

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**  
 Отделение **электронной инженерии**

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b> <b>Разработка процесса орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима</b>
--

УДК 621.791.752.014:621.643

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В51	Голоусенко Максим Анатольевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин В.Ф.	д.т.н., профессор		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности

P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

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

**УТВЕРЖДАЮ:**  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Першина А.А.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В51	Голоусенко Максиму Анатольевичу

Тема работы:

<b>Разработка процесса орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.05.2019, № 3648/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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>Процесс производства непрерывного формирования сварного шва во всех пространственных положениях.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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"> <li>1. Обзор литературы на предмет современного состояния процесса орбитальной сварки труб.</li> <li>2. Описание сварной конструкции.</li> <li>3. Используемая экспериментальная установка.</li> <li>4. Разработка режимов сварки.</li> <li>5. Контроль качества.</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение.</li> <li>7. Социальная ответственность.</li> <li>8. Заключение.</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Название работы, фамилии участников.</li> <li>2. Цели и задачи работы.</li> <li>3. Характеристика изделия.</li> <li>4. Применяемые разделки.</li> <li>5. Используемое оборудование.</li> <li>6. Способ сварки.</li> <li>7. Особенности сварки неповоротных стыков труб поверхностей нагрева.</li> <li>8. Предложения по решению данной проблемы.</li> <li>9. Предлагаемые режимы сварки.</li> <li>10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение.</li> <li>11. Социальная ответственность.</li> <li>12. Выводы по работе.</li> </ol>
--	--

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p>1-7 пп.</p>	<p style="text-align: center;">Князьков А.Ф.</p>
<p>8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение</p>	<p style="text-align: center;">Подопригора И.В.</p>
<p>9. Социальная ответственность</p>	<p style="text-align: center;">Панин В.Ф.</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

<p style="text-align: center;">Должность</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Ученая степень, звание</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p style="text-align: center;">Доцент ОЭИ</p>	<p style="text-align: center;">Князьков А.Ф.</p>	<p style="text-align: center;">к.т.н., доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

<p style="text-align: center;">Группа</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p style="text-align: center;">1В51</p>	<p style="text-align: center;">Голоусенко М.А.</p>		

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

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**  
 Уровень образования **бакалавриат**  
 Отделение **электронной инженерии**  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 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:	07.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2019 г.	Обзор литературы на предмет современного состояния процесса орбитальной сварки труб	10
29.04.2019 г.	Описание сварной конструкции	15
07.05.2019 г.	Использованная экспериментальная установка	15
10.05.2019 г.	Разработка режимов сварки	25
17.05.2019 г.	Контроль качества	10
20.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение.	10
29.05.2019 г.	Социальная ответственность	10
30.05.2019 г.	Заключение	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 103 с., 17 рис., 36 табл., 34 источников.

Ключевые слова: орбитальная сварка, критическая масса ванны, сварка неповоротных стыков труб, автоматическая аргодуговая сварка, импульсное питание.

Объектом исследования является: технология сварки труб поверхностей нагрева.

Предмет исследования – управление процессом формирования шва во всех пространственных положениях.

Цель работы – разработка процесса орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима.

В процессе исследования были подобраны способ сварки и параметры режима для сварки.

В результате исследования была разработана технология сварки труб поверхностей нагрева, направленная на дальнейшее применение в изготовлении змеевиков для котлов высокого давления.

Область применения: технология орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима может быть реализована во многих отраслях промышленности: газовой, коммунальной и сельском хозяйстве, в теплоэнергетике (котло- и реакторостроение).

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

### **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.002 – 84. Электрические поля токов промышленной частоты напряжением 400 кВ и выше. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.003 – 83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.010 – 76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.

ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.030 – 81. Защитное заземление, зануление.

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

ГОСТ 12.1.045 – 84 ССБТ. Электрические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

ГОСТ 12.2.003 – 91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

## Обозначения и сокращения

В настоящей работе использованы следующие обозначения и сокращения:

ЗТВ – зона термического влияния;

ИП – источник питания;

ИУ – импульсный усилитель;

CO<sub>2</sub> – углекислый газ;

Ar – аргон;

T<sub>п</sub> – длительность паузы;

T<sub>и</sub> – длительность импульса;

I<sub>д</sub> – ток дуги;

U<sub>д</sub> – напряжение дуги;

U<sub>з</sub> – напряжение заданное;

I<sub>и</sub> – ток импульса;

U<sub>и</sub> – напряжение импульса;

v<sub>св</sub> – скорость сварки;

G – вес сварочной ванны;

V – объем сварочной ванны;

P<sub>д.д.</sub> – давление дуги;

P – сила поверхностного натяжения;

z – коэффициент минимальной освещенности;

K – коэффициент запаса;

N – число светильников в помещении;

## Оглавление

Введение.....	12
1 Литературный обзор по сварке труб поверхностей нагрева.....	15
1.1 Особенности сварки неповоротных стыков труб поверхностей нагрева	15
1.2 Обоснование выбора способа сварки .....	17
1.3 Обоснование выбора разделки .....	20
1.4 Выбор сварочных материалов.....	24
1.5 Выбор защитного газа .....	25
1.6 Подготовка деталей к сварке .....	26
2 Описание сварной конструкции .....	29
2.1 Материал сварной конструкции .....	29
2.2 Определение эквивалента углерода .....	30
3 Описание экспериментальной установки .....	32
3.1 Сварочная головка .....	33
3.1.1 Устройство и работа головки .....	34
3.2 Автомат .....	35
3.3 Система импульсного питания сварочной дуги .....	35
3.4 Блок управления ДС САУ4.33 .....	38
3.5 Описание центрирующего устройства .....	39
3.6 Центрирование труб и установка зазора .....	42
4 Разработка программных режимов сварки и контроль качества .....	44
4.1 Разработка программных режимов сварки.....	44
4.2 Контроль качества.....	46
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
5.1 Предпроектный Анализ.....	52
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	52
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	52
5.1.3 FAST – анализ .....	53
5.1.4 SWOT – анализ.....	56
5.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	59
5.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	61

5.2	Инициация проекта .....	61
5.2.1	Цели и результат проекта.....	62
5.2.2	Организационная структура проекта.....	63
5.2.3	Ограничения и допущения проекта .....	63
5.3	Планирование управления научно – техническим проектом.....	64
5.3.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	64
5.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	64
5.3.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	65
5.3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	69
5.3.5	Расчет материальных затрат НТИ.....	69
5.3.6	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	70
5.3.7	Расчет основной заработной платы .....	71
5.3.8	Матрица ответственности .....	75
5.3.9	Реестр рисков проекта .....	76
5.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	76
6	Социальная ответственность .....	81
6.1	Производственная безопасность при орбитальной сварки труб поверхностей нагрева .....	81
6.2	Техника безопасности при проведении сварочных работ .....	82
6.3	Защита органов дыхания от сварочных аэрозолей.....	84
6.4	Защита от поражения электрическим током.....	86
6.5	Шумы и вибрации .....	89
6.6	Освещение.....	90
6.7	Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция.....	92
6.8	Охрана труда.....	94
6.9	Пожарная безопасность .....	95
6.10	Экологическая безопасность.....	97
	Заключение .....	99
	Список использованной литературы.....	101

## **Введение**

Актуальность. Обеспечение высокого качества сварных соединений труб поверхностей нагрева, является одной из нерешенных проблем и напрямую связано с технико-экономическими показателями предприятий теплоэнергетики России. Поэтому повышение их надежности является актуальной задачей при изготовлении, монтаже, и реконструкции оборудования предприятий теплоэнергетической отрасли.

Повреждения сварных соединений труб поверхностей нагрева происходят из-за дефектов сварки зачастую не превышающих допустимые размеры, которые устанавливаются действующими нормативными документами, дефектов имеющих величину близкую к браковочному уровню обычно в течение первых двух-трех лет эксплуатации.

Проблема повышения качества труб поверхностей нагрева котлоагрегатов изучалась ведущими институтами России, такими как институт «Энергомонтажпроект» г. Москва, НПО Центральный котлотурбинный институт им. Ползунова г. Санкт-Петербург, Всероссийский теплотехнический институт и др. Для повышения качества сварки предлагались способы аргонодуговой и стыковой контактной сварки [1].

Оба способа нашли широкое применение лишь при изготовлении труб поверхностей нагрева. При монтаже и ремонте труб поверхностей нагрева в настоящее время применяются в основном ручная дуговая сварка. При этом следует отметить, что на некоторых предприятиях применяется аргонодуговая сварка труб поверхностей нагрева при ремонте и монтаже котлоагрегатов. По результатам контроля качества сварных соединений выполненных службой металлов и сварки ОАО «Кузбассэнерго» существенное улучшение качества сварки наблюдается при применении аргонодуговой сварки при изготовлении труб поверхностей нагрева котлоагрегатов.

Большую популярность методы сварки в среде защитных газов получили в дуговых способах автоматической сварки. Но стоит учитывать, что

такие методы сварки в большей степени изучались под сварку в нижнем положении и не учитывали постоянного изменения положения в пространстве сварочной ванны, а также характер движения в сварочной ванне расплавленного металла [2]. Для того, чтобы в дальнейшем повышать качество сварных швов, получаемых с помощью автоматической сварки неповоротных стыков труб, необходимо изучить и разработать такой способ сварки, который включал бы в себя стабильность протекания процесса сварки и качественное формирование шва в различных пространственных положениях.

Предложенный в данной работе процесс орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима является наиболее экономичным способом сварки неповоротных стыков, также обеспечивает высокую производительность процесса и меньшую вероятность появления дефектов в сварном соединении.

Поэтому создание и внедрение устройств, позволяющих реализовать наиболее современную технологию процесса сварки, является важным вопросом для прогресса сварочного производства. Это устройства, которые смогут автоматически управлять процессом плавления металла и в тоже время контролировать формирование сварочной ванны, и, следовательно, сварного шва.

Целью работы является исследование процесса орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима.

Объектом исследования является: процесс формирования шва при заданных режимах.

Предмет исследования: управление процессом формирования шва в зависимости от положения сварочной ванны в пространстве.

Научная новизна проведенного исследования.

- Установлено, что тщательно подобрав режимы сварки возможно добиться равномерности наложения шва при проходе на  $360^\circ$ .

- В результате экспериментов выявлено, что при применении шагоимпульсного режима сварки возможно поддерживать массу капли меньше критической при сварке неповоротных стыков труб.

- В ходе работы разработано центрирующее устройство и подобрана наиболее экономичная щелевая разделка кромок.

Практическая значимость. Результаты, приведенные в ВКР, могут быть использованы в теплоэнергетической отрасли при изготовлении труб поверхностей нагрева котлоагрегатов.

Апробация работы. Результаты настоящей работы представлены на научных семинарах кафедры «Оборудования и технологии сварочного производства», СКБ «Электросварка» в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, а также доложены на VI Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность» проходившей 23-27 мая 2016 г. в городе Томске.

Публикации. Материалы работы опубликованы в двух работах:

Голоусенко М. А. Орбитальная сварка труб диаметром 45 мм / М. А. Голоусенко, А. Ф. Князьков ; науч. рук. А. Ф. Князьков // *Неразрушающий контроль : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность"*, Томск, 23-27 мая 2016 г. : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. — [5 с.].

Golousenko M. A. Welding of high pressure pipes / M. A. Golousenko ; sci. adv. M. V. Kuimova // *Неразрушающий контроль : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность"*, Томск, 23-27 мая 2016 г. : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 3. — [С. 414-416].

# 1 Литературный обзор по сварке труб поверхностей нагрева

## 1.1 Особенности сварки неповоротных стыков труб поверхностей нагрева

При сварке неповоротных стыков труб главной проблемой оказывается постоянно изменяющиеся с углом поворота расположение сварочной ванны при движении снизу вверх. Причем текучесть сварочной ванны играет важную роль при формировании сварного шва. Форма и величина проплава с внутренней стороны трубы говорит о качестве произведенного шва. Также необходимо учитывать критическую массу сварочной ванны, чтобы расплавленный металл не вытекал из ванны. Для предотвращения этого нужно учитывать толщину металла и положение самой сварочной ванны в пространстве. График зависимости критической массы ванны от ее положения в пространстве представлен на рисунке 1.

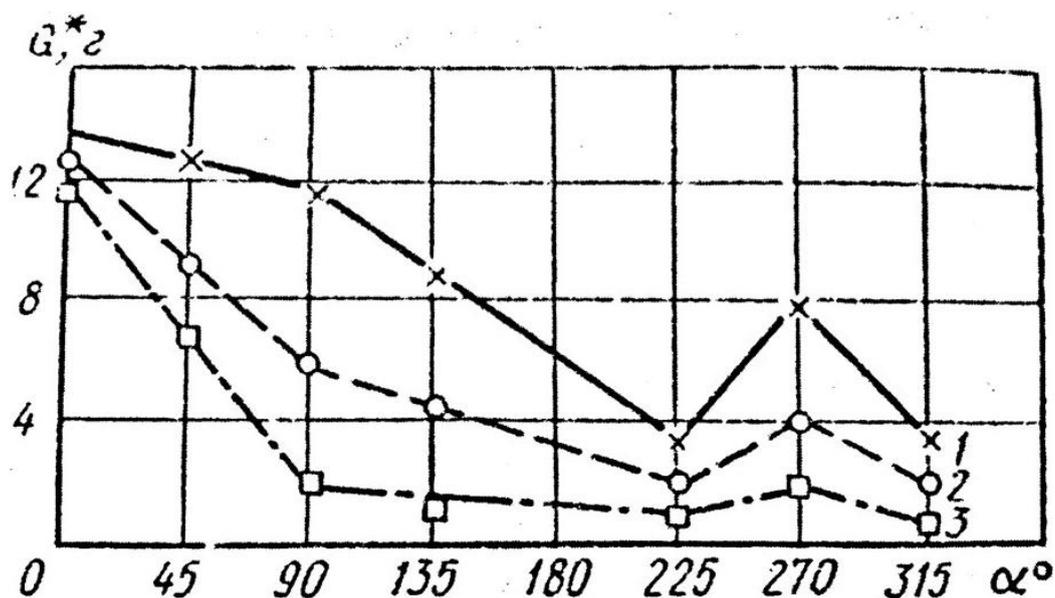


Рисунок 1 – Зависимость критической массы  $G$  ванны от положения в пространстве и толщины металла: 1-6, 2-4 и 3-2 мм [3]

Из представленного графика видно, что влияние угла наклона сварочной ванны увеличивается с толщиной металла, а также с объемом ванны. Из этого

получается, что поднятие кривых при  $\alpha = 270^\circ$  получается за счет более удобного вертикального положения ванны, чем, например, наклонного (полупотолочного) при угле  $\alpha = 225^\circ$ .

