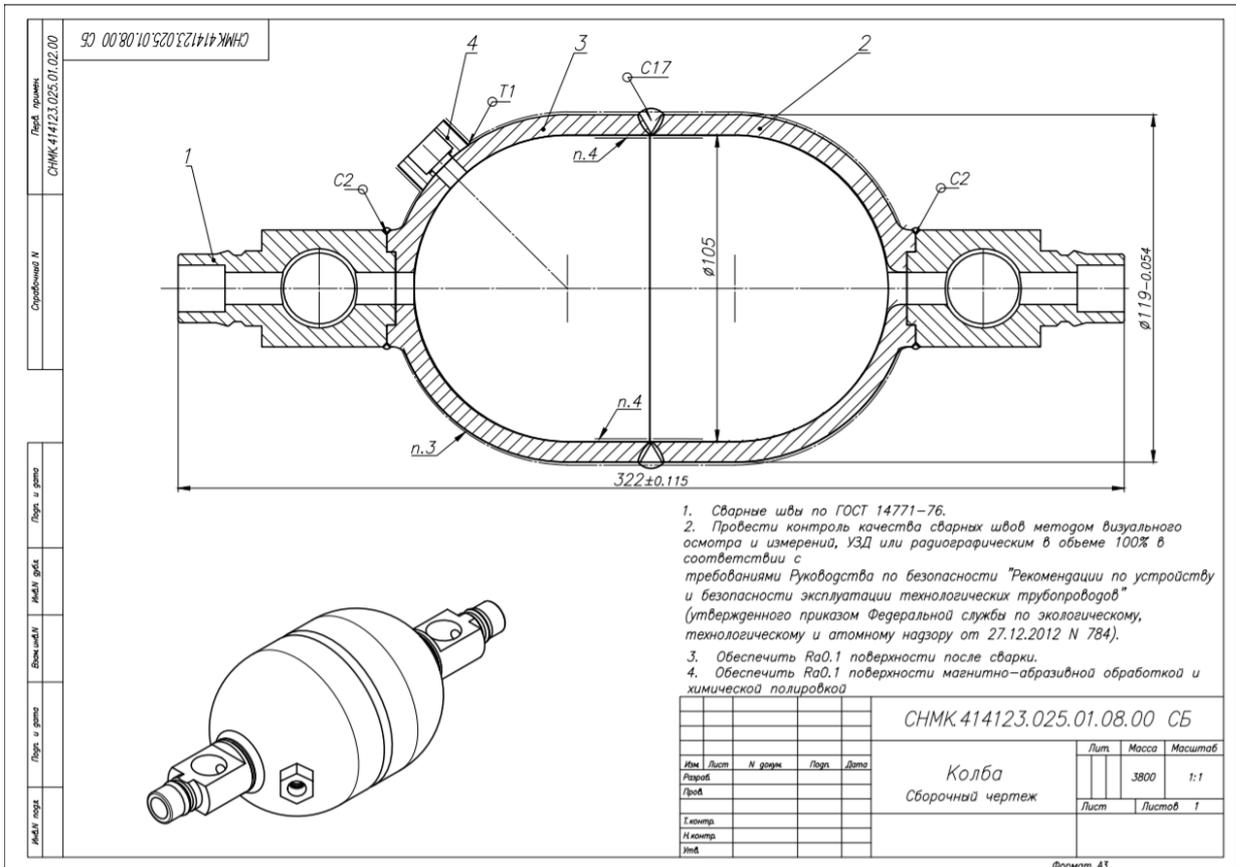


Рисунок 5 – Пикнометр чертеж сборный

Конструктивно пикнометры изготавливаются как цельнометаллические сосуды с двумя запорными кранами конусного типа и аварийным клапаном сброса давления. Головки кранов выполняются полукруглыми или прямоугольными, корпуса кранов имеют входные отверстия с наружной резьбой для подключения к соединениям трубопроводов пикнометрических установок. Имеется сварной шов с разделкой кромок С17, который необходимо выполнить, соблюдая условие внутренней шероховатости Ra0,1.

2.2 Общая характеристика состав и свойства стали 12X18H10T

Сталь, которую необходимо сварить – 12X18H10T относится к классу конструкционных коррозионностойких (нержавеющая) сталей. Из этой стали выполнен корпус пикнометра.

Использование в промышленности: детали, работающие до 600 °С. Сварные аппараты и сосуды, работающие в разбавленных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, растворах щелочей и солей и другие детали, работающие под давлением при температуре от —196 до +600 °С, а при наличии агрессивных сред до +350 °С.; хромоникелевая сталь аустенитного класса [13].

Таблица 2 - Химический состав стали 12X18H10T [13]

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	Fe, %	Ti, %
≤0,12	≤0,80	≤2,00	≤0,020	≤0,035	17,0- 19,0	9,0- 11,0	основа	0,5-0,8

Таблица 3 - Механические свойства стали 12X18H10T [13].

Марка стали	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %
12X18H10T	490	195	38	40

Твердость материала без термообработки: НВ 10^{-1} = 179 МПа [13].

Свариваемость материала: без ограничений, способы сварки: РДС, РАД, АФ, МП, ЭШС и КТ. Рекомендуется последующая термообработка [13].

Таблица 4 - Физические свойства стали 12X18H10T при 100°С [13].

Вид стали	E, ГПа	α , 10^6 (1/Град)	λ , (Вт/(м·град))	ρ , (кг/м ³)	C, (Дж/(кг·град))	R, 10^9 (Ом·м)
12X18H10T	195	16.6	16	7920	462	792

3 Разработка технологии сборки и сварки пикнометра

3.1 Выбор способа сварки

В выборе способа сварки ключевыми параметрами в рамках данной задачи будет являться возможность сварить без дефектов сварной шов из нержавеющей стали выполнил условие внутренней шероховатости. Поэтому нам необходимо рассматривать способы сварки способные дать высокую концентрацию энергии, с хорошим проплавлением, но низкой погонной энергией, при этом нужно исключить влияние окружающей среды на шов, поскольку к соединению стоят жесткие требования по межкристаллической коррозии. Также это должны быть механизированные или автоматизированные методы сварки, чтобы проводить проходы непрерывно, не вызывая повторное термическое влияния на сформированный проход новым зажиганием дуги.

Это означает, что такие из всех дуговых способов сварки наиболее подходящим будет являться вариант сварки неплавящимся электродом в среде аргона, поскольку данная сварка наилучшим образом изолирует металл сварочной ванны от атмосферы, легко механизуется, а также обладает достаточно высокой концентрацией энергии в сравнении с другими дуговыми способами сварки.

Также внимание стоит уделить специальным методам сварки: лазерной сварке и электронной лучевой сварке, так как эти способы сварки способны создать высокую концентрацию энергии в зоне сварки. По степени защиты шва от окружающей среды лучшим вариантом является электронно-лучевая сварка, так как проводится в вакууме, а сварка лазером выполняется с подачей защитного газа. К тому же лазерную сварку целесообразнее применять для сварки тонкостенных изделий, а толщина стенки пикнометра составляет 7мм, при больших толщинах КПД светового луча снижается и повышается возможность появления дефектов (газовых пор). И также что весьма важно электронно-лучевая сварка способна дать намного большие значения

сконцентрированной энергии нежели лазерная сварка. Поэтому делаем выбор в пользу электронно-лучевой сварки.

С помощью сравнительного анализа способов сварки между собой, учитывая необходимые требования были назначены два способа сварки, которые необходимо сравнить в ходе ВКР между собой это – аргонодуговая сварка неплавящимся электродом и электронно-лучевая сварка.

3.2 Выбор сварочных материалов

Сварку в защитных газах аустенитных хромоникелевых сталей толщиной до 7 мм и корневых швов при большой толщине ответственных изделий выполняют непрерывно горячей и импульсной дугой вольфрамовым электродом в инертных газах (аргон, гелий) без присадки или с присадочной проволокой, соответствующей составу основного металла. Импульсная дуга изменяет условия кристаллизации металла шва, повышая сопротивляемость образованию горячих трещин. Сварку плавящимся электродом ведут в инертных газах (аргон, гелий) и газовых смесях инертных или инертных с активными газами (Ar с 15% CO₂, Ar с 5% N₂, Ar с 5% O₂) [8].

Сварку в инертных газах вольфрамовым электродом для стали 12X18H10T ведут на постоянном токе прямой полярности. В нашем случае, согласно рекомендациям, применяем электрод марки WT-20 Ø4мм определяется по ГОСТ 23949-80 [6]. Данный электрод имеет примесь тория (2%), что повышает стабильность горения дуги и устойчивость при высоких температурах. Из минусов можно указать радиоактивность тория (низкого уровня), пары и пыль при заточке электрода могут влиять на здоровье сварщика.

Выбор сварочной проволоки производим по металлургическому соответствию состава проволоки с материалом изделия, а также по технологическим признакам. По рекомендациям [14] назначаем проволоку ОК Autrod 347Si по ISO EN 14343-A, химический состав (таблица 5).

Таблица 5 - Химический состав проволоки ОК Autrod 347Si [15]

Тип проволоки	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Nb, %	S, %	P, %
Autrod 347Si	≤0,08	1,0-2,5	0,65-1,0	19,0-21,0	9,0-11,0	0,8-1,0	≤0,02	≤0,03

В сварке нержавеющей сталей аустенитного типа неплавящимся электродом в среде защитных газов обычно используют аргон или его смеси с активными газами (N₂, CO₂ и тд) Для выполнения сварки нержавеющей стали 12X18H10T данной проволокой рекомендуется использовать смесь M12 [16].

Таблица 6 - Химический состав смеси M12 [16]

Смесь	Ar, %	CO ₂ , %
M12	98	2

В данной смеси M12 - 98%Ar + 2%CO₂; Ar — аргон газообразный сорт высший (99,993%) по ГОСТ 10157-79; CO₂ — двуокись углерода газообразная сорт высший (99,8%) по ГОСТ 8050-85. Поставляется в стальных баллонах под давлением 150 кгс/см²; в моноблоках БМКБ — под давлением 200 кгс/см². Баллоны окрашены в черный цвет и имеют белую надпись «смесь Ar — CO₂ [16].

При электро-лучевой сварке присадочную проволоку, также можно использовать, для металлургического влияния на состав шва, для этих целей также можно использовать проволоку ОК Autrod 347Si.

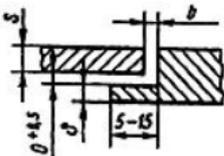
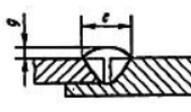
3.3 Расчет параметров режима сварки

Рассчитаем параметры режимов сварки сначала для механизированной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

К основным параметрам режимов сварки в защитных газах относятся: диаметр неплавящегося электрода или электродной проволоки, сварочный ток, род тока и полярность, напряжение дуги, скорость подачи электродной и присадочной проволоки, скорость сварки. Дополнительными параметрами

режима являются вылет электрода, расход защитного газа, наклон электрода вдоль оси шва, частота и амплитуда поперечных колебаний [8].

Для сварки в аргоне неплавящимся электродом используем замковую разделку кромок С6 (таблица 7) в соответствии с ГОСТ 14771-76 [46].

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	b		δ	e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	пред. откл.		Номин.	пред. откл.	Номин.	пред. откл.
С6			2,5-6	0	+1	3	8	+4	1	±0,5

Рассчитаем основные параметры сварки. Назначим диаметр проволоки равный $d_{пр}=1,6$ мм, максимальный для ОК Autrod 347Si.

Так как наше соединение замковое, необходимо будет добиться полного проплавления за 1 проход, рассчитаем режимы.

1) Установим требуемую глубину проплавления притупления при сварке односторонних швов [17]:

$$H = 0,7 \dots 0,8 \cdot S, \quad (1)$$

где H – глубина проплавления притупления, мм;

S – толщина свариваемой детали, мм.

Если $H > 0,7 \dots 0,8 \cdot S$, то проплавление скачкообразно возрастает и появляется вероятность прожога, для уменьшения этой вероятности назначаем коэффициент равный 0,7.

$$H = 0,7 \cdot 7 = 4,9\text{мм}$$

2) Определяем величину сварочного тока $I_{св}$ необходимую для провара рассчитанной глубины:

$$I_{св} = \frac{H}{K_h} \cdot 100, \quad (2)$$

где K_h - коэффициент пропорциональности, который зависит от условий сварки, определяем по таблице 2.1 [17], $K_h=2$, так как сварку аустенитных нержавеющей сталей ведут на пониженном токе, во избежание сварочных деформаций. Рассчитываем сварочный ток по формуле (2):

$$I_{св} = \frac{4,9}{2} \cdot 100 = 245A$$

3) Выбираем диаметр электродной проволоки, согласно рекомендациям [17] по формуле (3):

$$d_э = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{j}}, \quad (3)$$

где j – допустимая плотность сварочного тока, A/mm^2 , которая зависит от диаметра электродной проволоки и назначается согласно таблице 2.2 [17], $j=100 A/mm^2$;

$d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм;

$I_{св}$ – сварочный ток, А.

Тогда диаметр электродной проволоки по формуле (3) будет равен:

$$d_э = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{245}{100}} = 1,77mm$$

Округляем до ближайшего значения нашей проволоки $d_э=1,6mm$ проволока - ОК Autrod 347Si.

4) Определяем напряжение на дуге по формуле (4) [17]:

$$U_д = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_э^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (4)$$

где $U_д$ – напряжение на дуге, В.

Подставляем все известные нам значения и получаем:

$$U_д = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 245 \pm 1 = 30 \pm 1B$$

5) Определяем скорость сварки по формуле (5) [17]:

$$v_{св} = \frac{A}{I_{св}} \quad (5)$$

где A – произведение силы тока и напряжения, $A \cdot м/ч$, которая также определяется согласно таблице 2.3 [17], $A = 6000 A \cdot м/ч$;

$v_{св}$ – скорость сварки, $м/ч$.

Тогда скорость сварки по формуле (5) равна:

$$v_{св} = \frac{6000}{245} = 24,5 \text{ м/ч} \approx 25 \text{ м/ч}$$

Скорость сварки при механизированной сварке обычно находится в пределах 15-60 м/ч, что соответствует полученному значению. Округлять необходимо в большую сторону, до ближайшего возможного значения.

б) Рассчитываем погонную энергию согласно формуле (6):

$$q_{п} = \frac{0,24 \times I_{св} \times U_{д} \times \eta_{и}}{v_{св}}, \quad (6)$$

где $q_{п}$ – погонная энергия, $ккал/см$;

$\eta_{и}$ – коэффициент погонной энергии, $\eta_{и} = 0,7 \dots 0,8$ при сварке в аргоне неплавящимся электродом.

Подставляем эти значения в формулу (6), и считаем погонную энергию:

$$q_{п} = \frac{0,24 \times 245 \times 30 \times 0,75}{25} = 53 \text{ ккал/см}$$

7) Считаем коэффициент формы провара:

$$\psi_{пр} = K' \times (19 - 0,01 \times I_{св}) \frac{d_{эл} \times U_{д}}{I_{св}}, \quad (7)$$

где $\psi_{пр}$ – коэффициент формы провара;

K – коэффициент рода и полярности тока.

Значения K' определяются по таблице [17, табл. 2.4] в зависимости от рода и полярности тока, принимаем $K^* = 0,853$.

Подставляя все значения в (7), считаем коэффициент формы провара:

$$\psi_{пр} = 0,853 \times (19 - 0,01 \times 245) \frac{1,6 \times 30}{245} = 2,76;$$

Для механизированной сварки значения коэффициента формы провара $\psi_{\text{пр}} = 0.8 \dots 4$, полученный коэффициент $\psi_{\text{пр}} = 2,76$ соответствует условию.

8) Считаем ширину шва e [18]:

$$e = \psi_{\text{пр}} \times H, \quad (8)$$

где e – ширина шва, мм.

Подставим известные ранее значения в формулу (8) и получим:

$$e = 3,83 \times 4,9 = 18,7 \text{ мм}$$

Принимаем максимальную допустимую ширину $e = 12 \text{ мм}$

10) Принимаем вылет электрода равный $l = 15 \text{ мм}$, согласно [17, с.18].

11) Рассчитаем коэффициент наплавки α_H , для этого следует определить коэффициент расплавления α_P , который равен [18]:

$$\alpha_P = \alpha_P^g + \alpha_P^T, \quad (9)$$

где α_P^g – составляющая коэффициента расплавления, обусловленная тепловложением дуги, г/А·ч;

α_P^T – составляющая коэффициента расплавления, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/А·ч [17].

Для сварки постоянным током обратной полярности $\alpha_P^g = 11,6 \pm 0,4 \text{ г/А·ч}$, примем $\alpha_P^g = 12 \text{ г/А·ч}$

Значение составляющей α_P^T , считается как:

$$\alpha_P^T = 3,1 \times 10^{-4} \sqrt{I_{\text{св}}} \frac{l}{d_{\text{эл}}^2} \quad (10)$$

$$\alpha_P^T = 3,1 \times 10^{-4} \sqrt{245} \frac{15}{1,6^2} = 0,028 \text{ г/А·ч}$$

Суммирую полученные значения в формуле (9) получим:

$$\alpha_P = 12 + 0,028 = 12,028$$

Тогда коэффициент наплавки α_H определим как:

$$\alpha_H = \alpha_P (1 - \psi); \quad (11)$$

Где ψ - коэффициент потерь, который определяется как:

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

$$\begin{aligned} \psi &= -4,72 + 17,6 \times 10^{-2} \times 100 - 4,48 \times 10^{-4} \times 100^2 = -4,72 + 17,6 - 4,48 \\ &= 8,4\% \end{aligned}$$

Подставляем значение ψ в формулу (11) и определяем коэффициент наплавки α_H :

$$\alpha_H = 12,023(1 - 0,084) = 11,01 \approx 11;$$

12) Вычислим скорость подачи электродной проволоки:

$$v_{п.э.} = \frac{4 \times \alpha_H \times I_{св}}{\pi \times d_{эл}^2 \times \gamma}, \quad (13)$$

где $v_{п.э.}$ - скорость подачи электродной проволоки, м/ч;

γ – удельный вес металла, г/м³ (Для ОК Autrod 347Si, $\gamma=7800000$ г/м³).

Подставляя значения удельного веса в формулу (13) находим:

$$v_{п.э.} = \frac{4 \times 11 \times 245}{\pi \times 0,0016^2 \times 7800000} = 171,8 \approx 172 \text{ м/ч}$$

13) Находим высоту валика по формуле:

$$g = \frac{e}{\psi_B}, \quad (14)$$

где g – высота валика, мм;

ψ_B – коэффициент формы усиления шва.

Оптимальное значение коэффициента формы усиления $\psi_B=7...10$, назначаем $\psi_B=8$, подставляем значения в формулу (14):

$$g = \frac{12}{8} = 1,5 \text{ мм}$$

14) Определим площадь сечения наплавленного металла F_H :

$$F_H = 0,73 \times e \times g, \quad (15)$$

где F_H – площадь сечения наплавленного металла, мм².

Подставим известные нам значения в формулу (15) и получим:

$$F_H = 0,73 \times 12 \times 1,5 = 13,14 \text{ мм}^2$$

С помощью данных режимов получены необходимые геометрические размеры шва по ГОСТ Р 52630-2012 [25].

Режимы для электронно-лучевой сварки точно рассчитать невозможно, придётся воспользоваться рекомендациями, по назначаемым режимам из литературы.

Согласно рекомендация [19, стр.12] для сталей хромо-никелевых типа 18-8, которые являются аналогом стали 12Х18Н10Т (тоже имеет аустенитную структуру) сварку необходимо проводить на следующих режимах (таблица 8).

Таблица 8 – Режимы сварки хромо-никелевой аустенитной стали

Материал	Н, мм	Положение при сварке	U _л , кэВ	P _л , кВт	Проплавление		V _с , см/с
					сквозн	несквозн	
Сталь типа 18-8	10	Нижнее	30...60	4...7	+	+	0,5

Исходя из назначенных данных рассчитаем некоторые параметры согласно формулам, из [19]

Ширина шва в таком случае равна:

$$B_{ш} = \frac{\delta}{\psi}, \quad (16)$$

где δ – толщина шва, равна 7 мм;

ψ – коэффициент формы шва, согласно рекомендациям, выбирается из промежутков 1,2...2, в нашем случае $\psi = 2$.

Подставим полученные значения в формулу (16):

$$B_{ш} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ мм}$$

Вычислим площадь провара:

$$F = B_{ш} \cdot \delta \quad (17)$$

$$F = 3,5 \cdot 7 = 24,5 \text{ мм}^2$$

Частота сварки

$$f = \frac{V_c}{B_{ш}} \quad (18)$$

$$f = \frac{5}{3,5} = 1,43 \text{ Гц}$$

Тогда период сварки T:

$$T = \frac{1}{f}; \quad (19)$$

$$T = \frac{1}{1,43} = 0,7с;$$

По данным Е.Л. Мамутова [19], ни одна из публикаций по ЭЛС не содержит необходимого набора сведений о параметрах процесса. Это не позволяет воспроизводить описанные случаи сварки. Поэтому при разработке технологического процесса для электронно-лучевой сварки необходимо самостоятельно отрабатывать режимы сварки в зависимости от условий сварки, вида свариваемой конструкции, а также от характеристик и типа оборудования.

Зазор в стыке при данном виде сварки и толщине 7 мм, не должен превышать 0,2мм. Сварку следует выполнять или без разделки кромок, или с разделкой кромок Сб замкового типа, чтобы не допустить дефектов в корне сварного шва. Для нашего случая целесообразно назначить замковое соединение. Перед сваркой рекомендуется отладить все рекомендуемые режимы, на образцах [20].

3.4 Выбор сварочного оборудования

Начнем с выбора оборудования для механизированной аргодуговой сварки неплавящимся электродом.

Так как сварка является механизированной, то для выбора сварочного оборудования необходимо сравнить несколько вариантов сварочных полуавтоматов для сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов. Сварочный аппарат должен обладать характеристиками, соответствующими ранее рассчитанным параметрам сварки: $I_{св}=140...180А$, $U= 25-27В$, $\eta_{п.э.} = 116м/ч$ и т.д.

Сравнительную характеристику выполним в форме таблицы (таблица 9), все данные об оборудовании взяты с сайта [22].

Таблица 9 – Технические характеристики сварочных полуавтоматов [22]

Характеристики	EWM PICOMIG 355 SYNERGIC...	EWM SATURN 351 DG 090- 004991-00502	EWM TAURUS 351 DW BASIC...
Напряжение в сети, В	380	380	380
Потребляемая мощность, кВА	13.9	15,2	13.9
Диапазон регулирования сварочного тока, А	5-350	30-350	5-350
Продолжительность нагрузки (ПН), % при I=250 А	На I _{max} =40	На I _{max} =45	100
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	Покупается отдельно	Покупается отдельно	0.5-24
Диаметр электродной проволоки, мм	0,6-3,2	Покупается отдельно	0.8-2.4
Габаритные размеры, мм	636x298x482	930x455x730	1100x445x1000
Масса, кг	34	100	125
Охлаждение горелки	Воздушное/ жидкостное	Воздушное	Жидкостное
Климатическое исполнение, категория размещения	У3	У3	У3

Мною были выбраны 3 наиболее подходящих полуавтомата, для механизированной сварки неплавящимся электродом в среде аргона, к сожалению, оборудование от других производителей, либо не подходило по режимам, либо было в большей степени предназначено для сварки MIG.

Теперь нужно назначить конкретный аппарат исходя из данных таблицы 9, можно заметить, что по основным техническим характеристикам I и U оборудование практически идентично. А значит сравнивать необходимо по дополнительным параметрам, к примеру такие факторы как габариты и вес, по которым первые 2 модели из таблицы опережают третью, не являются определяющими, так как производство будет скорее всего в цеху, а не в полевых работах и значительных перемещения оборудование претерпевать не будет.

Модель EWM SATURN потребляет большую мощность по сравнению с другими двумя вариантами, а значит является менее экономичной в этом плане моделью, к тому же на SATURN не имеется жидкостного охлаждения горелки, что является минусом при работе на повышенных токах.

В ходе сравнения технических характеристик становится понятным, что второй вариант не имеет конкурентного преимущества (учитывая примерно одинаковую цену всех трех агрегатов), а характеристики первого и третьего варианта, за исключением габаритов идентичны. Поэтому по совокупному экономическому фактору необходимо сделать выбор в пользу EWM TAURUS 351 DW BASIC 090-005149-00502, так как данное оборудование можно купить в комплекте со всем необходимым – горелкой, редуктором, механизмом подачи проволоки, диффузором и охлаждающей жидкостью. Так как не дешевле будет докупить к EWM PICOMIG 355 SYNERGIC и EWM SATURN 351 DG 090-004991-00502 все необходимые комплектующие отдельно, а возможно и дороже.

В комплекте к EWM TAURUS 351 DW BASIC 090-005149-00502, также идёт устройство подачи проволоки Taurus Basic drive 4L WE, газовый диффузор GS16L G1/4" SW 17, редуктор давления DM1 32L/MIN, а также другие комплектующие состав которых можно найти в [21].

Теперь следует выбрать оборудование для электронно-лучевой сварки, выбор произведем исходя из назначенных параметров, методом сравнения нескольких установок.

Выбор таких установок ЭЛС не очень велик, потому что это направление сварки не так развито в РФ и кроме того большинство из-них изготавливаются в

единичном производстве для сварки крупногабаритных деталей и стоять очень дорого, поэтому сравним две наиболее подходящих установки из найденных (таблица 10).

Таблица 10 – Технические характеристики установок ЭЛС [23]

Характеристики	ЭЛТА-60.6	ЭЛСТУ-60.6/0.8
Максимальная мощность электронного пучка, кВт	6	~6
Ускоряющее напряжение, кВ	60	60±1
Диапазон изменения тока электронного пучка, мА	1...100	1-100
Диапазон изменения тока фокусировки, мА	400...999	400-999
Диапазон изменения тока бомбардировки, мА	10...50	10-50
Рабочее расстояние между пушкой и деталью, мм	100...500	100-350
Максимальная потребляемая мощность аппаратуры, кВА, не более	10	20
Вес аппаратуры, кг, не более	500	3000
Давление в вакуумной камере не более, торр	$6 \cdot 10^{-4}$	-

Данные установки практически идентичны по своим параметрам, за исключением габаритов, обе они подходят по параметрам режима и предназначены для сварки сталей до 25мм. Назначаем установку ЭЛСТУ-60.6/0.8 поскольку она обладает манипуляторами вращения и способна сваривать тела вращения длиной до 400мм (длина пикнометра 322 мм) и диаметров вращения 300 мм (диаметр пикнометра 119 мм), то есть она подходит по габаритам, чтобы выполнить непрерывную однопроходную сварку изделия.

ЭЛТА-60.6 в отличие от предыдущей установки не обладает манипуляторами вращения, а только способна отклонять луч на величину 7° , а значит сварное соединение будет выполнено не непрерывно, а с кантованием (3 или 4 захода), такой прерывистый нагрев и остывание заготовки негативно влияет на межкристаллическую коррозию и горячие трещины. Иллюстрация установки ЭЛСТУ-60.6/0.8 можно наблюдать на рисунке 6 [23].



Рисунок 6 – установка ЭЛСТУ-60.6/0.8

3.5 План раскроя заготовок конструкции

Первым делом определим величину листа, обеспечивающую наиболее рациональное распределение металла.

Для этого необходимо определить габариты изделия и назначить необходимые припуски на изготовление. Пикнометр имеет длину 322мм и номинальный диаметр - 119 мм. Учитывая, что цилиндрическая форма прибора получается гибкой металла, определим значения ширины требуемого листа, рассчитав периметр окружности по формуле (20):

$$P = \pi d, \quad (20)$$

где P – периметр окружности, мм;

d – диаметр окружности, мм;

π – число пи.

$$P = 119 \times \pi = 374 \text{ мм}$$

Также необходимо учесть, пикнометр изготавливается из 2ух частей, поэтому необходимы 2 заготовки, размеры которых будут одинаковы.

Теперь к полученным размерам длины (161мм) и ширины (374мм) необходимо прибавить значения припусков.

Первым будет припуск на механическую резку металла, согласно рекомендациям, принимаем его равным 5 мм [25].

Второй припуск – это припуск на фрезерование кромок (выполнение необходимой разделки кромок), так как в данной конструкции используется разделка кромок замковая, то припуск составит 2мм.

Третьим будет припуск на операцию шлифования кромок после фрезерования - 1мм.

Последний четвертый это припуск на гибку металла в цилиндрическую форму, он составит 3мм к ширине заготовки согласно рекомендациям [25].

Итого суммируя все припуски, получим, что для изготовления корпуса пикнометра понадобятся 2 заготовки длиной – 166 мм и шириной – 388 мм.

Назначаем минимально возможные размеры листа толщины 7 мм, изготавливаемые горячим прокатом – 2000x700x7, согласно [24]. На листе данного размера уместится 20 заготовок с размерами 388x166x7.