Критическая масса оказывается больше при  $\alpha = 90^\circ$  хотя с геометрической точки зрения расположение ванны в углах  $90^\circ$  и  $270^\circ$  одинаково, как это показано на рисунке 2. Так происходит из-за того, что при сварке сверху вниз ( $\alpha=90^\circ$ ) точка А, которая определяет величину проплава, находится в верхней части ванны. Поэтому скоростной напор дугового потока не способствует ускорению вытекания, так как давление (гидростатическое) металла в самой ванне достаточно мало.

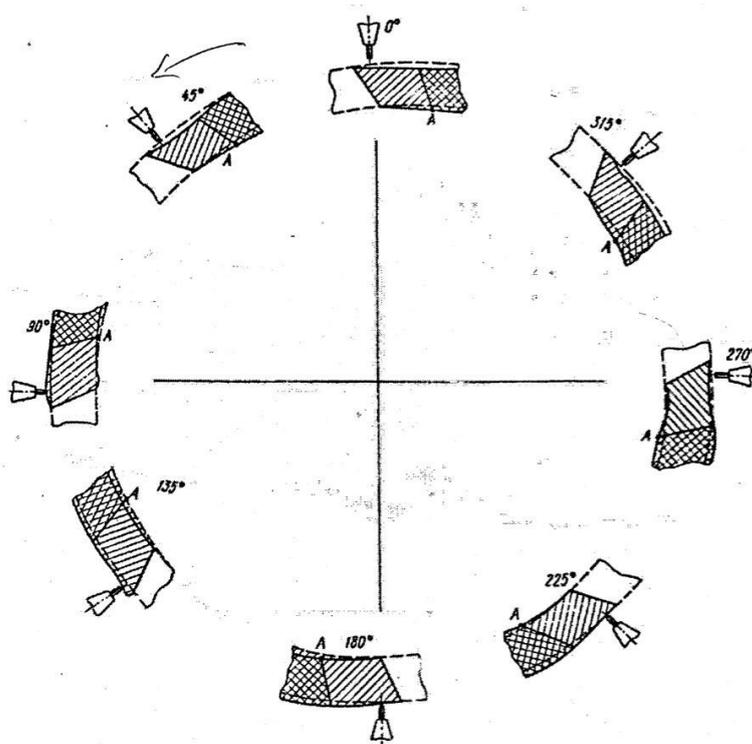


Рисунок 2 – Продольный разрез ванны при разных ее пространственных положениях [4]

Когда сварка ведется снизу вверх ( $\alpha=270^\circ$ ) точка А располагается снизу при этом происходит натекание металла, так как в данной точке гидростатическое давление больше. Положение горелки сверху ванны и наклон стенок также способствуют натеканию. За счет углубления ванны в металл,

критическая масса ванны в разных ее пространственных положениях получается больше при увеличении толщины металла. Поэтому необходимо разработать такой режим сварки, чтобы масса ванны всегда оставалась меньше критической. Зная о влиянии положения сварочной ванны в пространстве на критическую массу, нужно изменять режим сварки неповоротного стыка при изменении угла наклона ванны. Также стоит учесть, что величина проплава будет изменяться при постоянном режиме сварки.

## **1.2 Обоснование выбора способа сварки**

Для орбитальной сварки труб диаметром до 60 мм целесообразно применять автоматическую аргодуговую сварку неплавящимся электродом (ААД).

Достоинства способа аргодуговой сварки неплавящимся электродом:

- простота процесса и техники сварки;
- при соответствующей газовой защите отсутствие разбрызгивания наплавленного металла и выгорания легирующих элементов;
- возможность визуального наблюдения за формированием шва и горением дуги, на поверхности сварочной ванны отсутствует шлак;
- отсутствие трудоемких операций по удалению шлака и брызг расплавленного металла;
- возможность выполнения сварки в любых пространственных положениях;
- значительный спектр свариваемых материалов (можно сваривать практически все металлы).

Аргодуговая сварка, как и другие виды, также имеет и недостатки. К ним можно отнести невысокую производительность при ручном режиме работы [5]. Ручной вариант используется при невозможности использовать

автоматическую сварку, такое часто бывает при необходимости сварки коротких или разноориентированных швов.

Горение дуги происходит между изделием и электродом (неплавящийся электрод, чаще всего используется вольфрам). Данный электрод размещается в горелке, через сопло которой происходит вдувание газа защиты. Подача присадочного материала происходит в зону дуги со стороны и без подключения к электроцепи, как показано на рисунке 3.

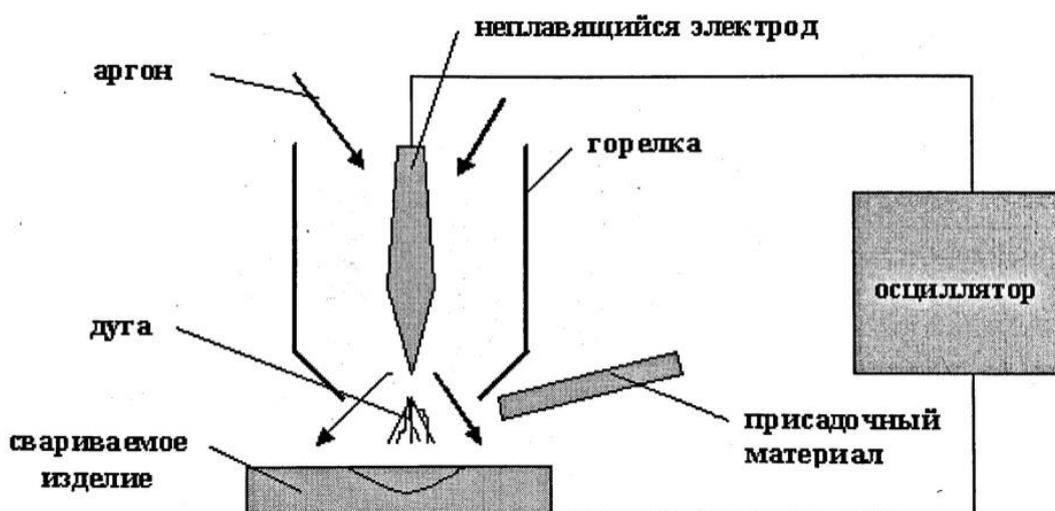


Рисунок 3 – Принцип работы аргонодуговой сварки неплавящимся электродом [6]

Для сварки в среде аргона может быть использован как ручной режим работы, так и автоматический. Под ручной сваркой подразумевается вид сварки, при котором горелка и присадочная проволока располагаются в руках производящего сварочные работы. Автоматический же режим характеризуется движением присадочного прутка без непосредственного участия человека (сварщика). Одной из особенностей рассматриваемого способа сварки это зажигание дуги, потому что в отличие от плавящего электрода здесь нельзя зажечь дугу с помощью касания электродом изделия.

Первой из этих причин является достаточно высокий потенциал ионизации, что затрудняет произвести ионизацию области горения дуги за счет

искры (используя сварку плавящимся электродом в среде аргона после касания проволокой изделия в дуговом промежутке возникают пары железа, имея при этом почти в 3 раза меньший потенциал ионизации чем у аргона, провоцируя тем самым зажигание дуги). Вторая причина это касание зоны сварки вольфрамовым электродом, что может привести к загрязнению и быстрому оплавлению конца электрода.

Поэтому для решения этих проблем при сварке неплавящимся электродом в среде аргона параллельно источнику питания подключается осциллятор с целью зажигания дуги и направления на электрод высокочастотных высоковольтных импульсов. Это позволяет ионизировать зону горения, что, в свою очередь, обеспечивает зажигание дуги при подаче сварочного тока [7].

При проведении сварочных работ на постоянном токе распределение тепла, выделяемого на аноде и катоде, неравномерно. Так, при силе тока до 300 А тепло распределяется следующим образом: 70% выделяется на аноде, а оставшиеся 30% соответственно на катоде. Данная неравномерность распределения тепла является причиной использования прямой полярности. Это позволяет с минимальным нагревом электрода проплавливать изделие намного быстрее.

Так как к трубам поверхностей нагрева предъявляют высокую ответственность, то чтобы получить хорошее качество сварных соединений необходимо использовать шагоимпульсный режим работы автомата.

Данный режим является наиболее универсальным, но менее производительный чем, например, импульсный режим при этом с помощью шагоимпульсного режима возможно получать более качественные сварные соединения, которые необходимы на ответственных объектах таких как атомные электростанции. При использовании этого режима повышается качество шва и снижается количество брака, так как при сварки образуется сравнительно небольшая зона термического влияния, уменьшается коробление металла.

Диаграмма работы в шагоимпульсном режиме представлена на рисунке 4.

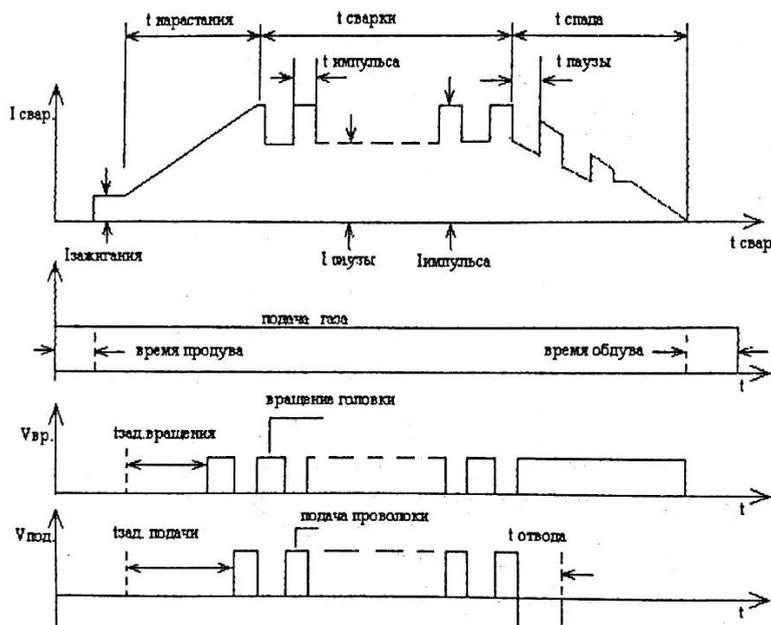


Рисунок 4 – Диаграмма работы в шагоимпульсном режиме [8]

### 1.3 Обоснование выбора разделки

Подготовка кромок под программируемую сварку неповоротных стыков трубопроводов более критична по сравнению с подготовкой под ручную сварку. Качество подготовки является ключевым моментом в получении качественного соединения при программируемой сварке неповоротных стыков трубопроводов. Так как сварная система нечувствительна к изменениям свариваемых поверхностей, подготовка и сопряжение этих поверхностей должны быть достаточно точными для получения повторяющихся высококлассных сварных соединений [9].

В научно-технической литературе приводятся различные типы разделок, некоторые из них представлены ниже:

Основным моментом разделки представленной на рисунке 5 является равенство между размерами A и B. Радиус R меньше для более тонких стенок труб и больше для более толстых стенок труб.

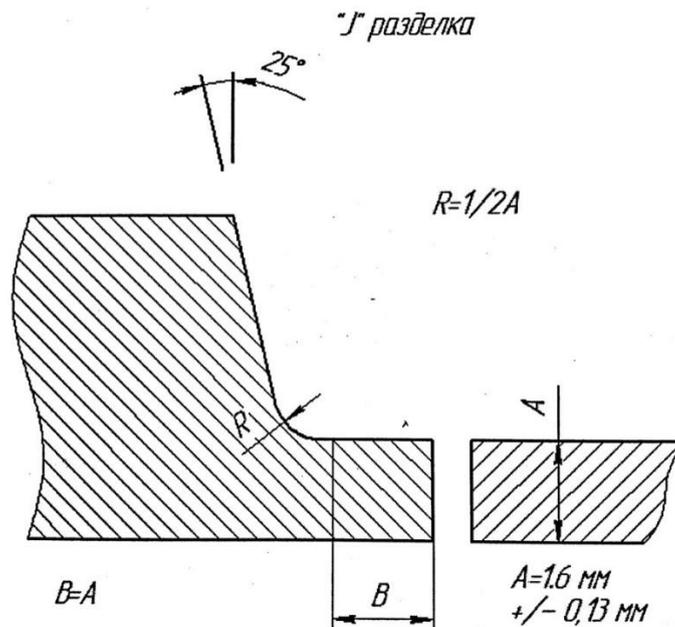


Рисунок 5 – "J" разделка [10]

Первый "корневой" шов может быть выполнен без присадочного материала, либо с небольшим количеством присадочного материала. Если используется присадочный материал, то количество его должно быть таким, чтобы сварочная ванна не касалась стенок разделки.

При разделке без радиуса, форма разделки показана на рисунке 6, с радиусом на рисунке 7:

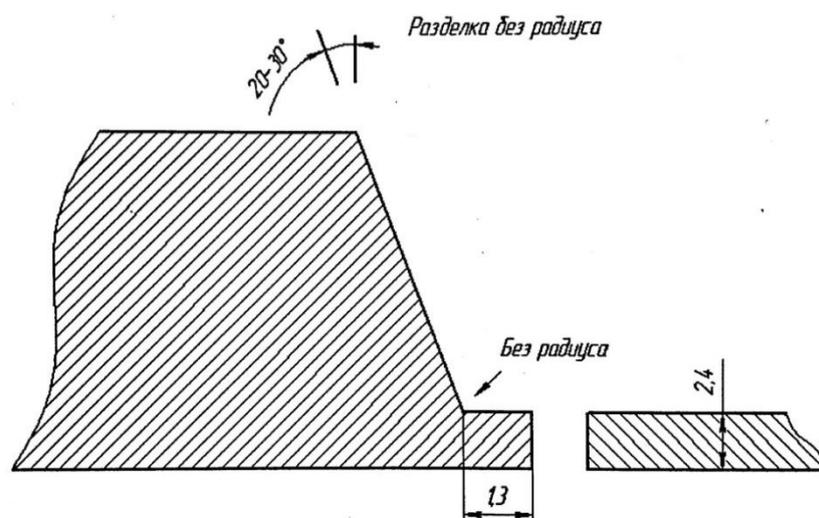


Рисунок 6 – Разделка без радиуса [10]

Угол фаски должен лежать в пределах 20-30°. Основным критерием выбора угла фаски является с одной стороны доступность сварного соединения, а с другой стороны уменьшение количества присадочного материала и, следовательно, времени на сварку.