Рассчитаем потери неиспользуемого металла в процентах. Осталась неиспользованной полоса металла 36x2000 и 60x700, их суммарная площадь составит:

$$S_{\text{пот}} = 36 \times 2000 + 60 \times 700 = 72000 + 42000 = 114000 \text{ мм}^2$$

Теперь рассчитаем площадь всего листа:

$$S_{\text{лист}} = 700 \times 2000 = 1400000 \text{ мм}^2$$

По формуле (21) потери составят:

$$\Delta S = 100 - \frac{S_{\text{лист}} - S_{\text{пот}}}{S_{\text{лист}}} * 100\% \quad (21)$$

$$\Delta S = 100 - \frac{1400000 - 114000}{1400000} * 100\% = 8,14\%$$

Считается отличным результатом, когда раскрой металла допускает потери меньше 10%, а значит данные размеры листа подходят под использование. Карта раскроя металла, согласно с вышеуказанными размерами представлена на эскизе ФЮРА.20190.001.

3.6 План борьбы со сварочными деформациями

Сварочные деформации в конструкции возникают из-за ряда причин: неравномерного нагрева металла (образование тепловых напряжений), линейной усадки (образование внутренних напряжений растяжения), структурные изменения металла в ходе нагрева (структурные напряжения).

На величину деформации прежде всего влияет теплопроводность материала: чем выше теплопроводность, тем равномернее распределяется тепловой поток и тем меньше деформация. Поэтому при сварке нержавеющей сталей, обладающих меньшей теплопроводностью и большим коэффициентом линейного расширения, деформации получаются большими, чем при сварке низкоуглеродистой стали [13].

Способы борьбы со сварочными деформациями обычно делятся на две группы:

- Первый - способ предотвращения сварочных деформаций или их уменьшающий, к такому способу относятся: технологические меры (последовательность наложения швов, жёсткое закрепление заготовок, подогрев, интенсивное охлаждение свариваемых деталей и тд) и конструкторские меры (правильный выбор материалов, вида разделки кромок, а также формы всей конструкции).

- Второй это способ последующего исправления деформаций, а также снятия напряжений с уже сваренной конструкции, к нему относят последующую термообработку и правку изделия, а также возможную проковку (или иное воздействие на шов с целью снятия напряжений) шва.

Так как нам предстоит сваривать нержавеющую сталь 12Х18Н10Т, а данная сталь склонна к различного рода деформациям, необходимо будет применить следующие меры:

- 1) Применить предварительный подогрев деталей при сварке до температуры 100°С для уменьшения возможности возникновения холодных трещин.
- 2) Собирать корпус пикнометра на внешнем центраторе, с жестким закреплением на прихватках не менее двух длиной 30-50мм.
- 3) Выполнить сварку в строгой последовательности по четвертям, согласно эскизу ФЮРА.20190.002.
- 4) После выполнения сварочных операций необходима термообработка – аустенитный отжиг при +1050°С, 30 мин.
- 5) Также вследствие повышенной термической деформации нержавеющих сталей, были назначены способы сварки с высокой концентрацией энергии, дабы уменьшить влияние нагрева на зону термического влияния, а также выбраны соответствующие сварочные материалы.

Данные меры для предотвращения и устранения сварочных деформаций должны обеспечить необходимые условия к корпусу пикнометра.

3.7 Заготовительные операции

Заготовительные операции при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом и электронно-лучевой сварке будут одинаковыми, так как лист изначально необходимо подготовить.

Сначала назначаем минимально возможные размеры листа, толстолистого горячекатаного проката стали 12X18Н10Т толщиной 7 мм 2000x700x7 мм, согласно [24].

Первой операцией из заготовительных будет являться разметка на этом листе, выполняется эта разметка на специальной разметочной плите слесарем разряда не ниже 5го. Разметка производится согласно эскизу ФЮРА.20190.001, на этом эскизе указаны размеры двух составных частей из которых состоит корпус пикнометра. Согласно ГОСТ Р 52630-2012 в ходе разметки сталей аустенитного класса, не допускается повреждение поверхности деталей, поэтому разметку следует проводить с помощью мела, линейки и рулетки.

Второй операцией будет резка. Так как термическое влияние на нержавеющую сталь не желательно, то операция будет выполняться слесарем 5го разряда на гидравлической гильотине Stalex QC11K-8x3200, отрезать заготовки необходимо по ранее сделанной разметке эскиза ФЮРА.20190.001. Из инструментов на данной операции понадобится штангенциркуль и линейка, для соотнесения размеров.

Третьей операцией будет являться шлифование кромок, для придания им необходимой точности, а также уничтожению рисок, забоин царапин и других дефектов поверхности стыка.

После этих операций последуют операции по изготовлению корпуса пикнометра: валкование, правка, сверление, фрезерные операции и операции зачистки поверхности, разработку которых я не касаюсь столь углубленно.

3.8 Сборочные операции

Для начала напишем операции сборки они будут общими для двух видов сварки, а потом сварочные операции механизированной сварки неплавящимся электродом в среде аргона.

Перед сборкой необходимо сначала подготовить поверхность свариваемого металла. Нержавеющую сталь следует тщательно подготавливать,

кромки должны быть зачищены до стального блеска (не менее 20мм), зачищают стальной щеткой, или шлифовальным кругом. Также следует обезжирить поверхность с помощью растворителя, авиабензина или ацетона. Если время позволяет можно применить травление. Травление - технологический приём для удаления поверхностного слоя материала с заготовки под действием химических веществ, использованием специальных растворов.

Подготовка нержавеющей стали к сварке:

- 1) Удаление загрязнений минеральными маслами бензине Б70 с помощью волосяного ерша или салфетки;
- 2) Обезжиривание в течение 5 – 8 минут с помощью ацетона или растворителя.
- 3) Промывка в теплой воде при температуре 50 – 600С;
- 4) Травление в 4 – 5%-ном растворе едкого натра 1 минута или механическое удаление слоя металла;
- 5) Промывка в холодной воде;
- 6) Сушка

Сборку сосудов и труб с диаметром менее 1000 мм следует производить на внешнем центраторе с помощью прихваток, количество прихваток не менее двух, длина прихваток 30-50 мм, выполнить прихватки проволокой $\varnothing 1,2$ мм механизированной сваркой неплавящимся электродом в среде аргона.

Перед сваркой необходим подогрев стали до температуры 100⁰С, для уменьшения возможных холодных трещин.

Требования применимые к сборке сосудов согласно ГОСТ Р 52630-2012 следующие:

- отклонение по длине не более $\pm 0,3\%$ от номинальной длины, но не более ± 50 мм;
- отклонение от прямолинейности не более 2 мм на длине 1 м, но не более 30 мм при длине корпуса свыше 15 м.

Перед установкой собранной заготовки в установку ЭЛС следует ее размагнитить, так как в ходе изготовления и сборки деталь приобрела определённую остаточную намагниченность, которая может привести к возникновению «магнитного дутья», что приведёт к значительному разбрызгиванию металла шва и вызовет различные дефекты в сварном соединении. Размагнитить следует периодическим перемагничиванием с убывающей амплитудой, например, с помощью соленоидов или намагничивающих контуров [20].

3.9 Сварочные операции

Сначала рассмотрим сварочные операции для механизированной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Сварку следует выполнять в 3 прохода.

Первой операцией будет являться заварка корня шва соединения. Это самая ответственная часть процесса сварки, поэтому выполнять ее необходимо проволокой пониженного диаметра - 1,2 мм для уменьшения разбрызгивания, газ должен начать подаваться в сварочную ванну за 10-15с до начала сварки и выключаться после 10-15с с момента обрыва дуги. Сварку следует выполнять сварщику разряда не ниже 5го, согласно эскизу ФЮРА.20190.002 на пониженном токе прямой полярности и напряжении $I_{св}=130-150A$, $U=22-24В$. После сварки необходимо обеспечить зачистку корня шва от шлака.

Дальнейшая операция — это заполнение корня шва. Сварку следует вести с такой же подачей газа как в предыдущей операции, выполнять будем проволокой диаметром 1,6 мм, на пониженном токе прямой полярности и напряжении $I_{св}=150-170A$, $U=25-27В$. Выполнять сварку необходимо по схеме согласно ФЮРА.20190.002. После сварки очистить шов от шлака с помощью металлической щетки.

Последней операцией будет выполнение облицовочного шва, его мы также, как и сварку корневого шва выполним проволокой диаметра 1,2 мм. На

тех же режимах, как и в первой операции. После необходима зачистка шва от шлака, удаление возможных брызг на поверхности металла.

Сварочные операции для электронно-лучевой сварки.

После установки изделия в вакуумную камеру и откачки воздуха, до состояния вакуума, необходима сначала выполнить прогрев металла мало энергетическим электронным лучом [19]. После выполняем сварку на рекомендованных ранее режимах, однопроводным способом на подъём с постепенным вращением детали, чтобы предотвратить стекание металла сварочной ванны, согласно эскизу ФЮРА.20190.003.

Предварительно перед сваркой на контрольном изделии рекомендуемые режимы следует эмпирически подтвердить и скорректировать, на образцах схожей стали.

После сварки следует, очистить сварной шов от возможных побочных эффектов сварки – окислов и брызг, с помощью щетки.

3.10 Контроль качества сварных соединений

Согласно ГОСТ Р 52630-2012 сварные сосуды проходят контроль на: механические свойства, поверхностные и внутренние дефекты

Механические свойства сварных сосудов из аустенитной стали должны быть: минимальный угол изгиба не ниже чем - 100° , твердость металла шва не выше 200НВ.

В сварных соединениях не допускаются следующие поверхностные дефекты:

- трещины всех видов и направлений;
- свищи;
- подрезы;
- наплывы, прожоги и незаплавленные кратеры;

- смещение и совместный увод кромок свариваемых элементов свыше норм, предусмотренных настоящим стандартом;
- несоответствие формы и размеров швов требованиям стандартов, технических условий или проекта;
- поры, выходящие за пределы норм, установленных таблицей 15;
- чешуйчатость поверхности и глубина впадин между валиками шва, превышающие допуск на усиление шва по высоте [25].

В сварных соединениях не допускаются следующие внутренние дефекты:

- 1 трещины всех видов и направлений, в том числе микротрещины, выявленные при металлографическом исследовании;
- 2 свищи;
- 3 непровары, расположенные в сечении сварного соединения;
- 4 поры, шлаковые и вольфрамовые включения, выявленные радиографическим методом, выходящие за пределы норм [25].

Основными методами контроля поверхностных дефектов является в первую очередь визуально-измерительный контроль (проводится в соответствии с РД 03-606-03) и метод течеискания (согласно ГОСТ 28517-90) - масс-спектрометрическими методами, если сосуды имеют прецизионную точность, как пикнометр.

А основной метод поиска и контроля внутренних дефектов, это рентгенографический метод контроля с просвечиванием через две стенки, данный метод позволяет проконтролировать непровары в корне шва и на всей толщине изделия (проводится согласно ГОСТ 7512-82).

Вывод по разделу

В ходе раздела 4 данной ВКР были назначены и рассмотрены два способа сварки это: механизированная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом и электронно-лучевая сварка. По итогам сравнения двух технологий получения

сварного соединения корпуса пикнометра, можно заключить, что более предпочтительным способом в данном случае является именно электронно-лучевая сварка. Этому способствует ряд причин.

Во-первых, согласно расчётам, ширина шва при аргонодуговой сварке будет намного больше ширины шва при электронно-лучевой сварке, что прямо пропорционально повлияет на ширину ЗТВ, а так как термическое влияние на металл в ходе сварки должно быть минимально (к конструкции предъявлены жесткие требования к межкристаллической коррозии), то это огромный плюс в сторону ЭЛС.

Во-вторых, по производительности данные виды сварки практически не отличаются, так как согласно расчётам, скорость сварки при аргонодуговой сварке равна 25м/ч, а при электронно-лучевой до 35м/ч, что не является весомым преимуществом, ни для одного из способов сварки.

Так-как ЭЛС по параметрам качества сварного соединения превосходит MIG сварку, а по параметрам производительности находится примерно на одном уровне, то делаем выбор именно в пользу этого способа сварки и КТД делаем именно на электронно-лучевую сварку.

4 Комплект технологической документации

ФГАОУ ВПО НИ
ТПУ

ФЮРА.10190.001

Стыковое сварное соединение корпуса пикнометра

у

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

Студент

_____ Хайдуков Л.А.

30.04.2020 г.

УТВЕРЖДЕНО

Доцент ОЭИ

_____ Першина А.А.

30.04.2020 г.

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

по изготовлению стыкового сварного соединения корпуса пикнометра из стали 12Х18Н10Т толщиной 7 мм

ПРОКОНТРОЛИРОВАНО

Доцент ОЭИ

_____ Першина А.А.

30.04.2020 г.

РАЗРАБОТАНО

Студент

_____ Хайдуков Л.А.

30.04.2020 г.

АКТ. № 11-03 от 30.04.2020 г.

РД 34.15.132-96

Разраб.	Хайдуков Л.А.												ФЮРА.10190.001			
Н.контр.	Першина А. А.				Стыковое сварное соединение корпуса пикнометра								У			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа							
Б	Код,наименование,оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала				Обозначение,код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.			
A01	1	1	1	005	Разметка				ИОТ №1, ГОСТ Р 52630-2012							
B02	Разметочная плита				3	18466	5	1	2	1						
К/М03	Лист стали 12Х18Н10Т, 2000х700х7 мм				ГОСТ 19903-74											
O04	Нанести разметку будущего изделия согласно эскизу ФЮРА 20190.001															
T05	Мел, линейка, рулетка.															
06																
A07	1	2	1	010	Резка				ИОТ №1, ГОСТ Р 52630-2012							
B08	Гидравлическая гильотина Stalex QC11K-8x3200				3	18466	5	2	1	1						
К/М09	Лист стали 12Х18Н10Т, 2000х700х7 мм				ГОСТ 19903-74											
O10	Резать заготовки согласно эскизу ФЮРА 20190.001															
T11	Рулетка, линейка, штангенциркуль.															
12																
A13	1	3	2	015	Фрезерование				ИОТ №1, ГОСТ Р 52630-2012							
B14	Обработывающий центр с подвижным порталом KGM2030				3	18466	5	1	1	1						
МК	Маршрутная карта														10	

										ФЮРА.02190.018			2			
										ФЮРА. 10190.002						
A	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
B	Код,наименование,оборудования					CM	Проф.	P	УТ	KP	КОИД	EH	OP	Кшт.	Тпз	Тшт.
K/M	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					OPP	EB	EH	KI	H.расх.	
K/M15	Заготовки стали 12X18H10T					ГОСТ 19903-74										
O16	Обработать торцы пластин согласно эскизу ФЮРА 20190.002, выполнив указанную разделку кромок.															
T17	Набор фрез, линейка, мел															
18																
A19	1	3	4	020	Шлифовка					ИОТ №1, ГОСТ P 52630-2012						
B20	Широколенточный шлифовальный станок BULLDOG 5					3	18466	5	1	1	1					
K/M21	Две пластины, 16x234x5000					ГОСТ 19903-74										
O22	Шлифовать поверхность пластин и получить кромку, согласно эскизу ФЮРА 20190.002															
T23	Шлифовальный круг															
24																
A25	2	1	2	025	Сборочная					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76						
B26	Центратор наружный эксцентриковый ЦНЭ					2	18466	4	1	1	1					
B27	Инвертор EWM TAURUS 351 DW BASIC					1	19905	5	1	1	1					
B28	Механизм подачи проволоки Taurus Basic drive 4L WE					2	19905	5	2	1	3					
K/M29	Заготовки стали 12X18H10T					ГОСТ 19903-74										
МК	Маршрутная карта														10	

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции	Обозначение документа												
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.		
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
К/М30	Сварочная проволока ОК Autrod 347Si Ø1,2 мм					ГОСТ 2246-70												
К/М31	Вольфрамовый электрод WT-20 Ø4мм					ГОСТ 23949-80												
О32	Собрать части корпуса тикнометра на внешнем центраторе с помощью прихваток, количество прихваток - 2, длина 30-50 мм,																	
О33	согласно эскизу ФЮРА.20190.002, обеспечить тщательную зачистку прихваток от шлака.																	
Т34	Молоток, зубило, щётка, штангенциркуль, линейка.																	
35																		
А36	2	3	2	030	Сварочная	ИОТ №1, ОСТ 26-260.453-92												
Б37	ЭЛСТУ-60.6/0.8					1	18342	5	1	1	1							
К/М38	Корпус тикнометра собранный на прихватках					ГОСТ 19903-74												
О39	Выполнить сварку одним проходом, согласно с эскизом ФЮРА.20190.004, сварку вести на подъём с постепенным вращением детали.																	
Т40	Щётка, штангенциркуль, линейка, карандаш.																	
41																		
А42	3	1	2	035	Контрольная	ИОТ №1, РД 03-606-03,ГОСТ 7512-82												
Б43	УШС-3					1	11833	5	1	1	1							
Б44	Рентгеновский аппарат Eresco 65 MF4					1	11833	5	1	1	1							

													ФЮРА.02190.018			4
													ФЮРА. 10190.003			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа							
Б	Код,наименование,оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала				Обозначение,код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.			
Б45	Рентгеновская плёнка Agfa D7				ГОСТ 7512-82, ИСО 17636-1											
К/М46	Сваренный корпус тикнометра				ГОСТ 14771-76											
О47	Провести визуально-измерительный и рентгенографический контроль сварного шва, на наличие дефектов учитывая требования РД 03-606-03 и ГОСТ 7512-82, согласно ранее заданным размерам. Рентгенографический контроль проводить методом просвечивания через две															
О48	стенки.															
Т49	Лупа, линейка, штангенциркуль, мел, тряпка.															
50																
51																
52																
53																
54																
55																
56																
57																
58																
59																
МК	Маршрутная карта													10		

										ФЮРА.02190.018				2	1		
Разраб.		Хайдуков Л.А.													ФЮРА.60190.001		
Н.контр.		Першина А. А.			Стыковое сварное соединение корпуса пикнометра										У		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа							
Б	Код,наименование,оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.		
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала				Обозначение,код							ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	ПС	НП	ДС	Ic	Iэ	Пл	U	I	Vc	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn		
A01	2	1	2	025	Сборочная					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76							
B02	Центратор наружный эксцентриковый ЦНЭ				2	18466	4	1	1	1							
B03	Инвертор EWM TAURUS 351 DW BASIC				1	19905	5	1	1	1							
B04	Механизм подачи проволоки Taurus Basic drive 4L WE				2	19905	5	2	1	3							
К/М05	Заготовки стали 12X18H10T				ГОСТ 19903-74												
К/М06	Сварочная проволока ОК Autrod 347Si ø1,2 мм				ГОСТ 2246-70												
К/М07	Вольфрамовый электрод WT-20 ø4мм				ГОСТ 23949-80												
O08	1.Собрать детали согласно эскизу ФЮРА 20190.002 на двух прихватках, выдерживая размеры прихваток:длина 30-50мм, высота 4-5мм																
РС109	H	1		15	П	22-24В	130-150А										
O10	2.Зачистить прихватки от илака																
T11	Молоток, зубило, щетка																
12																	
A13	2	3	2	030	Сварочная					ИОТ №1, ОСТ 26-260.453-92							
B14	ЭЛСТУ-60.6/0.8				1	18342	5	1	1	1							
OK	Операционная карта														60		

										ФЮРА.02190.018					2
										ФЮРА. 60190.002					

A	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
					Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
РС1	<i>ln</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>Iф</i>	<i>Tu</i>	<i>f</i>	<i>Vс</i>	<i>Vn</i>											
К/М15	<i>Корпус тикнометра собранный на прихватках</i>					<i>ГОСТ 19903-74</i>													
О16	<i>1. Выполнить сварку шва А однопроходным способом на подъём с постепенным вращением детали, согласно эскизу ФЮРА.20190.004.</i>																		
РС117	<i>100-200мм</i>	<i>30-60кэВ</i>	<i>80-100мА</i>	<i>600-800мА</i>	<i>0,7с</i>	<i>1-3Гц</i>	<i>16-20м/ч</i>												
О18	<i>2. Зачистить шов от возможных брызг и шлака</i>																		
Т19	<i>Щётка, штангенциркуль, линейка, карандаш.</i>																		
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА.02190.018

2

Разработ	Хайджой Л. А.		
Проверил	Першина А. А.		

ТПУ

ФЮРА.20190.002

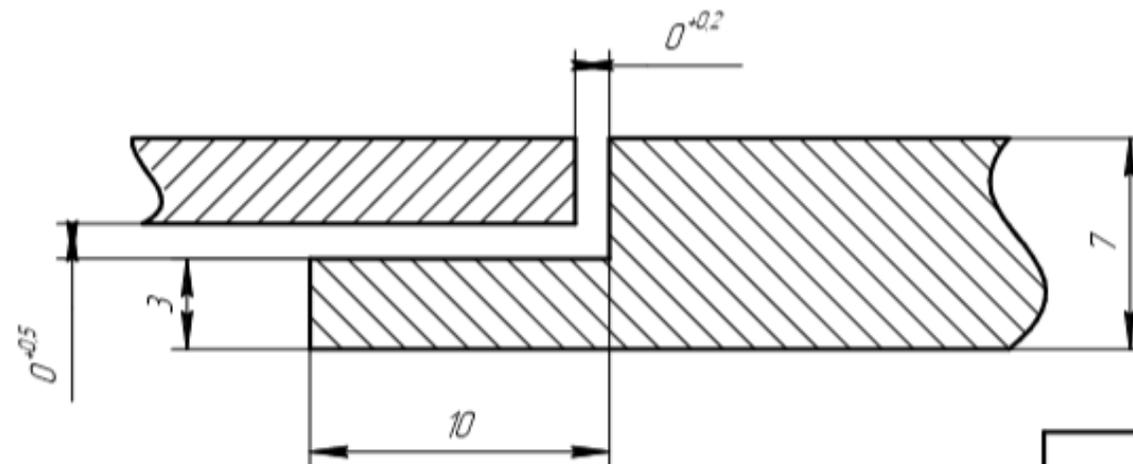
Н. контр.	Першина А. А.		
-----------	---------------	--	--

Стыковое сварное соединение корпуса пикнометра

У

025

4:1



Условное обозначение соединения	Количество прихваток	Длина прихваток, мм
С6	2	30-50

Примечание: Сборку выполнять в соответствии с ГОСТ 14771-76.

Дубль			
Взам.			
Подл.			

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

ФЮРА.02190.018

3

Разраб.	Хайдуков Л. А.		
Проверил	Першина А. А.		

ТПУ

ФЮРА.20190.003

Н. контр.	Першина А. А.		
-----------	---------------	--	--

Стыковое сварное соединение корпуса пикнометра

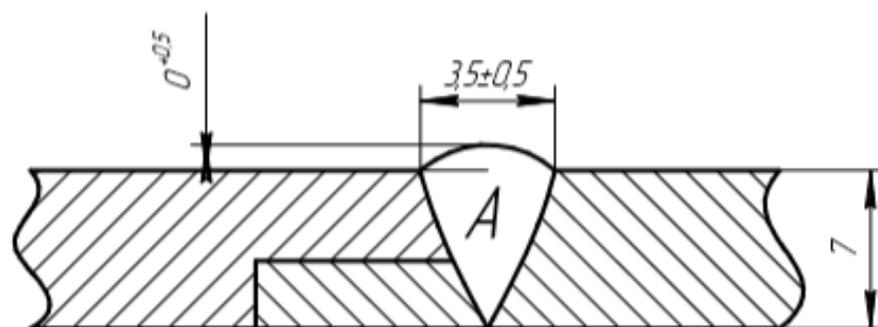
У

030

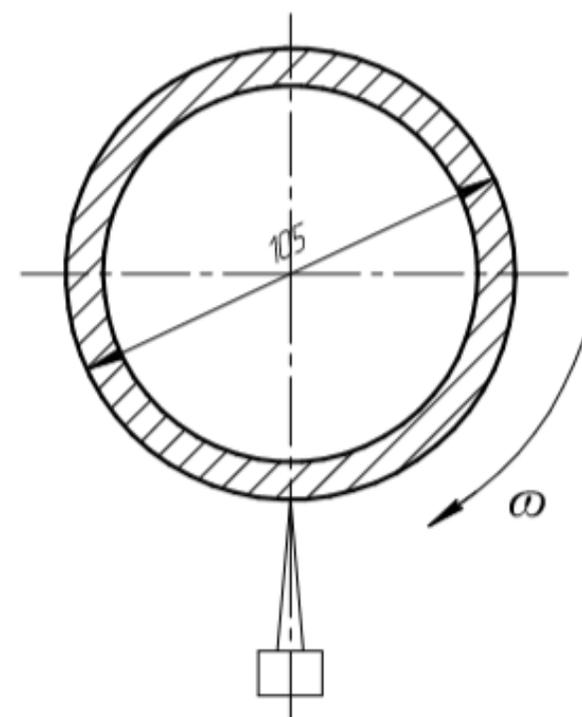
3:1

Параметры режима сварки

l_n	U	I	I_ϕ	T_u	f	V_c
100-200мм	30-60кэВ	80-100мА	600-800мА	0,7с	1-3Гц	16-20м/ч



M 1:2



Примечание: Сварку выполнять в соответствии с ОСТ 26-260.453-92, выполнить сварку шва А за один проход на подъем с постепенным вращением детали.

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В61	Хайдуков Леонид Андреевич

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- Примерный бюджет проекта – 232 037 руб.; - В реализации проекта задействованы: научный руководитель и инженер.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 - Минимальный размер оплаты труда (на 2020 год) составляет 12 130 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- Отчисления по страховым взносам 30% от ФОТ; - Накладные расходы 20%; - Районный коэффициент 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проектной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	- Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование; - Анализ конкурентных технических решений; - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета проектной работы.	- Планирование выполнения работ по проекту; - Расчет бюджета затрат на проектирование; - Составление сметы затрат на основное электрооборудование рассматриваемого объекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	- Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала:

1. Календарный план-график выполнения проекта (Диаграмма Ганта).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Хайдуков Леонид Андреевич		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела финансовый менеджмент является анализ конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёт бюджета технологии изготовления будущего изделия. Работа была проведена теоретически, а именно была разработана технология сборки и сварки корпуса пикнометра. Данный прибор используется в нефтедобывающей отрасли для измерения плотности нефтепродуктов в трубах, а также используется для калибровки других поточных приборов.

Изготовление пикнометра требует затрат финансовых и трудовых, поэтому в первую очередь эти затраты должны быть экономически оправданными. Для того чтобы доказать обоснованность этих затрат будет проведен расчет стоимости изготовления прибора, а также анализ возможных рисков и оценка коммерческого потенциала.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Объектом разработки является напорный пикнометр. Возможными покупателями данного прибора являются нефтедобывающие компании – Газпром, Роснефть, Лукойл. Также данный продукт можно использовать в геологических работах и лабораторных измерениях плотности жидкостей.

Сегментирование рынка проведём по областям применения напорного пикнометра и масштабам компаний покупателей будущей продукции – таблица 11.

Таблица 11 – Карта сегментирования

		Сфера использования		
		Нефтедобывающие компании	Объекты водоснабжения	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Из данных таблицы 11 можно сделать вывод о том, что производства прибора будет направлено в первую очередь на нефтедобывающие компании любого уровня, а также на крупные объекты водоснабжения и лаборатории. Лабораториям и объектам водоснабжения меньшего масштаба не целесообразно использовать данный пикнометр, так как у этих организаций скорее всего отсутствует аппаратура, которую необходимо постоянно настраивать пикнометром, а производить все мелкие измерения этим прибором экономически не целесообразно (существуют более дешевые и менее точные приборы, которыми пользуются данного масштаба лаборатории и объекты водоснабжения).

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Поскольку рынок в современном мире динамичен и новые конкурентные технологии появляются и занимают лидирующие места, для любого научного исследования необходим анализ этих конкурентных технологий, существующих в данный момент времени. На основе такого анализа в дальнейшем могут вноситься изменения в состав научного исследования.

На данный момент на рынке России пикнометры можно приобрести у трёх поставщиков напорных пикнометров в нефтедобывающую промышленность нашей страны. Это ARCCO Instrument Co. Inc. (США),

фирма «Stanhope-Seta Ltd», (Великобритания), а также ОАО Акционерная Компания ОЗНА, г. Октябрьский, (Россия).

Компания «ARCCO Instrument Co. Inc.» специализируется на продаже, обслуживании и аренде как новых, так и подержанных генераторов. А также выпускает различного рода измерительные приборы: плотномеры, пикнометры и т.д.

Фирма «Stanhope-Seta Ltd», производит и продаёт различные виды товаров, от оборудования для нефтехимической и лабораторной промышленности, до замороженных пельменей и фарша. В российском рынке представляется исключительно как поставщик оборудования.

Сравнительную характеристику проведем по бальной системе (пятибалльной шкале), таблица 12.

Таблица 12 – Сравнение конкурирующих технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _А	Б _S	Б _Н	К _А	К _S	К _О
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Долговечность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Надежность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Безопасность	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
Точность измерений	0,05	5	5	5	0,2	0,2	0,25
Условия эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,2	3	3	4	0,6	0,6	0,8
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Диапазон измерений	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
Доступность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Итого	1	48	43	42	4,45	3,8	4,5

Б_А – пикнометр компании «ARCCO Instrument Co. Inc.»;

Б_S – пикнометр фирмы «Stanhope-Seta Ltd»;

Б_Н – пикнометр, описанный в данной исследовательской работе.

На основании данных таблицы 12, можно сделать вывод, о том, что технологический процесс предложенный в данной выпускной

квалификационной работе, может составить серьёзную конкуренцию приборам уже существующим на российском рынке. По многим показателям пикнометр, описанный в данной научно-исследовательской работе превосходит аналог из Великобритании, а с прибором производства США конкурирует также по многим показателям. Но по цене пикнометр российского производства будет дешевле зарубежных экземпляров, ввиду большей стоимости труда в западных странах.