Рекомендуется пять основных требований по подготовке и сборке будущего сварного соединения. Существует другая форма разделки, а также другие с некоторыми различиями от рассмотренных.

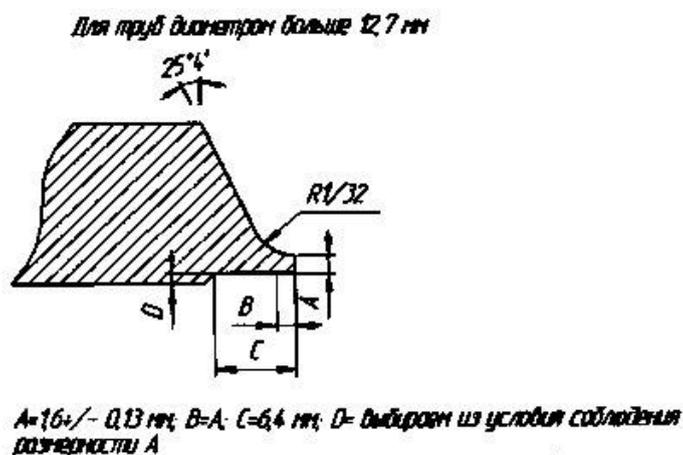


Рисунок 7 – Разделка для труб диаметром больше 12,7 мм [10]

Длительные технологические исследования при использовании выше рассмотренных разделок показали, что в условиях современного состояния технологического производства энергетики применение их нецелесообразно по следующим причинам:

- Необходимо прецизионное механическое оборудование для обработки кромок
- Даже при наличии такого оборудования необходимо делать проточку изнутри трубки, чтобы обеспечить постоянство толщины полки на длине 6-8 мм и снаружи на длину обеспечивающую постановку центриатора при сборке
- Разделка (раскрытие) стыка получается широким, что требует поперечных колебаний сварочной головки или для заполнения – раскладку заполняющих валиков

С учетом вышеизложенного выделены два типа разделок (рисунки 8 и 9), использование которых позволяет в значительной степени исключить отмеченные недостатки.

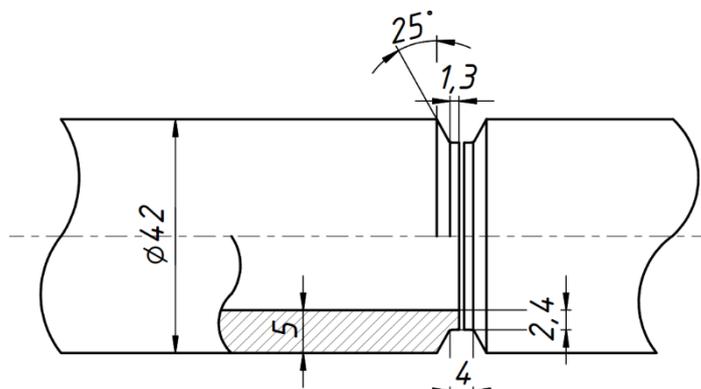


Рисунок 8 – Разделка без радиуса с зазором

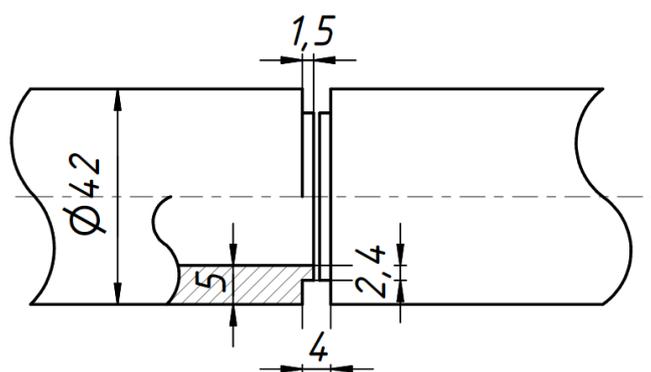


Рисунок 9 - П – образная разделка

При форме разделки на рисунке 8 требуется только торцовка труб и установка зазора  $\delta = 1,5$  мм постоянным по торцам труб. При форме разделки на рисунке 9 размеры  $a = 2,4$  мм и  $b = 1,3$  мм не являются критическими, они исключают прожоги, которые появляются при острых кромках.

Рассмотренные формы разделок позволяют сваривать сваркой шов за два прохода без поперечных колебаний при минимальном объеме присадочного материала.

Из рассмотренных форм разделок выбираем разделку как на рисунке 9, так как её легче производить и контролировать.

## 1.4 Выбор сварочных материалов

Выбор электродов для аргонодуговой сварки произведем по ГОСТ 23949-80. Данный стандарт распространяется на электроды из чистого вольфрама и вольфрама с активирующими присадками (двуокиси тория, окисей лантана и иттрия), предназначенные для дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (аргон, гелий), а также для плазменных процессов резки, наплавки и напыления [11].

Основные марки вольфрамовых электродов:

ЭВЧ – электрод вольфрамовый чистый, диаметром 0,5; 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 мм, не маркируется.

ЭВЛ – электрод вольфрамовый с добавками оксида лантана  $LaO$  1,1...1,4 %, диаметром 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 мм, цвет маркировки – черный.

ЭВИ – 1 – электрод вольфрамовый с добавками оксида иттрия  $Y_2O_3$  1,5...2,3 %, диаметром 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 мм, цвет маркировки – синий.

ЭВИ – 2 – электрод вольфрамовый с добавками оксида иттрия  $Y_2O_3$  2...3 % и 0,01 % тантала, диаметром 2,0; 3,0; 4,0 мм, цвет маркировки – фиолетовый.

ЭВИ – 3 – электрод вольфрамовый с добавками оксида иттрия  $Y_2O_3$  2,5...3,5 % и 0,01 % тантала, диаметром 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 мм, цвет маркировки – зеленый.

ЭВТ – 15 – электрод вольфрамовый с добавками диоксида тория  $Th_2O$  1,5...2,0 %, диаметром 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 мм, цвет маркировки – красный.

Самую низкую стойкость при нагреве имеет электрод марки ЭВЧ. Данный электрод имеет низкую стойкость при нагреве и невысокую допускаемую плотность тока. Введение в вольфрам небольшого количества оксидов иттрия, лантана и тория значительно увеличивает работу выхода электродов с поверхности электрода, эмиссионную способность и, как

следствие, повышается стойкость вольфрама при нагреве, увеличивается допустимая плотность тока в сравнении с чистым вольфрамовым электродом на 15...20 % и повышается устойчивости сварочной дуги. Электроды марки ЭВТ находят ограниченное применение для ручной аргонодуговой сварки вследствие его естественной радиоактивности [12].

Исходя из данных изложенных выше, принимаем электрод марки ЭВЛ для аргонодуговой сварки.

В качестве присадки применяется проволока марки Св-08ГА.

Химический состав проволок Св-08ГА приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав проволоки Св-08ГА

Проволока	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Св-08ГА	0,1	0,8-1,1	0,03	0,1	0,25	0,025	0,03

Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08ГА приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Типичные механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08ГА

$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
540	610	26

## 1.5 Выбор защитного газа

В данной работе будем использовать в качестве защитного газа – аргон чистотой 99,99 % [13].

Химический состав аргона приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав аргона высшего сорта по ГОСТ 10157-79

Ar, %, не менее	O <sub>2</sub> , %, не более	N <sub>2</sub> , %, не более	CO <sub>2</sub> , %, не более	Содержание водяных паров, %, не более	Температура насыщения, К, не более
99,992	0,0007	0,006	0,0005	0,01	215

Для сварки сталей 20 рекомендуется использовать аргон высшего сорта по ГОСТ 10157-79, так как для борьбы с трещинами следует применять материалы повышенной чистоты. Состав газа указан в таблице 3. В сварочном производстве используется аргон, поставляемый в газообразном и жидком состоянии. Газообразный аргон отпускают, хранят и транспортируют в стальных баллонах (по ГОСТ 949-73), или автоцистернах под давлением  $15 \pm 0,5$  или  $20 \pm 1,0$  Мпа при 273°К. При поставке аргона в баллонах вместимостью 40 дм<sup>3</sup> объём газа в баллоне составляет 6,2 м<sup>3</sup> [14].

### **1.6 Подготовка деталей к сварке**

При сварке труб поверхностей нагрева необходимо тщательно подходить к подготовке деталей, в первую очередь нужно проверить наличие всех маркировок, клейм и сертификатов завода-изготовителя, которые подтверждают соответствие назначению деталей. Данной процедурой до начала сборки на предприятии занимается мастер или же лицо его заменяющее, беря на себя ответственность. Если же что-то из выше сказанного отсутствует, то трубы и детали не могут быть допущены к последующей обработке.

Перед сваркой необходимо произвести подготовку стыков труб и убедиться в их соответствии предоставленным чертежам. Также проверяются размеры, форма, качество подготовки кромок в соответствии с требованиями (для проверки размеров кромок и обработки фасок под сварку используют специальные шаблоны). Проверке должно подвергаться качество зачистки концов труб (внутренняя и наружная поверхности) и поверхности при сварки тавровых и угловых соединений. Должны правильно выполняться переходы между сечениями (концы труб, штуцеров, патрубков, которые подвергаются сварке с компонентами других типоразмеров). Установленные допуски должны соответствовать минимальной фактической толщине стенок труб, подготовленных под сварку концов труб (деталей, патрубков, штуцеров).

Обработку кромок труб под сварку следует производить механическим способом (резцом, фрезой или абразивным кругом) с помощью трубрезного станка либо шлифмашинки [14].

Все местные уступы и неровности, имеющиеся на кромках собираемых труб и препятствующие их соединению в соответствии с требованиями чертежей, следует до сборки устранить с помощью абразивного круга или напильника, не допуская острых углов и резких переходов.

Вмятины на концах труб следует исправлять с помощью домкратов или других разжимных устройств при условии, что глубина вмятины не превышает 3,5% наружного диаметра трубы (Дн), а толщина стенки для труб из углеродистых и низколегированных сталей не более 20 мм.

При сборке стыков труб под сварку следует пользоваться центровочными приспособлениями без прихваток. Непосредственно перед сборкой изготовленные под сварку кромки и прилегающие к ним участки поверхностей деталей должны быть зачищены до металлического блеска и обезжирены. Ширина зачищенных участков, считая от кромки разделки, должна быть не менее 20 мм с наружной и не менее 10 мм с внутренней стороны детали [15].

В стыках труб, собираемых и свариваемых на остающемся подкладном кольце, допускаются разность внутренних диаметров элементов не более 2 мм, зазор между кольцом и внутренней поверхностью элемента не более 1 мм. Для стыков с остающимся подкладным кольцом при разности внутренних диаметров стыкуемых элементов не более 6 мм может быть применено фигурное подкладное кольцо.

Прямолинейность труб в месте стыка (отсутствие переломов) и смещение кромок проверяют линейкой длиной 400 мм, прикладывая ее в трех-четырёх местах по окружности стыка. В правильно собранном стыке максимально допустимый просвет между концом линейки и поверхностью трубы должен быть не более 1,5 мм на расстоянии 200 мм от стыка, в сваренном стыке — не более 3 мм.

При сборке стыка необходимо предусмотреть возможность свободной усадки металла шва в процессе сварки; не допускается выполнять сборку стыка с натягом.

**Выводы по разделу:** рассмотрев основные проблемы сварки неповоротных стыков труб определено, что наиболее подходящей является сварка в среде аргона неплавящимся электродом причем для высокого качества шва необходимо производить сварку на шагоимпульсном режиме. Подобрана целесообразная раздека кромок, которая позволяет производить сварной шов в два прохода без поперечных колебаний и при минимальном объеме присадочного материала. По заданным параметрам выбрана присадочная проволока (Св-08ГА) и защитный газ (аргон по ГОСТ 10157-79).

## 2 Описание сварной конструкции

Изготавливаемым изделием является металлический змеевик, который состоит из труб диаметром 42 мм и толщиной стенок 5 мм. Данная конструкция, показанная на рисунке 10, будет использоваться в котлах под высоким давлением, поэтому необходимы требования при изготовлении змеевика:

- Поскольку змеевик находится под давлением, то все соединения должны быть заварены встык и с полным проваром
- Последующая обработка и очистка швов не допустима

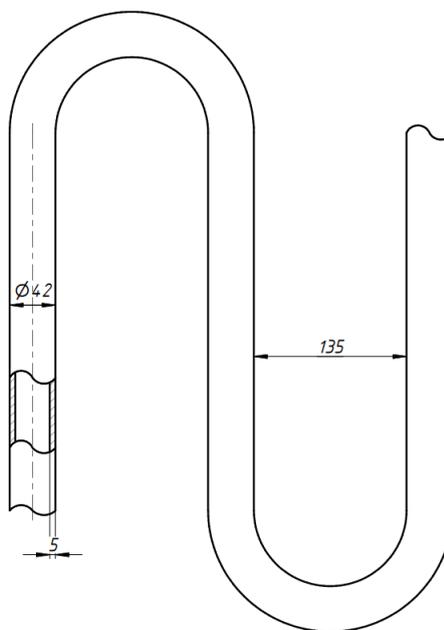


Рисунок 10 – Схема сварной конструкции

### 2.1 Материал сварной конструкции

В качестве материала используется Сталь 20. Сталь 20 относится к конструкционным углеродистым качественным сталям ГОСТ 1050-88. [16].

Применение: гидравлика, металлоконструкции, трубы перегревателей, трубопроводов котлов высокого давления, коллекторов и др.

Заменители: Сталь 15, Сталь 25, Сталь 15ХФА, Сталь 20Ф, Сталь 13ХФА, Сталь 09СФА.

Виды поставки: трубы ГОСТ 8731-74, ГОСТ 5654-76, ГОСТ 1070-91, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 10705-80, ГОСТ 8733-74, ГОСТ 550-75.

Механические свойства и химический состав Стали 20 приведены в таблице 4 и 5.