5.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ, это анализ имеющий комплексный подход к исследуемому объекту и рассматривающий его внешние и внутренние факторы. В нашем случае для технологии сварки корпуса пикнометра, применим SWOT-анализ, то есть будут рассмотрены сильные и слабые стороны данной технологии, а также возможные ее проблемы. Покажем наглядно результаты SWOT-анализа в таблице 13.

Таблица 13 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Высокое качество получаемой продукции;</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства;</p> <p>С3. Малая конкуренция на рынке среди отечественных производителей;</p> <p>С4. Более технологический метод сварки;</p> <p>С5. Низкие показатели потерь металла, на разбрызгивание и угар при сварке.</p>	<p>Сл1. Не высокая производительность процесса сварки;</p> <p>Сл2. Относительно не высокая квалификация рабочих.</p> <p>Сл3. Очень высокая стоимость и труднодоступность оборудования для электронно-лучевой сварки</p> <p>Сл4. Ограниченность выпускаемой продукции</p>
Возможности:		
<p>В1. Возможность удешевления технологического процесса;</p> <p>В2. Использование специального метода сварки для решения задачи;</p>	<p>Увеличение конкурентоспособности продукции за счёт внедрения новой технологии и специального метода сварки, вследствие чего возможно повышение</p>	<p>Необходима работа с потенциальными инвесторами и клиентами.</p> <p>Низкая квалификация рабочих уменьшает возможность удешевления.</p>

Продолжение таблицы 13 – Матрица SWOT-анализа

В3. Повышение стоимости конкурентных разработок; В4. Определение и направленность на определённую группу потребителей.	стоимости конкурентных разработок	. Необходимость бережно использовать оборудование
Угрозы: У1. Появление более совершенных технологий/приборов на рынке; У2. Кризис - отсутствие стабильности в экономике; У3. Поломка дорогостоящего оборудования и необходимость его замены	Постоянный мониторинг за конкурентами на рынке, а также за общей ситуацией в экономике. Повышение квалификации рабочих и инженеров путем обучения и стажировок.	Обновление оборудования и качественное его использование. Так как его отсутствие влияет на разработку более совершенной технологии сварки.

Построим интерактивную матрицу проекта (таблица 14), она поможет наглядно показать взаимосвязи областей матрицы SWOT между собой.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности	В1	–	+	+	+	+
	В2	+	–	+	+	+
	В3	+	0	–	+	0
	В4	0	–	+	0	0
Результат	В1С2С3С4С5; В2С1С3С4С5; В3С1С4; В4С3					
Угрозы	У1	0	+	–	–	+
	У2	0	+	+	0	+
	У3	–	0	+	–	–
Результат	У1С2С5; У2С2С3С5; У3С3					
Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	
Возможности	В1	–	+	+	–	
	В2	+	+	+	0	
	В3	–	–	–	0	
	В4	–	–	0	+	
Результат	В1Сл2Сл3; В2Сл1Сл2Сл3; В4Сл4					
Угрозы	У1	0	–	0	+	
	У2	0	–	+	+	
	У3	0	–	+	0	
Результат	У1Сл4; У2Сл3Сл4; У3Сл3					

По данным SWOT анализа можно заключить о ряде проблем с которыми может столкнуться наш продукт на заключительном этапе производства. Также были обозначены пути решения этих проблем, например, для уменьшения угроз предприятию необходимо:

- Производить постоянный мониторинг рынка, конкурентов на рынке, а также общей экономической ситуации в стране;
- Качественно обслуживать действующее оборудование, а также своевременно его обновлять.

Чтобы бороться со слабыми сторонами нужно выполнять следующее:

- 1 Повышать квалификацию рабочих и инженеров, с помощью обучений и стажировок в других компаниях;
- 2 Оптимизировать процесс, повышая производительность процессов сварки;
- 3 Расширять номенклатуру возможного исполнения прибора и сферы его применения;
- 4 Проводить тщательную работу по поиску и удержанию новых клиентов и инвесторов.

5.4 Планирование научно-исследовательских работ

5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Первым этапом работы над любым проектом является планирование этапов этой работы. Поэтому в данном этапе необходимо показать занятость всех участников проекта, а также назначить сроки выполнения всех этапов. Распределим этапы выполнения проектов среди участников работ, занеся данные в таблицу 15.

Таблица 15 – План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Этапы работ	Исполнители	Прод-сть, дней
1	Ознакомление с существующей проблемой. Разработка технического задания проекта.	Руководитель – 70% Инженер – 30%	1-2 2

Продолжение таблицы 15 – План разработки выполнения этапов проекта

2	Обзор литературы - изучение технологий сварки подобных конструкций.	Руководитель – 20% Инженер – 80%	1 5-6
3	Выбор способа сварки и его обоснование.	Инженер	4-5
4	Выбор способа разделки кромок и его обоснование.	Руководитель – 10% Инженер – 90%	1 2-3
5	Назначение необходимых сварочных материалов. Расчёт режимов и параметров сварки данной конструкции.	Инженер	6-8
6	Рациональный выбор подходящего под рассчитанные параметры оборудования.	Руководитель – 80% Инженер – 20%	1 3-4
7	Расчёт физических и химических свойств получившегося шва.	Инженер	3-4
8	Написание технологии сварки и сборки изделия	Руководитель – 30% Инженер – 70%	2 9-11
9	Анализ и оценка финансовой составляющей	Инженер	5-6
10	Анализ и оценка социальной ответственности	Инженер	5-6
11	Составление технологической документации	Руководитель – 40% Инженер – 60%	1-2 8-10
12	Составление пояснительной записки	Руководитель – 20% Инженер – 80%	2-3 18-20
13	Чертежные работы	Инженер	5-6
Итого по каждой должности		Руководитель Инженер	9-12 75-91

5.4.2 Разработка графика Ганта, проведения научно-технического исследования

В настоящее время ключевую роль в стоимости изделия несет стоимость трудовых затрат, поэтому верное определение трудоёмкости есть один из важнейших пунктов в экономической оценке того или иного продукта.

Оценивается трудоёмкость экспертным путём в человеко-днях и зависит от множества факторов, которые сложно учесть вместе, поэтому такая

оценка носит вероятностный характер. Для определения среднего же значения трудоемкости $t_{ож}$ используют формулу (22) [26]:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (22)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения работы, чел.дн;

t_{min} и t_{max} – минимально и максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, в чел.дн.

Чтобы построить график проведения научных работ в виде диаграммы Ганта, необходимо перевести длительность всех этапов работ из рабочих дней в календарные дни, согласно формуле (23) [26]:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot K_{КД}, \quad (23)$$

где $T_{КД}$ – длительность работы в календарных днях;

$T_{РД}$ – длительность работы в рабочих днях;

$K_{КД}$ – коэффициент календарности.

Этот коэффициент календарности можно посчитать по формуле (24) [26]:

$$K_{КД} = \frac{T_{КД}}{T_{КД} - T_{ВД} - T_{ПД}} \cdot \Gamma \quad (24)$$

где $T_{КД}$ – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году (для 2020 года – 104);

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году (для 2020 года – 14).

Значение коэффициента календарности для 2020 года [26]:

$$K_{КД} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = \frac{366}{248} = 1,48;$$

С помощью таблицы 15, а также формул, приведённых выше составляется расчётная таблица 16. После по данным расчётной таблицы 15 и таблицы 16 составляем диаграмму Ганта (рисунок 8).

НР - научный руководитель;

И - инженер.

Таблица 16 – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Исполнители работы	Длительность работ, дн.			Трудоёмкость работ по исполнителям, чел.дн			
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}	Т _{рд}		Т _{кд}	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Ознакомление с существующей проблемой. Разработка технического задания проекта.	Руководитель Инженер	3	4	3,4	2,38	1,02	3,52	1,5
2. Обзор литературы - изучение технологий сварки подобных конструкций.	Руководитель Инженер	5	7	5,8	1,16	4,64	1,72	6,87
3. Выбор способа сварки и его обоснование.	Инженер	4	5	4,4	-	4,4	-	6,51
4. Выбор способа разделки кромок и его обоснование.	Руководитель Инженер	3	4	3,4	0,34	3,06	0,50	4,53
5. Назначение необходимых сварочных материалов. Расчёт режимов и параметров сварки данной конструкции.	Инженер	6	8	6,8	-	6,8	-	10,06
6. Рациональный выбор подходящего под рассчитанные параметры оборудования.	Руководитель Инженер	4	5	4,4	0,88	3,52	1,3	5,21
7. Расчёт физических и химических свойств получившегося шва.	Инженер	3	4	3,4	-	3,4	-	5,03
8. Написание технологии сварки и сборки изделия	Руководитель Инженер	11	13	11,8	3,54	8,26	5,24	12,22
9. Анализ и оценка финансовой составляющей	Инженер	5	6	5,4	-	5,4	-	7,99

Продолжение таблицы 16 – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

10. Анализ и оценка социальной ответственности	Инженер	5	6	5,4	-	5,4	-	7,99
11. Составление технологической документации	Руководитель Инженер	9	12	10,2	4,08	6,12	6,04	9,06
12. Составление пояснительной записки	Руководитель Инженер	20	23	21,2	4,24	16,96	6,28	25,10
13. Чертежные работы	Инженер	5	6	5,4	-	5,4	-	7,99
Итого:				91	16,62	74,38	24,6	110,06

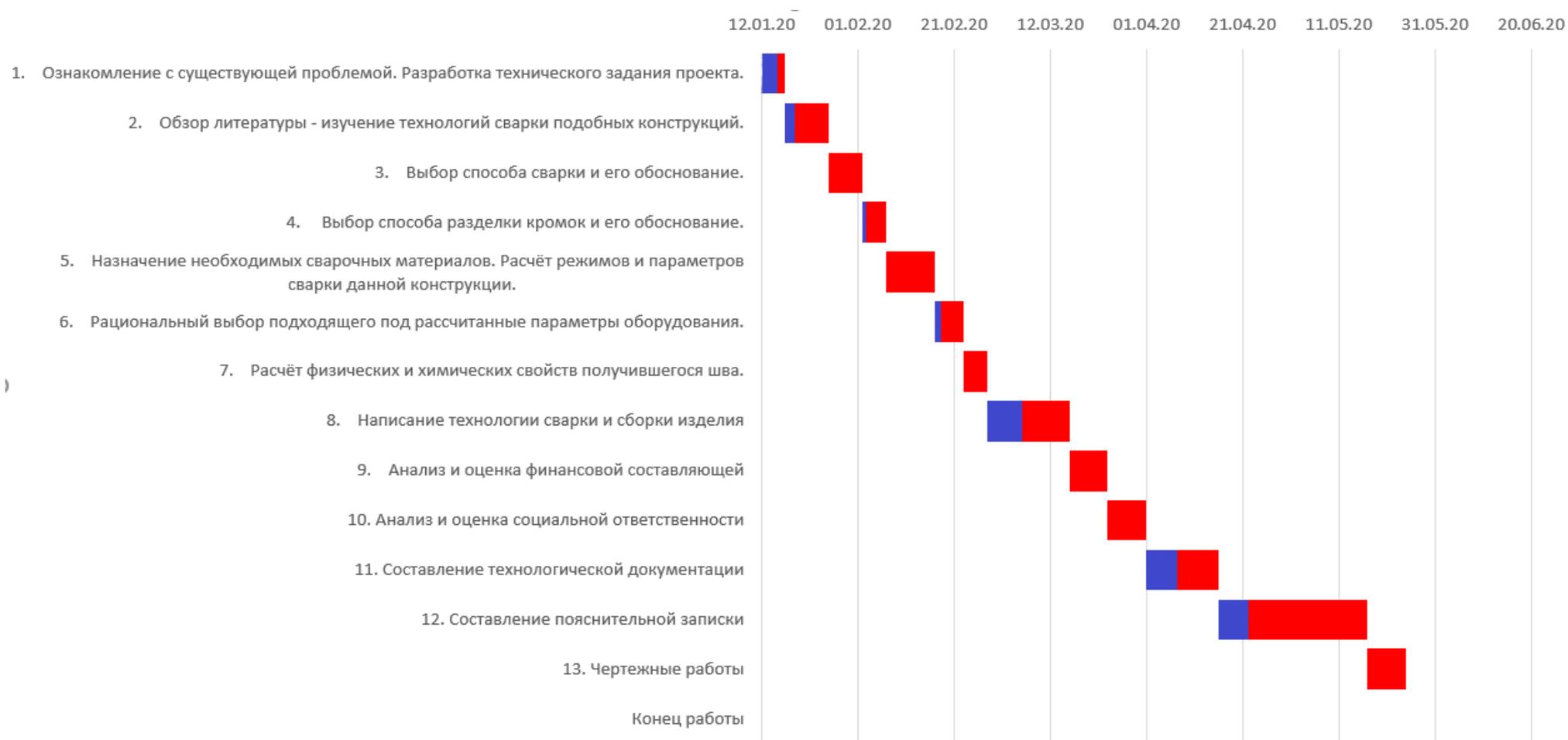


Рисунок 7 – Диаграмма Ганта

— - Научный руководитель; — - Инженер.

На диаграмме наглядно показано, что практическая часть диплома составляет практически 2,5 месяца, остальное время – чуть больше месяца выделено на составление и оформление пояснительной записки, чертежей, а также экономической и социальной частей этой работы.

5.5 Бюджет научно-технического исследования

Составление бюджета данного исследования позволит верно оценить возможные затраты и экономическую эффективность этой работы. Для составления такого бюджета необходимо рассчитать несколько статей расходов, таких как [26]:

- 1 Материальные затраты;
- 2 Амортизационные отчисления;
- 3 Заработная плата персонала;
- 4 Расходы на внебюджетные фонды;
- 5 Накладные расходы

5.5.1 Расчёт материальных затрат

Материальные затраты включают в себя стоимость всех материалов или услуг, используемых в исследовательской работе.

Большинство работы над ВКР выполнялось в таких программах как: Microsoft Office; КОМПАС-3D; Microsoft Excel; Mathcad. К счастью данные программы доступны для студентов ТПУ в учебных или полных версиях, поэтому стоимость их официальных лицензий учитывать мы не будем. Зато необходимо будет учесть расходы на канцелярские товары и стоимость выхода в интернет. Сумму этих затрат необходимо будет умножить на $(1 + k_T)$, где k_T – коэффициент транспортно-заготовительных расходов, он назначается в пределах 5...20%, мы примем 15%. Расчет всех этих расходов отражается в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак. 500 листов	350	1	350
Картридж для принтера	800	1	800
Тетрадь общая А4, 96 л.	170	1	170
Шариковая ручка	35	4	140
Интернет	300	4	1200
Итого			2660
Транспортно-заготовительные расходы, руб (15%).			399
Итого с учётом ТЗР			3059

5.5.2 Расчёт амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления будем рассчитывать условно, для одного компьютера, на котором выполнялась основная работа по написанию ВКР, срок написания работы – 135 дней или 4,5 месяца. Для проведения расчётов примем стоимость нашего компьютера равную 50 000 рублей, а срок полезного использования такой техники составляет 2 – 3 года, согласно рекомендациям [26], мы примем 3 года.