Таблица 4 – Механические свойства при T=20<sup>0</sup>C Стали 20

Термообработка, состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_B$ , Мпа	$\sigma_{0,2}$ , Мпа	$\delta$ , %
Нормализация Прокат горячекатаный	до 80	430	255	26

Таблица 5 – Химический состав Стали 20

C, %	Si, %	Ni, %	Mn, %	As, %	P, %	S, %	Cr, %	Cu, %
0,17-0,24	0,17-0,34	до 0,25	0,35-0,65	до 0,8	до 0,04	до 0,04	до 0,25	до 0,25

## 2.2 Определение эквивалента углерода

Углеродный эквивалент используется для того, чтобы дать оценку свариваемости стали (способность стали определенного химического состава давать при сварке соединение высокого качества без дефектов). Именно химический состав используемой стали определяет ее физические свойства, а также структуры, так как данные характеристики под влиянием изменения температуры металла при сварочных работах могут изменяться [17].

Свариваемость стали зависит от количества входящего в нее углерода, а также легирующих элементов. Чтобы предварительно оценить свариваемость стали, используется формула (1), которая позволяет высчитать эквивалентное содержание углерода (химический состав стали известен из документации).

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr+Mo+V}{10} \quad (1)$$

По свариваемости стали подразделяют на четыре группы:

1 – хорошая свариваемость ( $C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,25\%$ );

2 – удовлетворительная свариваемость ( $0,25\% < C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,35\%$ );

3 – ограниченная свариваемость ( $0,35\% < C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,45\%$ );

4 – плохая свариваемость ( $C_{\text{ЭКВ}} > 0,45\%$ ).

Свариваемость Стали 20:

- без ограничений, сварка производится без подогрева и без последующей термообработки;

- ограничено свариваемая, сварка возможна при подогреве до 100-120 градусов и последующей термообработке;

- трудносвариваемая, для получения качественных сварных соединений требуются дополнительные операции: подогрев до 200-300 градусов при сварке, термообработка после сварки – отжиг [18].

Для предварительной грубой качественной оценки свариваемости углеродистых сталей прибегают к подсчету эквивалента углерода по химическому составу стали, для того чтобы оценить свариваемость Стали 20, нужно подсчитать эквивалент углерода, используя таблицу 5, по формуле (1):

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,24 + \frac{0,65}{20} + \frac{0,25}{15} + \frac{0,25 + 0 + 0}{10} = 0,314\%,$$

где символы элементов означают процентное содержание их в стали.

$C_{\text{ЭКВ}} = 0,314\% \rightarrow 0,25\% < C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,35\%$  - удовлетворительная свариваемость.

“Удовлетворительно свариваемые” в основном включают в себя стали, сварка которых при нормальных условиях производится довольно хорошо (не образуются трещины), и стали, которые необходимо предварительно нагреть во избежание появления трещин. Также к данной группе можно отнести и стали, которые нуждаются в предварительной и последующей термообработке.

**Выводы по разделу:** по необходимым требованиям к сварным швам подобран материал конструкции (Сталь 20), а также через определение эквивалента углерода определено, что выбранная марка стали относится к удовлетворительно свариваемым.

### 3 Описание экспериментальной установки

В данной работе использовалась схема установки представленная на рисунке 11.

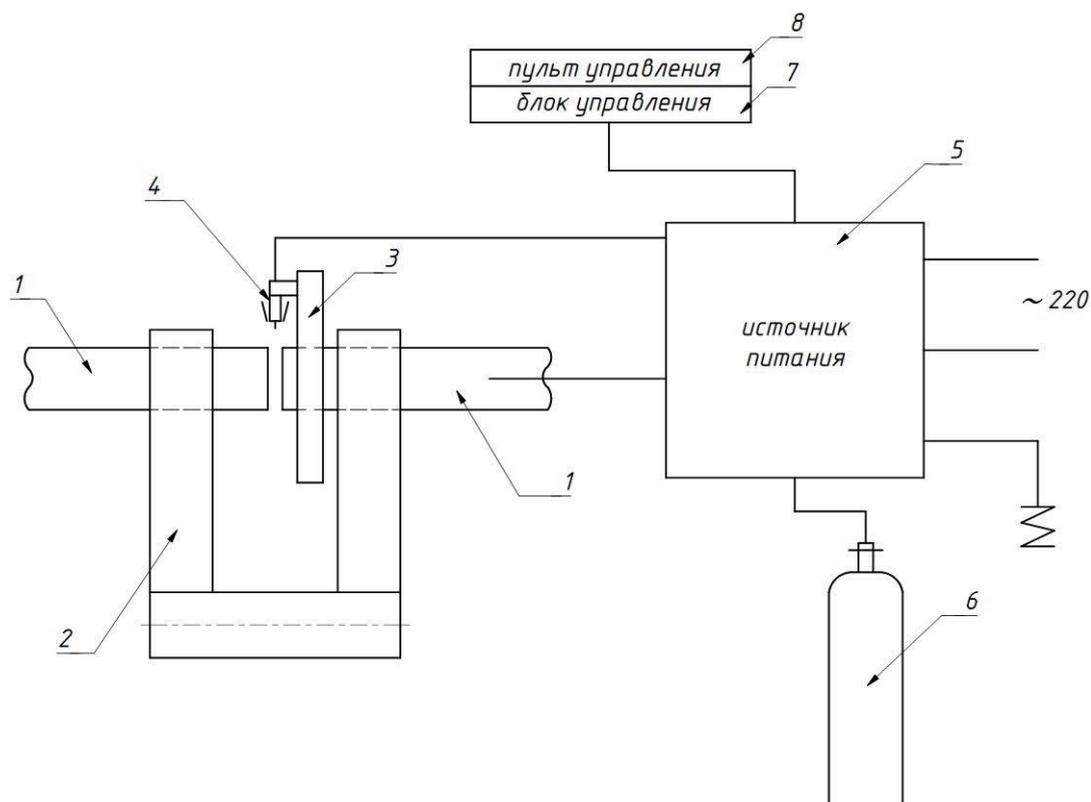


Рисунок 11 – Функциональная схема установки

На схеме представлены:

- 1 – свариваемые трубы
- 2 – центратор
- 3 – автомат
- 4 – сварочная головка
- 5 – источник питания
- 6 – сварочный балон
- 7 – общий блок управления
- 8 – пульт управления

### 3.1 Сварочная головка

Для данной работы используется модернизированная сварочная головка ОКА 18 - 45 ИД.

Головки ОКА предназначены для аргодуговой сварки неплавящимся электродом неповоротных стыков труб диаметром от 18 до 45 мм. Позволяют повысить производительность труда при проведении сварочных работ, добиться высокого качества сварных соединений при проведении сварки в любых пространственных положениях, даже при относительно невысокой квалификации персонала [19]. Технические характеристики головки представлены в таблице 6.

Функциональные возможности:

- простая и быстрая установка на трубе.
- высокая производительность и качество сварки.
- механизм подачи присадочной проволоки

Таблица 6 – Технические характеристики

Характеристики	Значения
Диапазон диаметров свариваемых трубопроводов	От 18 до 45 мм включительно
Скорость сварки	От 0,1 до 6,2 мм/с
Скорость подачи присадочной проволоки	От 5 до 40 мм/с
Диаметр присадочной проволоки	0,8; 1,0 мм
Диаметр электрода	2; 3 мм
Максимальный расход защитного газа	Не более – 30 л/мин
Длина соединительных кабелей сварочной головки	4,0±0,1 м
Максимальный сварочный ток	200 А
Охлаждение горелки	Тип – водяное
Номинальный режим работы ПН	$t_{\text{окр.ср.}} = 40^{\circ}\text{C}$ , 100%
Давление воды	До 0,3 Мпа
Габаритные размеры головки	315×155×220 мм
Масса головки	Не более 5,8 кг
Установленная наработка на отказ	Не менее 1000 ч
Установленный срок службы головки	Не менее 5 лет

### 3.1.1 Устройство и работа головки

Общий вид головки приведен на рисунке 12.

Головка состоит из следующих узлов: вращатель – 1; планшайба – 2; горелка – 3; кабель – 4; механизм подачи проволоки – 5; блок катушки – 6; фиксатор – 7; тракт – 8; канал – 9; упор – 10, а также ряда других деталей.

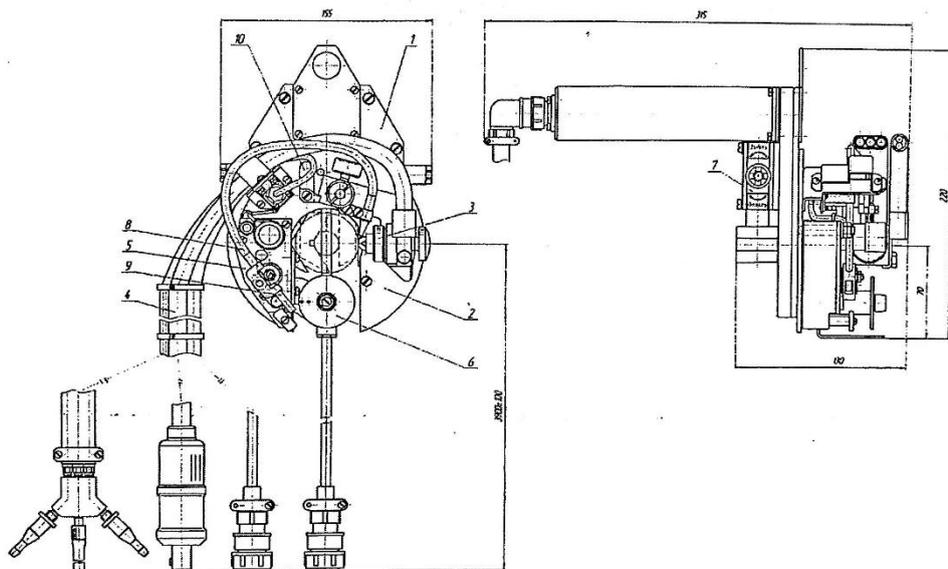


Рисунок 12 – Головка сварочная ОКА 18-45 ИД [20]

Вращатель предназначен для вращения планшайбы и состоит из привода, в который входят электродвигатель постоянного тока ДПР-52-Н2-02, импульсный датчик ТТ-383 и четырехступенчатый планетарный редуктор, расположенные в ручке вращателя, цилиндрических зубчатых колес, расположенных в корпусе и закрытых крышкой.

На планшайбе расположены горелка с упором и механизм подачи проволоки с закрепленным на ней блоком катушки.

Горелка предназначена для крепления вольфрамового электрода, направления струи аргона в зону сварки и подвода сварочного тока к электроду. Горелка представляет собой корпус со встроенным штунцером для

присоединения кабеля токогазоподвода и трубок с охлаждающей жидкостью [21].

Но для производительной работы эта голова неудобна, так как при сварке на ней большую часть времени составляют вспомогательные операции. А именно центровка труб при помощи центраторов и настройка сварочной головки на стык. Прихватки требуют дополнительного времени и создают опасность возникновения дефектов, а настройка сварочной головки на стык значительно утомляет зрение [22].

Для повышения эффективности работы данной головки разработано центрирующее устройство, позволяющее осуществлять центрирование труб и установку автомата на стык без постановки прихваток.

### **3.2 Автомат**

Сварочный автомат – механизм, позволяющий сварочной головке перемещаться вдоль шва. Для точной установки автомата на свариваемый стык фиксатор (тисы) предназначенный для фиксации автомата на трубе заменен на переходной фланец.

Во фланце имеются отверстия, в которые входят штифты центратора и фиксирующий винт. Поэтому автомат базируется по центратору коаксиально вращению сварной головки для всех диаметров труб, с точной установкой электрода на стык без дополнительной настройки.

### **3.3 Система импульсного питания сварочной дуги**

Источник питания ДС 200А.33А, позволяет осуществлять сварку в непрерывном, импульсном и шагоимпульсном режиме. ДС 200А.33А - аппарат инверторного типа для сварки неплавящимся электродом в защитных газах (ПО) предназначенный для использования с системами автоматической сварки

ДС САУ4.33, а также для ручной сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа (TIG).

ДС 200А.33А надежен и выполнен на высоком профессиональном уровне с использованием последних достижений в области сварочных технологий. Аппарат прост в управлении и позволяет задавать все параметры сварки в цифровом виде. Внешний вид источника питания представлен на рисунке 13.

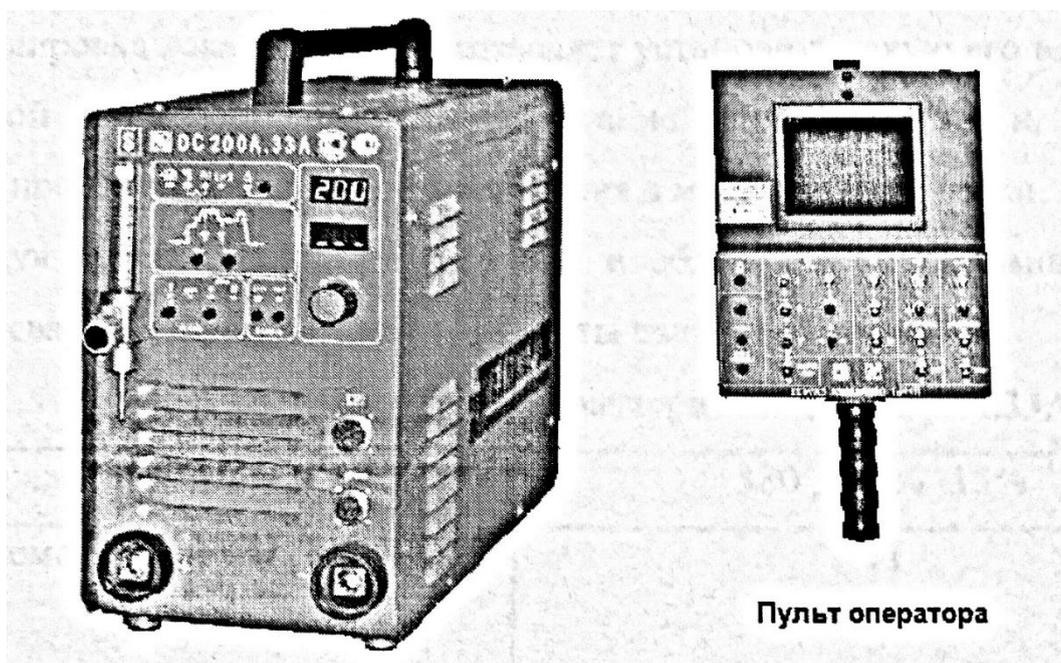


Рисунок 13 – Источник питания ДС 200А.33А и пульт управления [23]

Функциональные возможности:

- ДС 200А.33А имеет режим контактного и бесконтактного зажигания дуги на малом токе
- Непрерывный и импульсный режим работы
- 2-х тактный и 4-х тактный режимы работы
- Память сварочных режимов
- Микропроцессорное управление

Режим фокусировки дуги (режим модуляции) позволяет максимально сфокусировать дугу, что дает возможность точнее управлять направлением перемещения и размером сварочного пятна. Данный режим также стабилизирует конус дуги и уменьшает блуждание, позволяя упростить сварку угловых стыков.