Тогда норма амортизации H_A будет рассчитываться как [26]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%; \quad (25)$$

Где T – срок полезного использования, лет.

Подставив известные значения в формулу (25) получим:

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33\%$$

Годовые амортизационные отчисления вычисляются как:

$$A_r = H_A \cdot C_{\text{пер}}; \quad (26)$$

Где $C_{\text{пер}}$ – первоначальная стоимость оборудования, у нас 50 000 руб, подставив уже известные величины в формулу (26) получим:

$$A_r = 0,3333 \cdot 50\,000 = 16\,665 \text{руб}$$

Тогда ежемесячные отчисления получатся:

$$A_{\text{мес}} = \frac{A_{\text{г}}}{12}; \quad (27)$$

$$A_{\text{мес}} = \frac{16\,665}{12} = 1389 \text{руб}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A_{\text{мес}} = A_{\text{мес}} \cdot n; \quad (28)$$

Где n – количество месяцев использования оборудования, в нашем случае 4,5 месяца, подставляя в формулу (28) получим:

$$A = 1389 \cdot 4,5 = 6250 \text{руб}$$

5.5.3 Основная заработная плата исполнителей

В этот раздел входит основная заработная плата персонала, участвовавшего в выполнении ВКР. Так как в данной работе участвуют только 2 работника – инженер (студент) и научный руководитель, то для расчёта необходимо знать только их оклады. Заработная плата вычисляется в соответствии с трудоёмкостью выполняемых работ, а также согласно действующей системы ставок в НИ ТПУ

Расчёт заработной платы будем вести по формуле (29) [26]:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (29)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$), руб.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ вычисляется по формуле (30) [26]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (30)$$

где $T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых трудящимся, в рабочих днях (таблица 16);

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

Среднедневная заработная $Z_{\text{дн}}$ плата рассчитывается по формуле (31):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (31)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл 16).

В нашем случае научный руководитель в должности кандидата технических наук и студент – инженер низшей категории имеют разные рабочие недели, первый шестидневную, а второй пятидневную.

Должностной оклад трудящегося за месяц считается как:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} \cdot k_d) \cdot k_p, \quad (32)$$

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

$k_{пр}$ – коэффициент премии, принимается равным 0,3;

k_d – коэффициент за доплаты и надбавки - 0,2;

k_p – районный коэффициент- 1,3 для Томска).

Рассчитаем оклады руководителя и инженера по формуле (32) последовательно, принимая то, что по тарифной ставке зарплата первого – 23 400 рублей, второго 12 000 руб.

$$Z_{m1} = 23\,400 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,2) \cdot 1,3 = 45\,630 \text{ руб.}$$

$$Z_{m2} = 12\,000 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,2) \cdot 1,3 = 23\,400$$

Теперь считаем среднюю заработную плату научного руководителя (6ти-дневная рабочая неделя), по формуле (31):

$$Z_{дн} = \frac{45\,630 \cdot 10,4}{246} = 1\,929 \text{ руб.}$$

Для рабочего средняя заработная плата (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{дн} = \frac{23\,400 \cdot 11,2}{213} = 1\,230 \text{ руб}$$

Для полного расчёта обобщим сведения о рабочем времени персонала в таблице 18, а дальнейший расчёт по вышеуказанным формулам (5,6,7) приведён в таблице 19.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней выходные дни: праздничные дни:	52/14	104/14
Потери рабочего времени отпуск: невыходы по болезни:	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители НИИ	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб	$T_{р}$, раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	23 400	0,3	0,2	1,3	45 630	1 929	16	30 864
Инженер	12 000	0,3	0,2	1,3	23 400	1230	75	92 250
Итого:								123 114

5.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Теперь рассчитаем дополнительную заработную плату, которая определяется по формуле (33):

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}; \quad (33)$$

Где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимаем равным 0,15, согласно рекомендациям [26].

Теперь подставим значения в формулу (33) и рассчитаем дополнительную заработную плату для научного руководителя и инженера:

$$Z_{доп1} = 0,15 \cdot 30\,864 = 4\,629,6 \text{ руб.}$$

$$Z_{доп2} = 0,15 \cdot 92\,250 = 13\,837,5 \text{ руб.}$$

Тогда суммарная заработная плата руководителя, согласно формуле (29) составит:

$$Z_{зп} = 30\,864 + 4\,629,6 = 35\,493,6 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{\text{зп}} = 92\,250 + 13\,837,5 = 106\,087,5 \text{ руб.}$$

5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Для вычисления всех отчислений во внебюджетные фонды определяются по формуле (34) [26]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{зп}}; \quad (34)$$

Где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование), принимаем его равным 0,3 согласно рекомендациям [26].

Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ), где 22% - на пенсионное страхование, 5,1% - на медицинское страхование, 2,9% - на социальное страхование.

Тогда внебюджетные отчисления для научного руководителя составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 35\,493,6 = 10\,648 \text{ руб.}$$

А для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 106\,087,5 = 31\,826,3 \text{ руб.}$$

5.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы — это расходы, учитывающие затраты, которые не попали в предыдущие статьи расходов (например, расходы на печать и ксерокопирование, оплату электроэнергии и т.д.). Их значение рассчитывается согласно формуле [26]:

$$Z_{\text{накл}} = 9 \sum 1 - 5) \cdot k_{\text{нр}}; \quad (35)$$

Где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов, обычно 5...20%, мы принимаем $k_{\text{нр}}$ равный 20%. Подставив это в формулу (35) получим:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (3059 + 6250 + 35\,493,6 + 106\,087,5 + 10\,648 + 31\,826,3) \cdot 0,2 \\ &= 38\,672,9 \text{ руб.} \end{aligned}$$

5.5.7 Расчёт общей себестоимости

Расчитанные в пунктах 10.5.1 - 10.5.6 расходы обобщим в одной таблице – таблице 20.

Таблица 20 – Суммарные расходы

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	3059	1,318
Затраты на амортизацию	6250	2,693
Основная заработная плата	123 114	53,058
Дополнительная заработная плата	18 467,1	7,959
Страховые взносы	42 474,3	18,305
Накладные расходы	38 672,9	16,667
Итого	232 037,3	100

Из таблицы 20 видно, что основные расходы идут на основную заработную плату трудящихся – 53%, далее идут расходы на страховые взносы и накладные расходы.

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

Сначала определим эффективность разработки, она обычно сравнивается с подобными конкурирующими продуктами, поэтому сравним наш прибор с:

1. Пикнометр напорный от компании ARCCO Instrument Co. Inc. (США), со стоимостью разработки 251 444 руб.
2. Пикнометр напорный компании «Stanhope-Seta Ltd», со стоимостью разработки 242 569 руб.

Сама эффективность разработки рассчитывается путём вычисления интегрального финансового показателя [26]:

$$I_{фин}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{max}}, \quad (36)$$

где $I_{фин}^i$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_i – стоимость i -ого варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения проекта, в зависимости от сложности.

Подставив все вышеуказанные значения в формулу (36) получим:

$$I_{\text{фин}} = \frac{232\,037,3}{251\,444} = 0,923$$

$$I_{\text{фин2}} = \frac{242\,569}{251\,444} = 0,965$$

$$I_{\text{фин1}} = \frac{251\,444}{251\,444} = 1$$

Теперь рассчитаем сравнительную оценку ресурсоэффективности – таблица 21.

Таблица 21 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _А	Б _С	Б _Н	К _А	К _С	К _О
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Долговечность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Надежность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Безопасность	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
Точность измерений	0,05	5	5	5	0,2	0,2	0,25
Условия эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Итого	0,55	30	25	28	2,7	2,15	2,5

Интегральный показатель эффективности разработки I^i вычисляется на основании рассчитанных выше интегрального финансового показателя $I_{\text{фин}}^i$ формула (36) и показателя ресурсоэффективности I_p^i (таблица 21) [26]:

$$I^i = \frac{I_p^i}{I_{\text{фин}}^i}, \quad (37)$$

Согласно формуле (37) интегральный показатель эффективности разработки для пикнометра нашего производства:

$$I^i = \frac{4,5}{0,923} = 4,875$$

Для конкурентных приборов:

$$I^i = \frac{4,45}{1} = 4,45$$

$$I^i = \frac{3,8}{0,965} = 3,94$$

Теперь рассчитаем сравнительную эффективность разрабатываемого пикнометра и его аналогов по формуле (38) [26]:

$$\mathcal{E} = \frac{I}{I^i}, \quad (38)$$

Занесём данные предыдущих расчётов, а также расчёты по формуле (38) в таблицу 22 для большей наглядности результатов.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог №1	Аналог №2
1	Интегральный финансовый показатель $I_{фин}$	0,923	1	0,965
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности I_p	4,5	4,45	3,8
3	Интегральный показатель эффективности I	4,875	4,45	3,94
4	Сравнительная эффективность \mathcal{E} разработки к аналогам	1,096	1	1,036

По данным таблицы 22 можно сделать вывод о том, что наша технология изготовления пикнометра превосходит конкурентные аналоги как по ресурсоэффективности, так и по интегральному показателю эффективности, так как имеет меньшую стоимость разработки.

5.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе данной главы методами анализа, оценки и расчётов было выявлено, что разработанная технология сварки корпуса пикнометра

экономична, ресурсоэффективна, имеет относительно высокую производительность труда, за счёт чего можно заключить, что данный научно-исследовательский проект будет весьма конкурентоспособным на рынке.

Были решены все задачи изначально установленные в этом разделе, а именно:

- Был проведён анализ потенциальных потребителей в ходе которого было выяснено, что основными потребителями данной продукции станут предприятия нефтедобывающей промышленности, а также большие лаборатории и объекты водоснабжения (см. подраздел 6.1).
- Также был выполнен анализ конкурентных технических решений. В ходе анализа были найдены основные конкуренты нашей разработки – компания «ARCCO Instrument Co. Inc» и компания «Stanhope-Seta Ltd». Технология нашей разработки уступает в возможных условиях эксплуатации и в потенциальной безопасности первому конкуренту, зато по всем остальным пунктам сравнения не уступает или уверенно превосходит зарубежные аналоги.
- По итогам SWOT-анализа были выявлены основные угрозы нашей разработки: появление более дешевой и совершенной технологии на рынке, а также возможный выход из строя дорогостоящего оборудования, упреждающие меры для этих угроз представлены в подразделе 6.3.
- Выполнено планирование графика НИР и построена диаграмма Ганта для большей ее наглядности и определения очерёдности работ, по этому графику инженеру приходится 74 рабочих дня, а научному руководителю 16 рабочих дней.
- Был выполнен расчёт бюджета исследования, по которому можно полноценно оценить затраты на выполнение работ, согласно расчётам, они составили 232037,3 рубля.

В последнем подразделе дана оценка экономической эффективности проекта. А именно было установлено, что наша технология превосходит по

ресурсоэффективности как по общему показателю, так и по сравнительному. Это было достигнуто достаточно конкурентными качествами самого прибора, в совокупности с низкой оплатой труда в нашей стране, так как в Великобритании и США оплата труда гораздо выше, то и затраты на разработку технологии у них тоже выше.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В61	Хайдуков Леонид Андреевич

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

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки корпуса пикнометра	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является разработка технологии сборки и сварки корпуса пикнометра
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: Отклонение показателей микроклимата Превышение уровня шума и вибрации Недостаточная освещённость рабочей зоны Поражение электрическим током Пожароопасность Контакт с реактивом для травления образцов Поражение рентгеновским излучением при работе с ЭЛУ
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу. решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – Выбор наиболее типичной ЧС; – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;

	<ul style="list-style-type: none"> – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Хайдуков Л.А.		

6 Раздел «Социальная ответственность»

Введение

В данном разделе будут рассмотрены и оценены такие показатели как: экологическая безопасность и безопасность научно-исследовательской работы, выполненной в отделении электронной инженерии на кафедре оборудования и технологии сварочного производства.

Объектом исследования в данной выпускной квалификационной работе является технология сборки и сварки корпуса пикнометра, сварка будет производиться электронно-лучевым способом. Разработка данной технологии необходима для улучшения качества получаемого шва, а также для увеличения конкурентности производимого продукта.

На рабочем месте, выполнения работ, должны быть учтены все меры защиты от потенциального действия опасных и вредных факторов производства. Уровень этих факторов должен не превышать предельных значений, установленных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Все эти нормативные документы принуждают работодателя создать оговоренные условия труда на рабочем месте.

Обязательные мероприятия по охране труда, а также санитарно-технические условия труда при электронно-лучевой сварке на производстве устанавливаются в соответствии с документами: "Системой стандартов безопасности труда", Правилами техники безопасности и производственной санитарии, Правилами устройства и эксплуатации отдельных видов оборудования, различными инструкциями, указаниями и другими документами.

На все виды работ, связанные с электросваркой, принимают людей по предварительным медосмотрам, в последствии эти медосмотры периодически повторяются.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Одним из важнейших вопросов данного раздела является организация комфортных условий на рабочем месте. Так как сварка по разработанной технологии будет проводиться в вакуумной камере электронно-лучевой установкой (ЭЛУ), то к такому рабочему месту применяются особые нормы.

ЭЛУ рекомендуется размещать в отдельном помещении, отвечающем требованиям "Санитарных норм проектирования промышленных предприятий" СНиП-245-71, "Санитарных правил работы с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения" - СНиП 1960-79, Правил технической эксплуатации и безопасности электроустановок - ПТЭ и ПТБ, РД и инструкций на монтаж и эксплуатацию установки [27].

В производственном цеху с ЭЛУ следует обеспечить:

- температуру воздуха в пределах от 18 до 25 °С;
- относительную влажность воздуха не более 60%;
- приточно-вытяжную вентиляцию с 3-5 кратным обменом в соответствии с ГОСТ 12.4.021-75;
- уровень шума не более 80 дБ;
- естественное и искусственное освещение по СНиП 23-05-95.

Свободная площадь, не занятая оборудованием, должна быть не менее половины общей площади помещения, а ширина проходов не менее 1,2 м [27].

В соответствие с рекомендациями [27] инструкцией по охране труда при работе с электронно-лучевым оборудованием допускаются только сотрудники предприятия/лаборатории не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний и прошедшие инструктаж (не реже 1 раза в год).

При работе с ЭЛУ зачастую приходится также пользоваться компьютером, для корректировки технологии в специальных программах. Эксплуатация каждого прибора должна выполняться согласно инструкции по

его эксплуатации. К работе на персональном компьютере (ПК) допускаются лица, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, имеющие группу I по электробезопасности [28].

Для интерьера помещений рекомендуется использовать материалы пастельных тонов. Окраска ПК и прилегающий к нему техники должны иметь темные цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним. Технологическое бюро имеет следующую окраску:

- потолок - белый;
- стены - сплошные, персикового цвета;
- пол - бежевый.

Для отделки полов наиболее приемлемыми считаются гладкие, нескользящие материалы, которые имеют антисептические свойства.

При подготовке рабочих мест следует принять то, что расстояние между боковыми поверхностями мониторов должны быть не менее 1,2 метров, а между центральными поверхностями мониторов – не менее 3 метров. Высота рабочего стола в свою очередь находится в пределах 680-800мм [28].

По трудовому законодательству, в России установлен, 8-ми рабочий день, также во время этого дня выделяется время на питание или отдых, продолжительностью 30 - 60 минут. Работающим женщинам с детьми в возрасте до 1,5 года предоставляются помимо перерывов на питание и отдых, дополнительные перерывы для кормления ребенка не реже чем каждые три часа и не короче 30мин [29].

6.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, которые уменьшают вероятность

воздействия на работников, опасных факторов производства до нормирующего уровня.

Определим опасные факторы для производства для нашей технологии, воспользуясь классификацией опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003- 2015 [30]. Все потенциальные опасные и вредные факторы в нашем производстве занесём в таблицу 23, для лучшей наглядности.

Таблица 23 – Опасные и вредные факторы производства

Факторы (ГОСТ 12.0.003.-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96 [31], СанПиН 2.2.2.540-96[32].
2. Превышение уровня шума и вибрации		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [33], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[34], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[35].
3. Недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [36], СП 52.13330.2011 [37].
4. Поражение электрическим током	+	+		ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ [38], ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [39].
5. Пожароопасность	+	+		Условия работы за ПК, ГОСТ 12.1.044-89 [40], СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [41].
6. Контакт с реактивом для травления образцов		+		ГН 2.2.5.3532–18 [42]. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Продолжение таблицы 23 – Опасные и вредные факторы производства

7. Поражение рентгеновским излучением при работе с ЭЛУ		+	"Санитарных правил работы с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения" - СНиП 1960-79 [45]
--	--	---	---

Из таблицы 1 можно заключить, что наибольшее влияние опасных и вредных факторов будет на стадии изготовления прибора, потом влияние на стадии разработки и затем наименьшее количество негативных факторов на стадии эксплуатации.

6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В определения негативных факторов производства (таблица 23) было выяснено, что наиболее вероятным воздействием на работника будут являться такие производственные факторы как: микроклимат, шум и вибрации, недостаточная освещённость, электрический ток, физические, психологические и умственные нагрузки, а также излишние тепловыделения.

Все опасные и вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 [43] подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические. К физическим факторам относятся:

- увеличенная концентрация пыли;
- повышенная температура на рабочем месте;
- повышенный уровень шума и вибраций на рабочем месте;
- опасность поражения электрическим током;

Химическим фактором в нашем случае является травление образцов, на этапе очистки кромок, в состав реактива в таком случае входит сначала соляная или серая кислота, а потом смесь расплавленной щелочи. Если при травлении на первом или втором этапе реактив попадет на кожу, то это приведёт к химическому ожогу. Также при травлении выделяются пары

реактива вдыхать которые очень опасно, они могут вызвать покраснение и раздражение слизистых носа и глаз, поэтому данную процедуру лучше проводить в специальной маске. Данную операцию следует выполнять в специальном рабочем месте, с необходимым оборудованием и снаряжением (перчатки, маска) вблизи ёмкости с дистиллированной водой, для промывки образцов или поражённых участков тела.

Психофизическими факторами являются: шумовое воздействие, монотонность выполняемой работы, чрезмерные умственные нагрузки и т.д. При сварке корпуса пикнометра сварщик-оператор станка, выполняет типовые действия по наладке станка, установки детали и последующим контролем за процессом сварки, данная постоянно повторяющаяся последовательность действий, может вызвать быструю утомляемость работника.

6.3.1 Отклонение от показателей микроклимата в помещении

Наибольшее влияние на работоспособность человека на рабочем месте имеет состояние микроклимата. Микроклиматом производственных помещений называют климат внутренней среды помещений, определяющийся совокупностью параметров, действующих на организм человека, таких как: температура, относительная влажность, температура окружающих предметов и скорость воздуха в помещении. Если человек находится в нормальных микроклиматических условиях, ему комфортно – уровень работоспособности крайне высок, но при отклонении от нормальных значений параметров микроклимата в человеческом организме происходят процессы терморегуляции, что снижает работоспособность [32].

В помещениях, предназначенных для работы с компьютерной техникой и с установками электронно-лучевой сварки должны соблюдаться определенные оптимальные параметры микроклимата в соответствии с СанПиНом 2.2.4.548-96 [31]. Эти параметры устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и производственного

помещения, покажем наглядно оптимальные значения микроклимата для нашего случая в таблице 24 и 25.

Таблица 24 – Оптимальные параметры микроклимата при работе за компьютером

Период года	Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %
Теплый	22-24	0,2-0,5	40-60
Холодный	21-23	0,2-0,4	40-60

Таблица 25 – Оптимальные параметры микроклимата при в сварочном цеху (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная, не более	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
Холодный	22-24	40-60	75	0,1	0,1
Тёплый	23-25	40-60	70	0,1	0,1

Чтобы создать такие условия на предприятии необходимо проводить следующие мероприятия: естественную вентиляцию помещений, кондиционирование воздуха в летнее время, а также отопление в холодный период года.

6.3.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Длительное действие шума на человека также приводит к снижению работоспособности человека, но кроме этого имеются другие неблагоприятные последствия: снижается концентрация, внимание, острота зрения и слуха, а также поднимается кровеносное давление

По этой причине место расположения технологического и производственного отделов обычно вдали от внешних источников шума, таких как: автомобильные и железных дороги, крупные улицы и т.д.

Рассмотрим сперва рабочее места разработки проекта. Шум на рабочем месте создается внутренними источниками, такими как устройства кондиционирования воздуха и другим техническим оборудованием. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром. Уровень шума на рабочем месте пользователя персонального компьютера не должен превышать значений, установленных СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 (не должен превышать 50 дБА) [33].

Теперь же оценим уровень шума на рабочем месте сварочного производства. Способы определения предельных значений шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81. В производственном цеху с ЭЛУ следует обеспечить уровень шума не более 80дБ, ГОСТ 12.1.003-2014 [33]. Основным источником шума на сварочном производстве являются электродвигатели системы охлаждения, применяющиеся повсеместно в сварочном оборудовании.

Уменьшить влияние шума на организм человека возможно путём:

- Изолированием источников шумов;
- Проведение акустической обработки помещения;
- Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок.

6.3.3 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Освещение крайне важно для любого человека, так как 90% информации об окружающем мире человек получает именно от зрительного аппарата. Поэтому соблюдение правильного количества света на рабочем месте — это ключевая задача для обеспечения необходимой работоспособности трудящегося.

Различают искусственное освещение – освещение, полученное от различного вида ламп и светильников (освещение, созданное человеком) и естественное – источником света является Солнце. По сравнительной оценке, влияния этих видов света на работоспособность человека, можно сделать вывод, что естественное освещение предпочтительней, так как имеет более благоприятный нашему глазу спектр излучения чем искусственное.

Человек при работе в недостаточном освещении или освещении низкого качества может испытывать: усталость глаз, переутомление, головные боли. Все эти факторы приводят к снижению работоспособности рабочего.

При работе согласно СП 52.13330.2016 уровень освещенности в цехах сварочного производства относится к IVв – разряду и подразряду зрительной работы. Освещённость рабочих поверхностей в таком случае - 200 лк, и может быть, как дневным светом, если он имеется, так и искусственным от общего или локализованного освещения, например, настольных ламп или комбинацией дневного и естественного света [37].

В нашем случае для освещения сварочного цеха рекомендовано использовать газоразрядные источники света: лампы ДРЛ, ДРИ; для освещения высоких цехов (до 4 м) большой площади - люминесцентные лампы, также допускается и применение ламп накаливания. А для местного освещения лучше использовать светильники с непрозрачными отражателями, с защитным углом $\geq 30^\circ$, в случае если светильники находятся ниже уровня глаз работника, то защитный угол может быть установлен в пределах 10... 30° [37].

Недостаточная освещенность обычно вызвана несколькими упущениями: неправильным расположением ламп, нехваткой или отсутствием окон в помещении, неправильным расчётом количеством приборов освещения и необходимого им напряжения. Все эти факторы в совокупности и по отдельности, могут привести к искаженному восприятию рабочим технологического процесса, а также к его переутомлению, что повысит процент брака и общую работоспособность работника.

В вопросе пульсаций освещённости принято, что для производственных помещений и лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) не должен превышать 10% [36]. Согласно СН 245-63 коэффициент естественного освещения для сварочных и сборочно-сварочных работ должен быть не менее 1.5 % при боковом и 5 % при верхнем или комбинированном освещении.

Для уменьшения пульсаций ламп и светильников, их могут включать в разные фазы трехфазной цепи, это стабилизирует постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но лучшим вариантом из возможных мер будет являться – правильное расположение источников света в цеху, их подключение, путем замеров освещенности люксметром, а также сравнение всех полученных результатов с нормами согласно документов [36] [37].

6.3.4 Электрический ток

Опасность воздействия на человека электрического тока проявляется в виде электротравм или же профессиональных заболеваний. Электротравма опасна тем, что при прохождении тока через тело человека в первую очередь страдает сердечно-сосудистая система (может произойти остановка сердца или дыхания). Степень вредного воздействия тока на человеческий организм зависит от: рода тока, величины напряжения и тока, частоты электрического тока, продолжительности воздействия, а также от пути который ток прошел

через тело. Самым опасным из факторов, приводящий к смерти работника в случае воздействия тока является сила тока.

Ввиду высокой опасности этого фактора все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.038-82 [39].

Главные причины поражений электрическим током являются прикосновения к токоведущим частям и прикосновение к конструктивным частям, находящимся под напряжением. Поэтому с целью снижения опасности поражения электрическим током необходимо выполнять следующие пункты правил электрической безопасности:

- Перед включением ЭЛУ следует визуально проверить электропроводку оборудования на возможные видимые нарушения изоляции и если такие участки имеются устранить их;
- При возникновении неполадок в оборудовании, необходимо немедленно отключить ЭЛУ.

Также существуют защитные меры безопасности прикосновения к токоведущим частям электрооборудования, к этим мерам относят: изоляцию, ограждение, уменьшенное напряжение, блокировка, индивидуальные электрозащитные средства.

Кроме этого защита от поражения электрическим током при работе с электрооборудованием бывает разной, например:

- Защитное заземление, необходимо для уменьшения напряжения прикосновения и напряжения шага до безопасных для человека величин, путём замыкания на корпус или замыкания на землю;
- Зануление – это замыкание на корпус электроустановок;
- Предохранительные устройства;
- Защитное разделение проводов;
- Установка системы экстренного отключения оборудования при возникновении опасности пробоя в корпус машины.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда.

Электробезопасность напрямую зависит от профессиональной подготовки работников, а также от уровня производственной и трудовой дисциплины. Также не будет лишним инструктировать каждого работника по мерам оказания первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

6.3.5 Контакт с реактивом для травления образцов

Химически вредными веществами называют такие вещества, которые при контакте с организмом (кожей, слизистыми) вызывают производственные травмы, а также при длительном воздействии профессиональные заболевания или отклонения в здоровье человека. Эти негативные факторы могут сказаться как в процессе работы, так и в отдалённые сроки жизни пострадавшего человека или даже его последующих поколений.

В нашем случае на производстве для очистки поверхности кромок перед сваркой используется реактив для травления образцов, который является едким веществом, по степени воздействия на организм относится к веществам 3-го класса опасности [42]. Данный раствор вызывает сильные ожоги при контакте с кожей, а также его пары поражают слизистые оболочки (глаза, нос). Для защиты от вредоносного воздействия реактива всем работникам выдаются средства индивидуальной защиты, такие как: специальные латексные перчатки, специализированный респиратор.

В случае попадания вещества на слизистые оболочки их следует промывать проточной водой, не менее 10 – 30 минут, а при попадании реагента на поверхность кожи, необходимо промыть пораженную поверхность с мылом. При крайне редких случаях проглатывания раствора келлера необходимое срочное промывание желудка обильным количеством воды, инъекции морфина и атропина [42].

6.3.6 Поражение рентгеновским излучением при работе с ЭЛУ

Используемое рентгеновское излучение образуются при работе ЭЛУ, так как установка является высоковольтным электровакуумным прибором. Источники неиспользуемого рентгеновского излучения являются радиационно-опасными только в рабочем состоянии, то есть при подаче на них высокого напряжения. Выход рентгеновского излучения за пределы корпуса ЭЛУ ожидать, как правило, при подаче напряжения 10 кВ и более [45].

Воздействие на человека ионизирующего излучения, испускаемого источниками неиспользуемого рентгеновского излучения, может быть обусловлено только внешним облучением. Степень радиационной опасности при работе с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения определяется мощностью экспозиционной дозы, качеством (энергией) излучения, временем и характером облучения (общее, местное) [45].

Производственный участок, предназначенный для использования приборов и установок, являющихся источниками неиспользуемого рентгеновского излучения, должен размещаться в отдельных, специально предназначенных для этих целей помещениях [45].

Помещения, в которых размещаются приборы и установки, являющиеся источниками неиспользуемого рентгеновского излучения, должны удовлетворять требованиям "Санитарных норм проектирования промышленных предприятий" и соответствовать по своему назначению технологическим процессам, в которых используются эти приборы и установки.

Вентиляция помещений, в которых размещаются источники рентгеновского излучения, должна устраиваться в соответствии с требованиями строительных норм и правил. При этом следует учитывать возможность загрязнения воздуха помещений озоном, окислами азота, выхлопами вакуумных насосов и другими вредными веществами,

выделяющимися при выполнении технологических процессов, а также необходимость удаления избыточного тепла.

6.4 Экологическая безопасность

Неизбежно любое предприятие и любое производство, занимающееся созданием материальных благ человечества наносит тот или иной вред окружающей среде. Производственные отходы, влияющие негативно на нашу природу, необходимо утилизировать, кроме этого могут выделяться вредные газы и сточные воды, количества этих двух параметров желательно максимально уменьшать на любом производстве. Ввиду вредности любого производства и необходимости снижения этого вреда, на любом предприятии необходимо заниматься вопросами экологической безопасности еще на этапе проектирования/разработки технологии.