Регулируемое время нарастания и спада тока при окончании сварки. Плавное нарастание сварочного тока необходимо для снижения износа электрода и защиты места начала сварки, а плавный спад предотвращает образование кратера.

Контроль тока и напряжения производится цифровым индикатором, а контроль расхода газа – ротаметром.

Регулировка тока зажигания позволяет установить такую его величину, при которой происходит надежное зажигание сварочной дуги и, в то же время, нет прожигания свариваемого изделия в месте начала сварки. Продув газа перед началом сварки и обдув сварочной ванны после окончания сварки производится для максимальной защиты сварочной ванны [24].

В источниках предусмотрено автоматическое отключение при перегреве, отсутствии одной из фаз питающего напряжения или при снижении питающего напряжения более чем на 15%. Характеристики источников не зависят от колебаний напряжений питающей сети.

Комплекс ОКА надежен и прост в эксплуатации, имеет заводскую гарантию 1 год и может поставляться со свидетельством о первичной аттестации НАКС.

Источник питания ДС 200А.33А. выступает в качестве выпрямителя для установки амплитуды импульсов сварочного тока.

### 3.4 Блок управления ДС САУ4.33

ДС САУ4.33 - микропроцессорный блок управления для установок автоматической сварки. Предназначен для совместной работы с головками автоматической сварки "ОКА", с источниками ДС200А.33А, ДС400.33 и т.п.

- Обеспечивается разбивка зоны сварки по секторам и отдельное задание режимов работы в каждом из них. Задаются значения тока и напряжения сварки, скорости сварки, скорости подачи проволоки.

- Осуществляется управление многопроходной сваркой с заданием режимов в каждом проходе.

- Задается полный цикл для аргодуговой сварки и сварки неплавящимся электродом.

- Имеется память программ.

- Все параметры сварки задаются оператором с клавиатуры и записываются в память.

ДС САУ4.33 может работать в непрерывном, импульсном, и шагоимпульсном режиме.

Непрерывный режим предполагает ведение сварки с неизменным во времени уровнем сварочного тока. Его предпочтительно использовать при сварке в горизонтальном положении [25].

Импульсный режим работы отличается чередованием импульсов сварочного тока разной величины. Регулируемыми параметрами в данном режиме являются: ток в импульсе, ток в паузе, время импульса и время паузы. Время и величина тока импульса устанавливаются на уровне, достаточном для проплавления сварочной ванны, но не допускающем провисания расплавленного металла. Время и величина тока в паузе устанавливаются на уровне необходимом для поддержания горения дуги и позволяющем ванне частично кристаллизоваться (примерно 5:40А). Ток зажигания устанавливается на уровне, необходимом для уверенного поджига дуги. Таким образом, имеется

возможность регулировать количество вложенного в свариваемое изделие тепла и контролировать процесс образования сварочного шва.

Шагоимпульсный режим - наиболее универсальный и позволяет получать высочайшее качество сварных соединений. Особенностью работы автомата в этом режиме является то, что сварка производится во время импульса при неподвижном состоянии горелки, а перемещение горелки происходит во время паузы тока без подачи присадки. В остальном, цикл сварки не отличается от импульсного режима.

В данной работе используется шагоимпульсный режим, потому что трубы поверхностей нагрева относятся к высокоответственным изделиям, где необходимо получать качественные сварные швы.

### **3.5 Описание центрирующего устройства**

Особенностью центратора является то, что имеются специальные штифты и соединительный болт, при помощи которого перед центровкой труб крепится шаблон, который позволяет фиксировано устанавливать сварной стык относительно центратора без зазора в стенке или с необходимым зазором. После установки центратора шаблон снимается. Затем на эти же штифты устанавливается автомат и закрепляется винтом.

Также комбинация позволяет быстро и без дополнительной настройки устанавливать вольфрамовый электрод сварной головки симметрично относительно разделки, что существенно снижает вспомогательное время.

Центрирующее устройство состоит из несущей трубы к которой приварены зажимные устройства состоящие из неподвижных пластин, внутри которых расположены зажимные губки закрепленные с помощью болтов. Также имеются подвижные пластины шарнирно соединенные с неподвижными, между которыми болтами закреплены губки. Рычаг при помощи которого производится прижатие детали подвижными губками между неподвижными. К

одному из зажимных устройств к внутренней неподвижной пластине крепятся колонки для установки сварочного автомата через переходную пластинку.

Состав центратора:

- Неподвижная пластина
- Подвижные пластины
- Рычаг
- Губки
- Колонки
- Устройство упора
- Переходная пластина

Неподвижные пластины крепятся к несущей трубе с помощью сварки. Подвижные пластины крепятся шарнирно к подвижным пластинам. С помощью рычага происходит прижатие детали подвижными губками между неподвижными. Губки крепятся к подвижным и неподвижным пластинам болтами, при помощи которых можно произвести быструю замену губок для деталей нужного размера. Сменные губки представлены на рисунке 14.

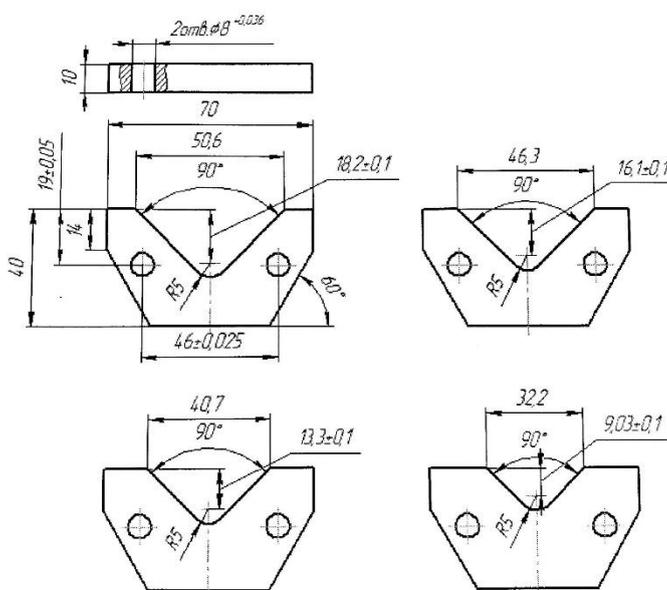


Рисунок 14 – Губки сменные

Колонки крепятся к одному из зажимных устройств к внутренней неподвижной пластине. Устройство упора предназначено для установки зазора труб в определенном месте, чтобы точно установить электрод на стык. Упор состоит из двух пластин и двух стержней. Одна пластина имеет отверстия для посадки на колонки и закрепления винтом, вторая пластина, имеющая толщину необходимого зазора между трубами соединенными с первыми пластинами двумя стержнями. Переходная пластина крепится к автомату и имеет отверстие для установки на колонки и закрепляется винтом, при этом электрод устанавливается точно, симметрично на зазор. Фотография разработанного центризатора показана на рисунке 15.

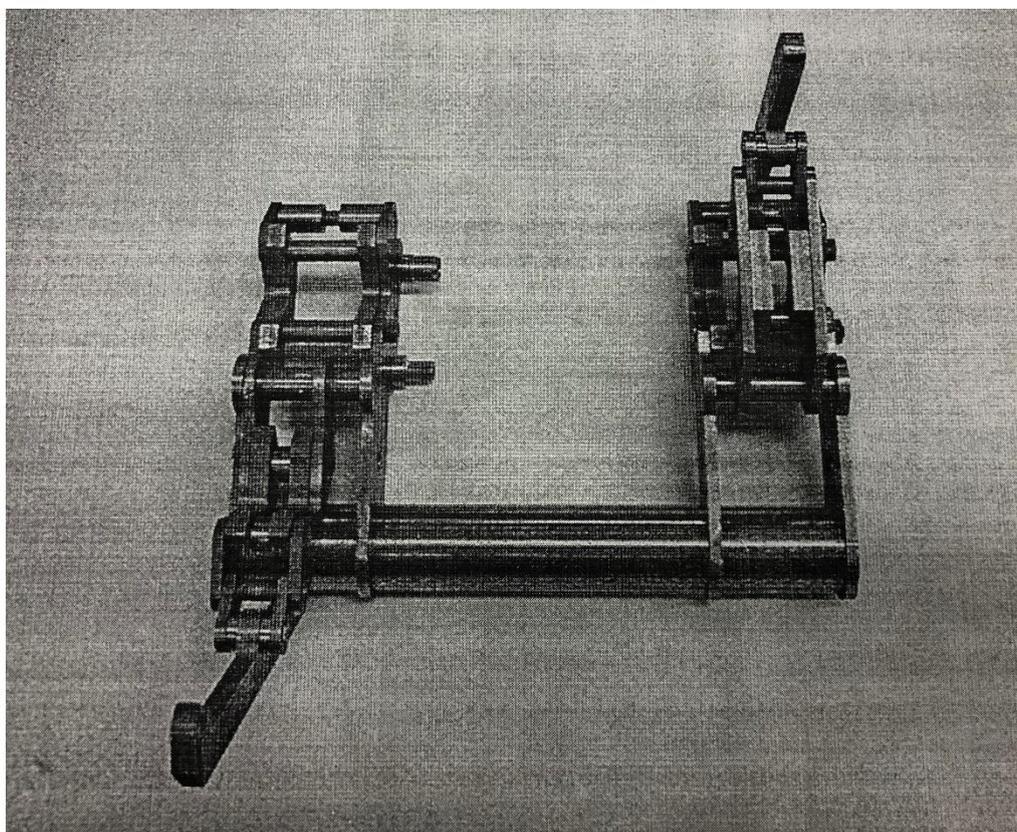


Рисунок 15 – Разработанный центризатор

### 3.6 Центрирование труб и установка зазора

Проверка неповоротных стыков труб поверхностей нагрева на сходство с чертежами и требованиями научно-технической документации должна производиться во время подготовки под сварку при этом отклонение между плоскостью реза и угольника должно быть не выше  $l + 0,5$  мм.

Схема проверки перпендикулярности торцов труб представлена на рисунке 16.

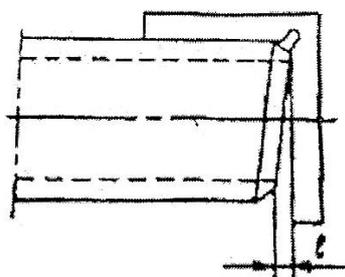


Рисунок 16 – Проверка перпендикулярности торцов труб [13]

Также необходимо проверить:

- форма, размеры, качество подготовки кромок должны соответствовать описанным в документации требованиям (проверка размеров кромок регламентированными шаблонами и оформление фасок под сварку);
- качество зачистки поверхности концов труб (внутренней и наружной);
- выполнение правильности переходов между сечениями.

Используя труборезный станок, обработка кромок неповоротных стыков труб производится механическим способом (при помощи фрезы или резцом). Подготовленная под сварку, шероховатость поверхности кромок труб необходима соответствовать определенным нормам.

Фаски на трубах под сварку стыков снимаются, используя переносной станок и только механическим способом.

Имеющиеся на кромках собираемых труб неровности и местные уступы, которые препятствуют их соединению должны быть убраны, используя

абразивный круг или же напильник в согласии с требованиями представленными на чертежах, при этом не допускается острых углов и резких переходов.

Для проверки соответствия труб их назначению при поступлении на монтажную площадку трубы должны быть проверены мастером (или другим ответственным лицом) на наличие маркировок, клейм и сертификатов завода-изготовителя. При отсутствии ранее перечисленного трубы не могут быть допущены к дальнейшей обработке [26].

Для установки труб необходимо установить упор, затем надвинуть центратор на трубу до упора с той стороны, где будет установлен автомат и зажать. Затем продвинуть в центратор вторую трубу до упора и зажать, после этого снять упор. Далее на колонки через переходную пластину установить автомат и закрепить винтом.

**Выводы по разделу:** описана экспериментальная установка, разработано центрирующее устройство, которое позволяет точно и в тоже время быстро производить сборку стыка.

## 4 Разработка программных режимов сварки и контроль качества

### 4.1 Разработка программных режимов сварки

Для данного вида сварки не существует определенной методики расчета, поэтому воспользуемся рекомендациями, и опытными данными режима шагоимпульсно-дуговой сварки неплавящимся электродом, металла толщиной 5 мм (Сталь 20).

Шагоимпульсный режим работы отличается чередованием импульсов сварочного тока разной величины с каждым шагом головки. Регулируемыми параметрами в данном режиме являются: ток в импульсе, ток в паузе, время импульса и время паузы.

Время и величина тока импульса устанавливаются на уровне, достаточном для проплавления сварочной ванны, но не допускающем провисания расплавленного металла. Время и величина тока в паузе устанавливаются на уровне необходимом для поддержания горения дуги и позволяющем ванне частично кристаллизоваться (примерно 5:40 А). Ток зажигания устанавливают на уровне, необходимом для уверенного поджига дуги. Таким образом, имеется возможность регулировать количество вложенного в свариваемое изделие тепла и контролировать процесс образования сварочного шва.

Сварка стыка производится в два прохода при этом каждый проход разделен на четыре сектора: 1 сектор  $0^{\circ} - 90^{\circ}$ , 2 сектор  $90^{\circ} - 180^{\circ}$ , 3 сектор  $180^{\circ} - 270^{\circ}$ , 4 сектор  $270^{\circ} - 360^{\circ}$ .

Диаметр проволоки 1мм.

Ориентировочные параметры режима сварки одного стыка приведены ниже, где в таблицах 7 и 8 показаны общие параметры сварки, а в таблицах 9 и 10 параметры для корневого и заполняющего слоев соответственно.

Таблица 7 – Окно «Программа»

ВВОД ДАННЫХ		Программа		1
Программа	1	ОКА 40-80		
		Проходов		2
		Диаметр	мм	42
		Перекрытие	мм	10

Таблица 8 – Окно «Проход»

ВВОД ДАННЫХ		Проход		1
Программа	1	Секторов		4
Проход	1	Время продува	с	2,0
		Ток зажигания	А	20
		Время нарастания	с	2,0
		Задержка вращения	с	2,0
		Задержка проволоки	с	0,1
		Время спада	с	5,0
		Время отвода пров.	с	0,30
		Время обдува	с	2,0

Таблица 9 – Шагоимпульсный режим сварки для корневого слоя

ВВОД ДАННЫХ		Сектор	1	2	3	4
Программа	1	Угол	90	90	90	90
Проход	1	Шаг сварки	2,5	2,5	2,5	2,5
		Скорость сварки	2,4	2,6	2,7	2,8
		Скорость проволоки	8	8	7	6
		Ток импульса	180	180	180	165
		Ток паузы	40	40	40	40
		Время импульса	0,4	0,4	0,4	0,3
		Время паузы	0,2	0,2	0,2	0,2

Таблица 10 – Шагоимпульсный режим сварки для заполняющего слоя

ВВОД ДАННЫХ		Сектор	1	2	3	4
Программа	1	Угол	90	90	90	90
Проход	2	Шаг сварки	2,5	2,5	2,5	2,5
		Скорость сварки	2,4	2,5	2,5	2,5
		Скорость проволоки	27	26	24	22
		Ток импульса	180	180	180	165
		Ток паузы	40	40	40	40
		Время импульса	0,4	0,4	0,4	0,3
		Время паузы	0,2	0,2	0,2	0,2

## 4.2 Контроль качества

Сварка труб высокого давления должна производиться под особым контролем это обуславливается тем что при работе под большим давлением различные дефекты сварного шва могут привести к серьезным последствиям на предприятии.

Существуют различные способы контроля качества сварных соединений: визуальный и измерительный контроль (ВИК), капиллярные, течеискания, магнитные, радиационные, ультразвуковые.

Контроль качества швов поверхностей нагрева в первую очередь начинают с визуального и измерительного контроля его проводят с целью обнаружения таких дефектов как: трещины, поверхностные поры, свищи, прожоги. В тех случаях когда необходимо выполнить многослойный шов, визуальный и измерительный контроль проводят по окончании прохода каждого слоя.

К данному виду контроля прибегают практически всегда после выполнения сварочных работ, так как с его помощью возможно быстро и без особого труда обнаружить так называемые первичные наружные дефекты невооруженным глазом или с использованием визуально-оптических приборов. При проведении ВИК практически не прибегают к использованию дорогостоящего оборудования [27].

Все завершённые сварные швы должны подвергаться визуальному контролю особенно тщательно стоит уделять внимание соединениям, которые работают под высоким давлением, такие как, например, трубы поверхностей нагрева.

Перед осуществлением визуального контроля полученный шов должен быть очищен от шлака, разбрызгивания металла и других загрязнений. Этому же должны подвергаться и обе стороны от шва (труба зачищается по 20 мм в каждую из сторон от сварного соединения).

ВИК может осуществляться используя лупу с 4–7-кратным увеличением для тех мест, где необходимо точно убедиться в обнаруженных дефектах, если же не требуется особого качества, то шов может быть проверен невооруженным глазом.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натеки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений. Нормы на допустимые дефекты для ВИК приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Нормы на допустимые дефекты

Дефект	Размерный показатель сварного соединения, мм	Допустимый максимальный размер дефекта, мм	Допустимое число дефектов на любых 100 мм шва
Отступления от размеров и формы шва	Независимо	По п. 4.5.7	–
Западания (углубления) между валиками и чешуйчатость поверхности шва	Св. 10	2,0	
Одиночные включения	Св. 40	2,5	8
Подрезы основного металла	Независимо	0,2	–
Отклонения от прямолинейности сварных стыков труб	Независимо	Просвет между линейкой и трубой на расстоянии 200 мм от стыка не должен быть более 3 мм	

Исходя из того, что к сварке труб высокого давления предъявляется высокая ответственность, сварные швы необходимо также проверять на наличие внутренних дефектов. Поэтому после успешного прохождения визуального и измерительного контроля необходимо также выполнять ультразвуковой контроль.

Существует несколько методов нахождения дефектов используя ультразвук. Наибольшую популярность получили: эхо-метод и теневой метод.

Суть теневого метода состоит в использовании двух преобразователей, где один первый является источником УЗ волн, а второй – приемником. Поэтому для снятия показаний о наличии дефектов в сварном шве преобразователи необходимо располагать на двух противоположных поверхностях изделия [28].

При отсутствии дефектов в сварном шве на преобразователь-приемник все время будет попадать равное количество ультразвуковой энергии, которая попадая на пластинку вызывает в ней колебания, выдавая тем самым сигнал постоянной мощности.

Нормы на допустимые дефекты для УЗК описаны в таблице 12.

Таблица 12 – Нормы на допустимые дефекты для УЗК

Размерный показатель сварного соединения	Эквивалентная площадь одиночных несплошностей, мм <sup>2</sup>		Максимально допустимое число фиксируемых одиночных несплошностей на любых 100 мм протяженности сварного соединения	Протяженность несплошностей	
	Минимально фиксируемая	Максимально допустимая		Суммарная в корне шва	Одиночных в сечении шва
Св. 40 до 60	5,0	10,0	10	20% внутреннего периметра соединения	Не более условной протяженности максимально допустимой эквивалентной несплошности

Если же сварной шов имеет различного рода дефекты, то при прохождении через них УЗ волна будет преломляться, отражаться или рассеиваться. Из-за этого на преобразователь-приемник будет поступать меньшее количество энергии, что и свидетельствует о наличии дефектов.

Причем по изменению энергии можно судить о величине дефекта, чем меньше энергии получил приемник тем большим дефектом обладает шов.

Данный метод можно использовать при сварки труб большого диаметра когда есть возможность установки преобразователей через стенку трубы. В нашем случае такой возможности не представляется так как диаметр нашей трубы всего 42 мм, поэтому нам больше подходит эхо-метод контроля ультразвуком.

При этом способе используется только один преобразователь, а это значит, что возможно вести контроль с одной стороны трубы. В этом способе прозвучивание ведется не непрерывно как в теновом методе, а импульсами. При этом преобразователь в момент подачи импульса работает в режиме излучателя, а в момент паузы в режиме приемника. Данный вид контроля представлен на рисунке 17.

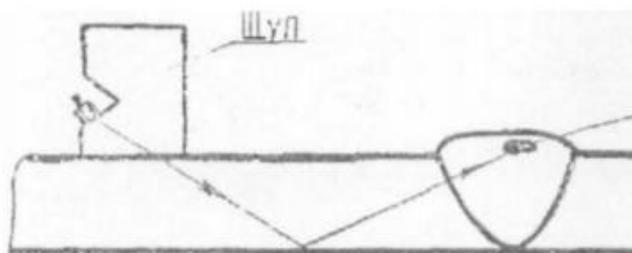


Рисунок 17 – Схема контроля шва при отражении УЗ волны от нижней стенки [29]

Если в сварном шве имеются дефекты то при прохождении через них УЗ волна частично будет отражаться и возвращаться на преобразователь-излучатель который в момент паузы между импульсами будет работать в режиме приема, считывать всю информацию и с помощью усилителя подавать на экран.

Используя данный метод возможно исследовать весь шов от корня до усиления. Это возможно за счет отражения ультразвука от нижней поверхности трубы и его последующего возвращения в металл. Так перпендикулярно

перемещая щуп относительно шва есть возможность рассмотреть весь шов целиком.

**Выводы по разделу:** используя аргонодуговую сварку неплавящимся электродом в среде аргона разработаны режимы, при которых получается равномерное наложение сварных швов без влияния положения сварочной ванны в пространстве. Произведен контроль качества полученного шва с помощью ВИК и ультразвуковым методом.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В51	Голоусенко Максим Анатольевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОКД</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01. Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, предоставленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент студента 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки студента 20%; Дополнительная заработная плата 13%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 28 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Анализ конкурентных технических решений -SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- <i>Определение эффективности исследования</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

*Оценочная карта конкурентных технических решений; График Гантта; Матрица SWOT.*

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Подопригора И.В.	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1В51	Голоусенко М.А.		

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **5.1 Предпроектный Анализ**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В целевой рынок входят коммерческие организации отраслей энергетики, теплоэнергетики и коммунального хозяйства.

Для данных коммерческих организаций критерием сегментирования является строительство и ремонт. Производим сегментирование рынка для реализации технологии орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима и оборудования для данного процесса по критериям строительство и ремонт. Данная технология в строительстве и ремонте трубопроводов является новым направлением, которым до сегодняшнего дня никто не занимался.

Основными сегментами данного рынка являются теплоэнергетическая промышленность (котло- и реакторостроение) и коммунальное хозяйство, на них и будет направлена ориентация предприятия.

#### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

На большинстве современных предприятий, занимающихся строительством и ремонтом трубопроводов, используются технологии, которые были созданы еще в советском союзе. Если оборудование и сварочные материалы с течением времени модернизировались и применялись на производстве, то технология их сварки практически не претерпела ни каких изменений. Большая часть швов выполняется вручную, используются

устаревшие типы разделок, процесс остается трудоемким, време- и ресурсозатратным.

Технология орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима позволяет сократить время, затрачиваемое на сварку стыков при строительстве трубопроводов, повысить качество сварных швов, снизить расход сварочных материалов и потребление энергии.

На сегодняшний день у технологии орбитальной сварки труб с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения конкурентов нет.

### **5.1.3 FAST – анализ**

FAST – анализ состоит из шести стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

Объектом данного анализа является объект исследования, а именно технология орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Главной функцией (назначением) данной технологии является возможность получения качественных сварных соединений трубопроводов.

В качестве основных функций технологии орбитальной сварки труб поверхностей нагрева можно выделить исключение человеческого фактора при проведении сварочных работ, что гарантирует минимальную вероятность

появления в сварном шве и его геометрии дефектов, а так же наличие в данной технологии системы обратной связи при сварке, что также способствует получению качественных сварных швов.

К вспомогательным функциям можно отнести возможность получения сварного соединения за сравнительно короткое время, пониженный расход сварочных материалов и электроэнергии.

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Для начала необходимо построить матрицу смежности функций, в которой определим более значимые из них. В таблице 13: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая.

Таблица 13– Матрица смежности функций технологии орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима

	Возможность получения качественных сварных соединений трубопроводов	Исключение человеческого фактора	Наличие системы обратной связи	Возможность получения сварного соединения за короткое время
Возможность получения качественных сварных соединений трубопроводов	=	=	>	>
Исключение человеческого фактора	=	=	<	>
Наличие системы обратной связи	<	>	=	>
Возможность получение сварного соединения за сравнительно короткое время	<	<	<	=

После определения более значимых функций нужно определить количественное соотношение функции. Для этого построим матрицу количественных соотношений функций (таблица 14).

Таблица 14 - Матрица количественных соотношений функций

	Возможность получения качественных сварных соединений трубопроводов	Исключение человеческого фактора	Наличие системы обратной связи	Возможность получения сварного соединения за короткое время	ИТОГО
Возможность получения качественных сварных соединений трубопроводов	1	1	1,5	1,5	5
Исключение человеческого фактора	1	1	0,5	1,5	4
Наличие системы обратной связи	0,5	1,5	1	1,5	4,5
Возможность получение сварного соединения за сравнительно короткое время	0,5	0,5	0,5	1	2,5

Согласно матрице количественных соотношений получили следующие относительные значения значимости функций: возможность получения качественных сварных соединений трубопроводов – 0,3125 (5/16), исключение человеческого фактора – 0,25, наличие системы обратной связи – 0,28125, возможность получение сварного соединения за сравнительно короткое время – 0,15625. Видно, что самой значимой функцией (назначением) для технологии орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима является её главное назначение – возможность получения качественного сварного соединения.

Стадии 4 и 5 - анализ стоимости функций выполняемых объектом исследования и построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ соответственно производить не будем, так как представленные функции данной технологии сварки носят общий характер и не могут быть на данный момент оценены в денежном эквиваленте.

Стадия 6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

Технология орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима позволяет сократить общее время на строительство трубопроводов за счет применения автоматического способа сварки. В данном способе применяется автоматическая орбитальная сварка труб с программированием режима при движении сварочной головки от нижнего положения до потолочного, что способствует экономии электродов и энергоснабжения. Исключение участия человека непосредственно в самом процессе формирования шва дает гарантию получения высококачественного сварного соединения.

#### **5.1.4 SWOT – анализ**

SWOT анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз по его осуществлению. Этот анализ проводят для выявления внешней и внутренней среды проекта. Проводится данный анализ в три этапа.

Первый этап.

Данный этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны проекта – это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное

преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

Стабильное течение процесса формирования валика – С1. Качественное формирование сварного шва – С2. Возможность стыковой сварки плоских деталей и труб – С3. Возможность сварки во всех пространственных положениях без изменения режимов сварки – С4. Средняя величина тока постоянна при изменении величины времени протекания тока паузы – С5.

К слабым сторонам проекта относятся:

Отсутствие инвесторов – Сл.1. Отсутствие специализированного инструмента – Сл.2.

К возможностям проекта относятся:

Внедрение собственного способа сварки на рынке за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1. Финансовая поддержка спонсора – В2. Возможность закупки профессионального инструмента – В3.

К угрозам относятся:

Недостаток финансов на реализацию проекта – У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.

Второй этап.

Данный этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
	С1	С2	С3	С4	С5
В1	+	+	+	+	0
В2	-	+	0	+	-
В3	0	0	0	0	0

Третий этап.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 16).

Таблица 16 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> Стабильное течение процесса формирования валика – С1. Качественное формирование сварного шва – С2. Возможность стыковой сварки плоских деталей и труб – С3. Возможность сварки во всехпространственных положениях без изменения режимов сварки – С4. Средняя величина тока постоянна при изменении величины времени протекания тока паузы – С5.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Отсутствие инвесторов – Сл.1. Отсутствие инструмента – Сл.2.
<b>Возможности:</b> Внедрение собственного способа сварки на рынке за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1. Финансовая поддержка спонсора – В2. Возможность закупки профессионального инструмента – В3.	Показ достоинств технологии орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима, на выставках посвященных сварочным технологиям. Реклама в СМИ.	За счет наличия преимуществ в данной технологии по сравнению с технологиями, используемыми на сегодняшний день велика вероятность того, что инвесторы заинтересуются данной разработкой.
<b>Угрозы:</b> Недостаток финансов на реализацию проекта – У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.	Поиск спонсоров благодаря презентации способа сварки с демонстрацией достоинств.	Организации, занимающиеся строительством и ремонтом трубопроводов, заинтересованы в экономии затрат на производстве, соответственно им будет интересна данная технология.