Основные параметры, по которым можно выявить необходимость особого внимания к проблемам охраны окружающей среды, являются:

- Токсичность материалов производства;
- Пожароопасность и взрывоопасность различных веществ (твёрдых, жидких и газообразных) в производстве;
- Необходимость в сливе химических отходов (кислот, щелочей, солей или других вредных веществ) в канализацию;
- Пыль и грязь на рабочем месте.

В данный момент в мире в области экологической безопасности первоочередным вопросом для всех предприятий является загрязнение атмосферы вредными газами. Это обусловлено тем, что данный вид загрязнения влияет не локально на определённую территорию, а массово на весь мир, поэтому охрана атмосферы включает в себя ряд обязательных пунктов:

- 1) Уменьшение насколько это возможно или полное сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу;

- 2) Установление очистных сооружений на крупные предприятия с целью уменьшения вредности выбросов или полной очистки воздуха от вредных газов;
- 3) Увеличение количества производителей кислорода и поглотителей углекислоты – в основном деревьев;
- 4) Установление на этапе проектировки предприятия оптимальной циркуляции атмосферы в региональном масштабе и дальнейшее ее соблюдение;
- 5) Утилизация отходов вредных производств, постоянно отравляющих атмосферу (например, отходы атомной промышленности).

К сожалению, ввиду многолетнего загрязнения атмосферы Земли человечеством, в данный момент не существует конкретного метода или способа, который бы мог решить эту проблему. Но последовательные, постоянные действия направленные в сторону решения этой проблемы в совокупности помогут значительно снизить загрязнения.

На самом первом этапе – этапе проектирования предприятий или же при реконструкции уже существующего производства, необходимо учесть технологии, обеспечивающие минимальные выбросы, оснащение современным оборудованием и пылеуловительной аппаратурой по очистке.

Также важным направлением развития экологической безопасности является утилизация тепла в промышленности, это помогает не только уменьшить количество выбросов, но и сэкономить на капитальных затратах.

Все новое и новое совершенствование техники газоочистителей повышает уровень очистки выбросов на производстве. Сейчас большое распространение в очистке выделяемых органических растворителей получил метод адсорбции, который наряду с полным извлечением примесей из газов обеспечивает их рекуперацию.

В процессе работы в нашем производстве постоянно образуется пыль и аэрозоли. Для их эффективного удаления применяют вытяжную вентиляцию,

а также для уменьшения выбросов этих веществ в атмосферу установлены фильтры.

Кроме того, на производстве из-за применения специальных реактивов для травления металлов, а также из-за постоянного использования работниками душа, туалета и средств хозяйственного назначения образуются жидкие отходы, которые удаляются через канализационную систему. Так как система канализации является частью городской канализационной сети и подключена к ней, то полная очистка сточных вод на ней не проводится.

Также на производстве используют смазочные и обтирочные материалы, образуется металлическая стружка и шлак, все это является твёрдыми отходами, которые в конце каждого дня собираются. Вывозят и утилизируют их с предприятия в соответствии с категорией опасности присвоенной им ранее [43].

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможность чрезвычайных ситуаций (ЧС) не может быть полностью исключена ни на одном производстве, поэтому их стоит прогнозировать и анализировать заранее на этапе проектирования, так для нашего производства наиболее вероятной ЧС будет являться пожар в случае замыкания электрической цепи.

Пожар – это неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью человека, интересам общества и государства. Существуют основные причины возникновения пожаров на предприятиях, к ним относятся: неосторожное обращение с огнем (горелками, например), несоблюдение правил эксплуатации электрических приборов и оборудования, самовозгорания веществ, в основном газов, разряды молний и поджоги.

Пожар крайне опасен не только с точки зрения уничтожения материальных ценностей производства, но и не менее опасен для жизни людей, основные вредные факторы пожаров, следующие:

- Высокая температура в местах горения и около них, открытый огонь и искры;
- Токсичные продукты горения, такие как дым и угарный газ;
- Низкое содержание кислорода, ввиду его участия в процессах окисления при горении;
- Вероятность взрыва, взрывоопасных веществ и материалов;
- Обрушение здания или его частей.

Воздействие высоких температур при пожаре на человека способно привести к ожогам различной степени тяжести, также критично это влияние и на здание, огонь может вызвать потерю несущей способности конструкции и ее обрушение.

Дымообразование – процесс, сопровождающий любой пожар, также является крайне опасным для здоровья человека. Дым является разнородной смесью газообразных и твердых мелкодисперсных частиц продуктов горения. Вдыхание таких продуктов горения в больших количествах является острым отравлением и ведёт к необратимым последствиям для организма.

На рабочем месте необходимо проводить комплекс мероприятий по пожарной безопасности. В нашем случае технологический процесс описанный в этой ВКР имеет категорию безопасности – Д, так как использует негорючие вещества в холодном состоянии. Поэтому наиболее вероятным путем возгорания будет являться неправильное использование электрооборудования или его неисправность.

Все здания по возможности противодействию пожару – огнестойкости делятся на 5 степеней. В нашем случае производственное здание не больших размеров имеет первую ступень огнестойкости. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02.-85) огнетушители ручные углекислотные ОУ-5, пожарные

краны с рукавом и ящик с песком. Кроме того, все здание оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Так как пожар обычно является очень быстро распространяющимся явлением и потушить на ранних этапах его не каждый раз удастся, то все действия работающего персонала необходимы быть задокументированы в инструкции, который каждый работник должен знать. На всех предприятиях специально проводят мероприятия по защите рабочих от пожара, такие как инструктирования, проверки, тестирования знаний и т.д. Действия персонала при пожаре на предприятии согласно инструкции:

- ✓ Услышав крики: "Пожар", ни в коем случае не поддаваться панике, а сохранять спокойствие;
- ✓ Осмотреться вокруг, заметив телефон или кнопку пожарной безопасности сообщить службам безопасности о происшествии;
- ✓ Попробовать самостоятельно потушить возгорание, используя огнетушитель и песок;
- ✓ Если ликвидировать пожар не получается, покинуть помещение через эвакуационный выход;
- ✓ Не поддаваться панике, а также по возможности стараться успокоить других сотрудников;
- ✓ Двигаться к выходу, дышать через рукав одежды или носовой платок;
- ✓ Если в помещении сильная задымленность, перемещаться, опираясь на стены или поручни;
- ✓ Оказавшись на свежем воздухе, немедленно вызвать "Скорую помощь".

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, являются:

- Грамотное составление планов эвакуации;

- Назначение компетентного специалиста, ответственного за эвакуацию, который должен следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;
- Ознакомление всех работающих на производстве сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте;
- Постоянное инструктирование работников на тему мер, предпринимаемых ими при угрозе пожара и пожаре, а также практическая отработка этих действий.

Вывод по разделу

В данном разделе были проанализированы опасные и вредные факторы нашего производства, которые могут оказать влияние на работников предприятия, а также меры, принимаемые по устранению этих факторов. При выполнении разработанного тех процесса в рамках изготовления корпуса пикнометра, имеется вероятность воздействия следующих факторов: повышенный уровень шума, замыкание электрического тока через тело человека, пробой при повышенном напряжении, недостаточная освещенность, контакт человека с реактивом для травления образцов, а также отклонение микроклимата. В результате анализа были предложены решения, которые обеспечат уменьшение влияния опасных и вредных факторов на рабочий персонал. Также даны рекомендации по обеспечению оптимальных условий труда, рассмотрена экологическая безопасность предприятия, предложены меры по охране окружающей среды от влияний производства.

Кроме того, был произведен анализ наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть в ходе исследования, такой чрезвычайной ситуацией стал пожар, также были предложены меры по предупреждению возникновения пожаров на рабочем месте и на предприятии в целом.

Заключение

В результате выполнения данной выпускной квалификационной работы, была разработана технология для сборки и сварки корпуса напорного пикнометра. А именно, были выбраны два более предпочтительных способа сварки: механизированная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом и электронно-лучевая сварка. В ходе их сравнения по ряду ключевых преимуществ, таких как: высокая концентрация энергии и глубокое проплавление было отдано предпочтение второму виду сварки, для него были составлены карты технической документации, а также прописана вся технология сборки и сварки.

При соблюдении данной технологии в изготовлении корпуса пикнометра, ожидается получить образец с низким показателем шероховатости обратного валика, а значит и с повышенной общей прочностью и долговечностью изделия.

До непосредственно производственных работ, рекомендуется проверить расчеты швов, на образцах, также проверить оптимальность режимов сварки и оборудования, в связи с тем, что некоторые расчёты совершались по рекомендуемым данным, которые в разных источниках литературы отличались между собой.

Кроме того, была проведена экономическая оценка данной технологии в сравнении с конкурентными разработками на рынке. В ходе выполнения этой оценки было установлено, что наша технология превосходит по ресурсоэффективности и ресурсосбережению аналогичные разработки примерно на 5-10%, а значит имеет конкурентное преимущество на рынке.

Для грамотного выполнения этой технологии были описаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Также были рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасности при ЧС.

Список использованных источников

- 1) Измерение массы, объема и плотности. Гаузнер С. И., Кивилис С. С., Осокина А. П., Павловский А. Н. Москва, Издательство стандартов, 1972. - 623 с.
- 2) Пикнометры напорные ARCCO/ ALL-Pribors.ru 2011 - 2020. URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/51086-12-arcco-54240>, свободный, - Загл. с экрана. — Яз. рус. Дата обращения: 08.04.2020.
- 3) Пикнометры напорные металлические Setaprove / ALL-Pribors.ru 2011 - 2020. URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/57013-14-setaprove-60901>, свободный, - Загл. с экрана. — Яз. рус. Дата обращения: 09.04.2020.
- 4) Пикнометры напорные полнопроводные ПНП-ЖУ / ALL-Pribors.ru 2011 - 2020. URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/31725-06-pnp-zhu-31646>, свободный, - Загл. с экрана. — Яз. рус. Дата обращения: 10.04.2020.
- 5) 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. – 462 с.
- 6) Глубинный пикнометр "Пентометр": патент Рос. Федерация № 2611812; заявл. 25.12.2015; опубл. 01.03.2017, Бюл. № - 7.
- 7) Федосов С.А. Основы технологии сварки /С.А.Федосов, И.Э.Оськин [Электронный ресурс]: СПб.:Лань, 2011. - 125 с. URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=2021, свободный, - Загл. с экрана. — Яз. рус. Дата обращения: 14.04.2020.
- 8) Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением: Учебное пособие / Под ред. Г. Г. Чернышова и Д. М. Шашина. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 464 с.

- 9) Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
- 10) Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И.Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
- 11) Способ гибридной лазерной/дуговой сварки и использующий его способ изготовления сварного изделия: патент Рос. Федерация № 2608937; заявл. 20.11.2015; опубл. 26.01.2017, Бюл. № - 3.
- 12) Способ электронно-лучевой сварки деталей: патент Рос. Федерация № 2681067; заявл. 17.01.2018; опубл. 01.03.2019, Бюл. № - 7.
- 13) Марочник сталей и оборудование сплавов/ М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. – 672 с.
- 14) Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением /. Ленинград: Машиностроение 1987. – 230 с.
- 15) Бродский А.Я. Аргодуговая сварка вольфрамовым электродом /. Москва: Машгиз, 1956. - 396 с.
- 16) ГОСТ Р ИСО 14175-2010. Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов. - М.: Стандартиформ, 2011. – 15 с.
- 17) Покатаев Е. П. Расчёт режимов дуговой сварки: методические указания к курсовому и дипломному проекту для студентов специальности 0504. – Волгоград, Под ред. Л.Н. Головановой - 1987-18 с.
- 18) Технологические основы сварки плавлением и давлением: рабочая программа и метод. указ. для студентов спец. 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» ИДО /

- сост. Е.А. Трущенко, А.С. Киселев.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 12 с.
- 19) Сидоров, В.П. Электронно-лучевая сварка. Технологические особенности и оборудование: учеб. пособие / В.П. Сидоров, А.В. Мельзитдинова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 96 с.
- 20) РД 24.949.04-90 Сварка электронно-лучевая изделий тяжелого машиностроения. Технические требования / И.Ю.Зыбко, Л.Н.Тарабрина / Научно-производственное объединение по технологии машиностроения, 1990г – 75 с.
- 21) Сварочное оборудование / Группа компаний «СК». URL: <http://gk-sk.ru/svarochnoe-oborudovanie/>, свободный, - Загл. с экрана. — Яз. рус. Дата обращения: 18.04.2020 г
- 22) Сварочные аппараты Taurus 351, 401, 451, 551 Basic FDG/FDW / EWM HIGHTEC WELDING GmbH; ред. Dr. Günter. URL: <http://www.ewm.de>, свободный, - Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. Дата обращения: 20.04.2020 г
- 23) Электронно-лучевая технологическая аппаратура/ООО "Текарте". URL: <https://tekarte.ru/company/about/>, свободный, - Загл. с экрана. — Яз. рус. Дата обращения: 23.04.2020 г
- 24) ГОСТ 7350-77 Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 25с.
- 25) ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия (с Изменением N 1). – М.: Стандартиформ, 2013. – 128 с.
- 26) Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А., Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: Методические указания Издательство Томского политехнического университета 2014. – 36с.

- 27) ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 7 с.
- 28) ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. – М.: Стандартиформ, 2008. – 12 с.
- 29) "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020).
- 30) ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2019. – 15 с.
- 31) СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. / Разработаны: НИИ медицины труда РАМН / Афанасьева Р.Ф., Репин Г.Н., Михайлова Н.С., 1996. – 45 с.
- 32) СанПиН 2.2.2.540-96 Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ. / Разработаны НИИ медицины труда РАМН с участием Санкт-Петербургского НИИ гигиены труда / Суворов Г.А., Кравченко О.К., Ермоленко А.Е., 1996. – 70 с.
- 33) ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2019. – 55 с.
- 34) ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 10 с.

- 35) ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 35 с.
- 36) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. / Российская медицинская академия последиplomного образования / Г. Е. Бобков, 2003. – 15 с.
- 37) СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. – М: Минрегион России, 2011. – 75 с.
- 38) ГОСТ 12.1.045-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. – М.: Стандартиформ, 2006. – 8 с.
- 39) ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 10 с.
- 40) ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. – М.: Стандартиформ, 2006. – 120 с.
- 41) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. / Главный государственный санитарный врач Российской Федерации / Г. Онищенко, 2003. – 32 с.
- 42) ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Стандартиформ, 2018. – 150 с.

- 43) ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 7 с.
- 44) Способ электронно-лучевой сварки круговых стыков: патент Рос. Федерация № 2561626; заявл. 19.04.2013; опубл. 27.10.2014, Бюл. № - 24.
- 45) "Санитарных правил работы с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения" - СНиП 1960-79 / Заместитель Главного государственного санитарного врача СССР / А.И. Заиченко, 1979. – 21 с.
- 46) ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартиформ, 2007. – 39с.

Приложение А
(обязательное)

Чертёж конструкции