### **5.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации**

На данном этапе производится оценка степени готовности проекта к коммерциализации и определение уровня собственных знаний для ее проведения или завершения. Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

При проведении анализа по таблице, приведенной ниже, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается.

Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации представлен в таблице 17.

На основании полученной таблицы, можно сказать, что перспективность проекта выше среднего.

Таблица 17 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
Определены перспективные направления коммерциализации научно- технического задела	5	4
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	5
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	3
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	4
Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>48</b>	<b>52</b>

### **5.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

При коммерциализации научно-технических разработок владелец интеллектуальной собственности преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела бакалаврской работы – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной бакалаврской работе выбран метод организации собственного предприятия. При организации собственного предприятия данную разработку можно продавать от имени предприятия. Так же планируется писать коммерческое предложение потенциальным покупателям, это могут быть предприятия, относящиеся к теплоэнергетике и к коммунальному хозяйству. В дальнейшем коммерческий эффект планируется направлять в развитие предприятия и на увеличение заработной платы сотрудников.

### **5.2 Инициация проекта**

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание

и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в уставе проекта.

Устав проекта состоит из цели и результата проекта, организационной структуры проекта, ограничений и допущений проекта.

### 5.2.1 Цели и результат проекта

В данном разделе приводится информация о заинтересованных сторонах проекта (таблица 18), иерархии целей проекта и критериях достижения целей (таблица 19).

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п.

Таблица 18 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ОАО «Кузбассэнерго» ОАО «ГорСети» ОАО «ТГК №11»	Получение технологии и оборудования разработанного способа сварки
Магазины комплектующих для сварочных аппаратов	Покупка деталей для сварочного оборудования

Таблица 19 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Разработка способа и технологии орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима
Ожидаемые результаты проекта:	Разработать оборудование и способ сварки, аттестовать их и продавать аппараты сварочного оборудования.
Критерии приемки результата проекта:	Готовое и аттестованное оборудование и технология.
Требования к результату проекта:	Требования: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Проект должен быть закончен в определенные сроки</li> <li>– Должна быть проведена соответствующая подготовка к продаже оборудования и технологии способа сварки</li> </ul>

## 5.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы решаются следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определять роль каждого участника в данном проекте, а также необходимо прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Рабочая группа проекта представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Рабочая группа проекта

ФИО	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
Князьков Анатолий Федорович	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта.	200
Голоусенко Максим Анатольевич	Исполнитель по проекту	Специалист, выполняющий отдельные работы по проекту.	150
ИТОГО:			350

## 5.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта.

Таблица 21 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	500000,00 руб.
3.1.1. Источник финансирования	Собственные сбережения
3.2. Сроки проекта:	16.03.2019 – 28.05.2019
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	25.03.2019
3.2.2. Дата завершения проекта	28.05.2019

### 5.3 Планирование управления научно – техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

#### 5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей занесены в таблицу 22.

Таблица 22 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Научный руководитель, студент
	4	Выбор направления исследований	
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Вывод по цели	

#### 5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

где:  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.,

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.,

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (3)$$

где:  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где:  $T_{\text{кал}} = 365$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,47$$

После заполнения таблицы 23 строим календарный план-график (табл. 24).

Таблица 23 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ожi}$ , чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент	2	3	3	3	5	5
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	3	3	3	4	4	4

Таблица 24- Календарный план-график проведения ВКР по теме

Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Март			Апрель			Май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Составление и утверждение проекта	Руководитель	3	■											
Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2	■	▨										
Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	2		▨	▨									
Выбор направления исследований	Руководитель	2		▨	▨									
Календарное планирование работ	Руководитель	3			▨	▨								
Изучение литературы по теме	Студент	15				■	■							
Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5				■	▨	▨						
Изучение установки	Студент	6					■	■						
Моделирование стенда	Студент	3						■	■					
Изучение результатов	Студент	3							■	■				
Проведение расчетов по теме	Студент	10								■	■	■		
Анализ результатов	Студ. – рук.											▨	▨	
Вывод по цели	Студент												■	■

■ – студент; ▨ – руководитель.

### 5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- контрагентные расходы.

### 5.3.5 Расчет материальных затрат НТИ

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество необходимых материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет материальных затрат с учетом транспортных расходов: 3853 руб.  
Расчет затрат на сырье, материалы, приобретаемые изделия и оборудование (таблица 25).

Таблица 25 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Общая стоимость материала, руб.
Сталь 10x300x1500 мм	лист	1	800	800
Корпус сварочного аппарата	шт.	1	550	550
Диод	шт.	4	125	500
Тористор	шт.	5	200	1000
Соединительный провод	шт.	5	60	300
Триггер	шт.	3	67	200
Итого:				3350

### 5.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НИИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Так как специальное оборудование может быть использовано и для других исследований, то в статью расходов включается только сумма амортизации за время использования оборудования.

$$A = \frac{\Phi_n * H_a * T}{100 * 12}, \quad (6)$$

где  $\Phi_n$  – первоначальная стоимость оборудования и приборов, рубли

$H_a$  – годовая норма амортизации, %

$T$  – время использования конкретного оборудования или прибора для проводимого исследования, мес.

$$A = \frac{53478 * 0,067 * 6}{100 * 12} = 1791,5$$

$$A = \frac{79867 * 0,1 * 6}{100 * 12} = 3993,4$$

$$A = \frac{27867 * 0,05 * 6}{100 * 12} = 696,7$$

$$A = \frac{972 * 0,2 * 6}{100 * 12} = 97,2$$

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 26.

Расчет затрат на специальное оборудование с учетом транспортных расходов: 7565,62 руб.

Таблица 26 - Специальное оборудование

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Общая стоимость материала, руб.
Источник питания	шт.	1	1791,5	1791,5
Ноутбук	шт.	1	3993,4	3993,4
Осциллограф	шт.	1	696,7	696,7
Мультиметр	шт.	1	97,2	97,2
Итого:				6578,8

### 5.3.7 Расчет основной заработной платы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Месячный должностной оклад руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} + k_{\text{р}} = 23264,86 * 1,3 = 30243,2, \quad (7)$$

где  $Z_{\text{б}} = 23264,86$  – базовый оклад руководителя (доцент, к.т.н.), руб.;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Среднедневная заработная плата руководителя (доцент, к.т.н.) рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} = \frac{30243,2 * 11,2}{224} = 1512,16, \quad (8)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб.дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 27.

Таблица 27 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	117	117
– праздничные дни		
Потери рабочего времени		
– отпуск	24	24
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	224	224

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (доцент, к.т.н.) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{раб}} = 1512,16 * 135 = 204141,6, \quad (9)$$

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

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Месячный должностной оклад исполнителя рассчитывается по формуле (7):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} * k_{\text{р}} = 8022,65 * 1,3 = 10429,45.$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (8):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} = \frac{10429,45 * 11,2}{224} = 521,5 .$$

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) исполнителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{раб}} = 521,5 * 210 = 109509,2 , \quad (10)$$

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

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником,

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

Расчет основной заработной платы исполнителей представлен в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_{\text{б}}$ , руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	23264,86	1,3	30243,2	1512,16	135	204141,6
Исполнитель	8022,65	1,3	10429,45	521,5	210	109509,2

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

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

$$Z_{\text{доп.рук.}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0,1 * 204141,6 = 20414,1 ; \quad (11)$$

$$Z_{\text{доп.исп.}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0,1 * 109509,2 = 10950,9 ; \quad (12)$$

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

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

В таблице 29 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 29 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководителя	Исполнителя
Основная зарплата	204141,6	109509 руб.
Дополнительная зарплата	20414,1	10950,9 руб.
Итого по статье Сзп	224555,7	120459,9руб.

Отчисления на социальные нужды.

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * 224555,7 = 67366,71 ; \quad (13)$$

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * 120459,9 = 36137,97 ;$$

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

Накладные расходы.

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Накладные расходы составляют 16% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,16 * 224555,7 = 35928,9 \text{ руб.} \quad (14)$$

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,16 * 120459,9 = 19273,6 \text{ руб.}$$

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

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования

бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 30.

Таблица 30 – Группировка затрат по статьям

Статьи	Вид работ	
	Руководитель	Исполнитель
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	3853 руб.	3853 руб.
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	7565,62 руб.	186508 руб.
Основная заработная плата	204141,6	109509,2 руб.
Дополнительная заработная плата	20414,1 руб.	10950,9 руб.
Отчисления на социальные нужды	67366,71 руб.	36137,97 руб.
Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	350 руб.	350 руб.
Прочие прямые расходы	243,5 руб.	243,5 руб.
Накладные расходы	35928,9 руб.	19273,6 руб.
Итого плановая себестоимость	339864 руб.	187884 руб.

### 5.3.8 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности.

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Матрица ответственности представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Князьков А.Ф	Голоусенко М.А.
Литературный обзор	(О)	(И)
Разработка способа сварки	(О)	(И)
Разработка оборудования	(О)	(И)

### 5.3.9 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты (таблица 32).

Таблица 32 – Реестр рисков

Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
Недостаток финансов на реализацию проекта	2	4	низкий	нет	Неправильное распределение финансов

Таким образом, можно сделать вывод, что риск не имеет большого значения, а чтобы его исключить, необходимо правильно распределять финансы.

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождения связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{рук}} = \frac{518805,8}{518805,8} = 1; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{366826,2}{518805,8} = 0,71.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (16)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы.

Таблица 33 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Рук	Исп
1. Сварочный материал	0,25	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	2
3. ПГ,СГ,ЗГ	0,15	4	4
4. Создание установки	0,35	4	5
ИТОГО	1	4,5	3,15

$$I_{p-\text{рук}} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-\text{исп}} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр.i}} \cdot \quad (17)$$

$$I_{исп1} = \frac{4.5}{1} = 4.5; I_{исп2} = \frac{3.15}{0.71} = 4.43.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 33) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (18)$$

$$\mathcal{E}_{ср.рук} = \frac{4.5}{4.5} = 1; \mathcal{E}_{ср.рук} = \frac{4.5}{4.43} = 0.98$$

Таблица 34 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Рук	Исп
Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,71
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15
Интегральный показатель эффективности	4,5	4,43
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,98

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

**Выводы по разделу:** с точки зрения ресурсоэффективности, применяя процесс орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с прораграммированием режима, возможно получать экономию сварочных материалов. С применением центриатора уменьшается время на установку труб тем самым увеличивается производительность процесса.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В51	Голоусенко Максим Анатольевич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01. Машиностроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочее место расположено в закрытом помещении.</p> <p>При работе с использованием технологии орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима с применением источника питания с импульсным питанием сварочной дуги могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека.</p> <p>Оказывается негативное воздействие на атмосферу.</p> <p>Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного, экологического и социального характера.</p>
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы».</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности.».</p> <p>ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность».</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность».</p> <p>ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».</p> <p>ГОСТ 12.3.009-76 «Работы погрузочно-разгрузочные».</p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.</p> <p>2. Техника безопасности при проведении сварочных работ: А) защита открытой поверхности кожи, глаз от излучения дуги; Б) защита органов дыхания от сварочных аэрозолей; В) защита от поражения электрическим током.</p> <p>3. Производственная санитария: А) шумы и вибрации; Б) освещение; В) микроклимат.</p> <p>4. Электробезопасность.</p> <p>5. Пожаробезопасность.</p> <p>6. Охрана окружающей среды.</p> <p>7. Чрезвычайные ситуации.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства</li> </ul>	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Повышенная яркость света.</p> <p>2. Электрическая дуга и искры при сварке.</p> <p>3. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов.</p>

<p>защиты);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>4. Взрывоопасность и пожароопасность. 5. Электрический ток. 6. Высокая запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. 7. Подвижные изделия, заготовки и материалы. 8. Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Работы в производственном помещении сопровождаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнением воздуха из-за образования и поступления в воздух сварочных аэрозолей;</li> <li>– сбором отработавшей жидкости (воды) в систему сбора коммунальных стоков для очистки;</li> <li>– образованием твердых отходов и нормативным обращением с ними.</li> </ul>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Чрезвычайные ситуации на производстве могут возникнуть в результате нарушения правильной работы вытяжной системы вентиляции или замыканий электрической проводки с последующим загоранием изоляции (пожаром), а также в результате электропоражением персонала.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>– ГОСТ 12.1.004-91 – Требования безопасности – Общие требования по ГОСТ 12.1.010-76 взрывоопасность</p>
<p><b>Перечень графического материала:</b></p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>– Расчет освещения помещения</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин Владимир Филиппович	Доктор техн. наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В51	Голоусенко Максим Анатольевич		

## **6 Социальная ответственность**

Исследуемый в данной работе процесс сварки неповоротных стыков труб относится к области электродуговой сварки, поэтому в дипломной работе приводится анализ вредных и опасных производственных факторов, характерных именно для этой сферы производственной деятельности.

В процессе сварки, оператор установки для орбитальной сварки труб поверхностей нагрева подвержен воздействиям комплекса опасных и вредных производственных факторов различной природы: излучение, сварочные аэрозоли, искры и брызги расплавленного металла и шлака, электромагнитные поля, газы, шум. Все вышеперечисленные факторы вызывают болезни или травмы. Деятельность лаборатории оказывает воздействие на окружающую среду и может быть осложнена возникновением ЧС: электропоражением сотрудников, пожаров.

### **6.1 Производственная безопасность при орбитальной сварки труб поверхностей нагрева**

Электрическая сварка металлов сопровождается наличием вредных и опасных производственных факторов, к числу которых относятся:

- высокая температура поверхностей материалов и оборудования;
- большая температура воздуха в зоне работы;
- чрезмерная величина напряжения электрической цепи, причем ее замыкание может пройти через человека;
- высокая яркость света;
- высокий уровень ультрафиолетового излучения;
- много пыли и загазованности воздуха рабочей зоны;
- брызги, искры и выброс расплавленного металла;
- высокий уровень ионизирующего излучения в зоне работы сварщика;
- загрязнение атмосферы лаборатории сварочными аэрозолями;

-баллоны и их коммуникации находящиеся под давлением, являющиеся причиной взрыва.

## **6.2 Техника безопасности при проведении сварочных работ**

Электродуговая сварка должна выполняться в соответствии с требованиями по ГОСТ 12.3.003 работы электросварочные. Требования безопасности по ГОСТ 12.1.004 ФЗ-123 ТР пожарной безопасности. Общие требования по ГОСТ 12.1.010 взрывобезопасность. Общие требования по ГОСТ 12.3.02 процессы производственные, общие требования безопасности. А также в соответствии с санитарными правилами при сварке, резке и наплавке металлов, которые утверждены министерством здравоохранения.

Излучение невидимых инфракрасных, ультрафиолетовых и видимых световых лучей возникает в процессе горения сварочной дуги. Яркость световых лучей превышает допускаемую норму для человеческого глаза, поэтому при просмотре на сварочную дугу без защиты глаз, сварочная дуга будет ослеплять. Если смотреть несколько секунд на сварочную дугу, то это вызовет заболевание глаз, которое называется электроофтальмией. Это заболевание будет сопровождаться острой болью и режью в глазах, слезотечением и спазмам век. Наиболее продолжительное облучение ультрафиолетом вызовет ожог кожи. Инфракрасные лучи при длительном воздействии на органы зрения вызывают катаракту – помутнение хрусталика глаза, а также ожоги кожи лица. Интенсивность инфракрасного излучения от изделия и сварочной ванны определяется температурой изделий и их габаритами, а также размерами и температурой сварочной ванны. Если средства индивидуальной защиты отсутствуют, то воздействие теплового излучения с интенсивностью, превышающей допускаяемый уровень, также может привести к нарушениям терморегуляции и тепловому удару.

Для предотвращения опасного поражения глаз обязательно применение защитных стекол, наиболее темных для сварщиков и более светлых для

вспомогательных рабочих, что должно обеспечивать поглощение вредных излучений.

По ГОСТ 9497 существует несколько различных видов защитных стекол. Например: защитное стекло С-1 рекомендуется при сварке изделий с использованием силы тока в 30-75А, стекло типа С-5 при сварке на силе тока 200-400А и так далее до С-10.

Защитные стекла, вставленные в специальные для сварки щитки и маски, снаружи закрываются обычным стеклом для защиты от сварочных брызг расплавленного металла. Щитки должны изготавливаться из изоляционного материала типа фанеры, фибры и по размерам должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ 1361). В масках применяют пассивные и электронные светофильтры.

С наружной стороны защищающий светофильтр закрывают сменным прозрачным стеклом, которое защищает его от брызг металла шва и шлака. Светофильтр представляет собой пластинку, которая состоит из темного стекла размеры которого 120х69 мм. Светофильтр не пропускает ультрафиолетовые лучи, но инфракрасные, проникают в общем количестве в пределах от 0,11 до 4%.

Более удобно работать сварщику в защитной маске с самозатемняющимся светофильтром Хамелеон, его прозрачность изменяется в зависимости от интенсивности света. Если использовать автоматический светофильтр, то сварщику под силу выполнить все этапы сварочных работ, без поднимания маски. Маска хамелеон имеет потенциометр, который дает плавное регулирование степени ее затемнения. Электропитание может быть, как от литиевого элемента, так и от солнечной батареи.

Чтобы защитить тело от ожогов оператор установки для автоматической сварки использует брезентовый костюмом, рукавицы и кожаную или валяную обувь. Брюки сварщика должны быть гладкие, без каких либо отворотов, с напуском на сапоги или ботинки. Рукавицы сварщика должны иметь напуск на рукава и затягиваться тесьмой на кистях рук. Такая одежда поможет защитить

сварщика от попадания брызг металла и световых излучений. К средствам индивидуальной защиты сварщика также относятся резиновые диэлектрические шлем, перчатки, сапоги. Резиновый коврик, наколенники и подлокотники, подшитые войлоком, необходимы, если сварщик работает лежа или сидя.

### **6.3 Защита органов дыхания от сварочных аэрозолей**

Более характерными вредными факторами для большинства способов дуговой сварки являются образования и поступления в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей, которые содержат в себе токсические вещества. Их длительные воздействия на организм может приводить к развитиям заболеваний. Такие, как: пылевой бронхит, пневмокониоз, интоксикация газами и металлами.

Этот аэрозоль может представлять собой совокупность мелких частиц, которые образуются из-за паров расплавленного металла, которые конденсируются из шлака, покрытия электрода. Состав сварочного аэрозоля может зависеть от составов сварочного материала и свариваемых деталей. Из-за собственных маленьких размеров (которые могут составлять менее 1 микрона) сварочный аэрозоль беспрепятственно проникает вглубь отделов легких и частично остается в их стенках, а далее всасывается в кровь. Если сварочный аэрозоль содержит значительное количество марганца то, распространяясь по крови в организме, этот элемент может вызывать тяжелейшее заболевание, то есть марганцевую интоксикацию. При этом обычно страдает центральная нервная система, и изменения в организме носят необратимый характер. В настоящее время установлено, что компоненты сварочного аэрозоля могут увеличивать риск возникновения онкологических и сердечнососудистых заболеваний, а также могут уменьшить длительность жизни человека.

Во избежание неблагоприятных воздействий производственных факторов, которые характерны для электросварки, нужно избегать облучения глаз сварочной дугой и открытых мест кожи. А также защищать их от

попадания брызг металла и шлака. И препятствовать попаданию в органы дыхания сварочного аэрозоля. Практически при всех способах дуговой сварки, плазменных технологиях это легче сделать при помощи комплексных средств индивидуальной защиты. Например: сварочные щитки Speedglas9000 с блоками Adflo или Муссон.

Комплексное средство состоит из двух основных частей. Для защиты лица и глаз применяется сварочный щиток с автоматически затемняющимся светофильтром на жидких кристаллах (АСФ), а для защиты органов дыхания - блок фильтрации и подачи воздуха. Важно отметить, что именно комплексный характер изделия в совокупности с правильно подобранной специальной защитной одеждой, устойчивой к излучению дуги, огнестойкой и прочной, а также с перчатками или рукавицами, обладающими необходимыми защитными свойствами, позволяет гарантировать полную защиту электросварщика от описанных выше опасных и вредных производственных факторов.

Чтобы защитить органы дыхания сварщика выпускают защитные маски с автоматической системой подачи очищенного воздуха. Эти маски подобны обычным маскам, но поставляются в комплектах с принадлежностями для системы фильтроподдува.

Система поддува очищенного воздуха в зону дыхания для сварщика может применяться вместе с защитной маской, которая предназначена для защиты органов дыхания сварщика, когда сварщик находится в рабочей зоне, которая сильно задымлена.

Принцип работы. Фильтровентиляционный блок, который располагается на поясе сварщика, под давлением подает очищенный воздух через дыхательный шланг под маску в систему воздухораспределения, которая обеспечивает движение воздуха в маске в направлении от глаз. Питание фильтрующего блока происходит от подключаемого картриджа с никелево-кадмиевым аккумулятором, продолжительность работы которого без перезарядки 8 часов. Благодаря сменному аккумулятору можно обеспечить продолжительную эксплуатацию маски, подключая при необходимости

заряженный аккумулятор. Фильтровентиляционный блок, производительность которого 140 м<sup>3</sup>/ч, обеспечивает двухступенчатую очистку воздуха, где на первой стадии фильтрации в тканевом предварительном фильтре оседают крупные частицы сварочного дыма (аэрозоля), а затем в бумажном фильтре тонкой очистки оседают оставшиеся частицы. Активная фильтрующая поверхность фильтра тонкой очистки - 1720 см<sup>3</sup>. Для удобства эксплуатации фильтровентиляционный блок снабжен механическим индикатором степени загрязнения фильтра, что позволяет своевременно производить замену фильтрующих элементов.

#### **6.4 Защита от поражения электрическим током**

Если состояние оборудования исправно и правильно выполнены сварочные работы, то поражение электрическим током исключается. Чтобы избежать действия на человека электрического тока необходимо соблюсти следующие условия:

- необходимо заземлить корпуса источников питания, а также сварочного оборудования и свариваемого изделия. Заземлять необходимо медными проводами, один конец провода необходимо закрепить к корпусу источника питания со знаком земля, а второй конец присоединить к общей заземляющей шине, или к металлическому штырю, который необходимо вбить в землю;
- заземлять передвижные источники питания до включения в питающую сеть, а отключение заземления производить только после отключения от питающей сети;
- если выполняются сварочные работы на открытых площадках, то сварочному оборудованию необходимо находиться под навесом для защиты от осадков. Нельзя выполнять сварочные работы не выполнив вышеперечисленные условия;

- электрики обязаны следить за исправностью электросварочного оборудования;

- сварочные рукава должны быть исправными по изоляции и соответствовать применяемым токам. При проводах с ветхой и растрепанной изоляцией работа категорически запрещается;

- для дополнительного освещения необходимо использовать искусственное освещение лапочек 12В. Все сварочные аппараты должны быть оснащены устройством автоматического отключения напряжения холостого хода;

- если сварка производится внутри резервуара, и при емкости из-под горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, то к сварщику необходимо приставить дежурного наблюдателя, который обязан обеспечивать безопасную работу, а также при необходимости должен оказать первую медицинскую помощь;

- запрещено оставлять электроинструмент без надзора, который включен в сеть;

- запрещается использование самодельных электрододержателей и электрододержателей с нарушенной изоляцией рукоятки.

- электрическое поле тока промышленной частоты должно соответствовать требованиям по ГОСТ 12.1.002-84. Магнитное поле - предельно

- допустимое уровню магнитного поля частотой 50 Гц,

утвержденного Минздравом. Допустимые уровни напряжения, токов - по ГОСТ 12.1.038- 82. Заземление и зануление - по ГОСТ 12.1.030-81. Электромагнитное поле радиочастоты – по ГОСТ 12.1.006-84. Уровень ионизирующего излучения не должен превышать нормы радиационной безопасности, которые утверждены Минздравом. Предельно допустимый уровни: напряженности электростатических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 ч., а напряженности магнитных полей должны составлять 20 кА/м – по ГОСТ 12.1.045-84.

- находящееся под напряжением оборудование должно эксплуатироваться в соответствии с «Правилами эксплуатации электроустановок потребителей»;

- лица, допущенные к работе должны руководствоваться инструкциями по безопасности и охране труда:

- № 0-01-98 БТ «Общая инструкция по охране труда для работников ОАО НКАЗ»;

- № 0-08-01ОТ « Инструкция по охране труда для стропальщиков»;

- «Требования безопасности при нахождении на территории предприятия и цеха» (распоряжение главного инженера № 99 от 20.11.2000 г.);

- правила внутреннего трудового распорядка для работников ОАО

- «Перлит»;

- ССБТ «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности»;

- № 39-01-02 ОТ «Инструкция по охране труда для слесаря по сборке металлоконструкций»;

- типовая инструкция № 10 по охране труда для газосварщика ТОИ Р-200-10-95;

- № 39-02-02 ОТ «Инструкция по охране труда для резчиков металла на ножницах и прессах»;

- № 00-11-98 БТ «Сборник инструкций по охране труда для газоэлектросварщиков, газорезчиков и лиц, обслуживающих баллоны»;

- № 65-39-19 ППР «Транспортировка и кантовка металлоконструкций при ремонте и изготовлении»;

- Инструкция по охране труда при эксплуатации ручных электрических машин и электрифицированного инструмента»;

- межотраслевые правила по охране труда при производстве ацетилена, кислорода, процесса напыления и газопламенной обработке металлов.

Опаснонапряжение для жизни человека считается не менее 42 В переменного, 110 В постоянного тока для сварочных цехов и 12 В для особо опасных условий (сырые помещения, замкнутые металлические объемы и т. п.). Однако эти значения напряжения являются довольно условными потому, что опасность поражения током зависит от продолжительности воздействия от индивидуальных особенностей организма сварщика. Также от окружающих условий. Наличие весьма малого количества алкоголя в крови снижает электрическое сопротивление тела человека. Мокрая кожа имеет во много раз большую электропроводность, повышая тем самым опасность поражения током.

## **6.5 Шумы и вибрации**

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

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

При вибрациях, возбуждаемых работой оборудования, которые в производственных помещениях передаются на рабочие места.

Борьба с вибрациями должна происходить в самом источнике возникновения это происходит при конструировании, а также изготовлении оборудования. Снижение уровня вибраций может быть достигнуто виброгашением, которое чаще реализуется путем установки вибрирующих агрегатов на самостоятельные виброгасящие основания (фундамент). Также используют динамическое гашение колебаний, вибродемпфирование и изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций.

Шумы на рабочем месте является фактором умеренной интенсивности. Источником шума является сварочная дуга и источник питания. Уровень шума от сварочной дуги определяется стабильностью ее горения. Уровни шума и вибрации не превышают допустимых значений.

Для проектируемой производственной среды, связанной со сварочными работами, значения уровней шумов должно лежать в пределах 60 дБА - 65 дБА, а вибрации должны составлять около 95 дБ.

## **6.6 Освещение**

Правильно спроектированное освещение в производственных помещениях обеспечивает хорошую освещенность рабочей поверхности, а также рациональное направление света, при этом отсутствуют резкие тени и блики на поверхностях. Неправильное устройство освещения в производственном помещении может затруднить работу, вследствие чего повышается утомляемость, снижается производительность труда, а также это может стать причинами травматизма и глазных заболеваний. Если светильники и проводки подобраны неправильно, то это может стать причиной пожара.

Освещение производственного помещения, а так же административно-конторского и вспомогательного может быть искусственным и естественным.

Солнечный свет влияет на организм таким образом, что организм оздоравливается, поэтому использование естественного освещения это главное условие гигиены труда. Но это освещение не устанавливается там, где это запрещено технологическими правилами, а также где хранятся светочувствительные химикаты, изделия и материалы.

Естественное освещение производственного помещения может быть осуществлено через фонари, так называемые световые проемы в покрытиях зданий, так называемое верхнее освещение. Через окна световых проемов в стенах, боковое освещение производственных помещений и может быть комбинированным, то есть через окна и фонари.

Норма минимальной освещенности в помещении определяется коэффициентом естественной освещенности, этот коэффициент зависит от вида выполняемой работы, точности, размеров деталей, контраста и фона.

Необходимую естественную освещенность определяют по формулам или приближенно. Согласно СНиП 23-05-2010 [12] значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) в производственных цехах с комбинированным освещением для общего наблюдения за ходом производственного процесса составляет 0,2. По отношению площадей световых проемов (окон, фонарей) к площади пола. Для деревообрабатывающего предприятия это отношение помещения принимаются в пределах 25...50 %. За неимением естественного освещения производственного помещения в светлое время суток, используется искусственное освещение. Это освещение называется совмещенным.

Аварийное рабочее освещение производственных помещений устраивают в тех случаях, когда оно необходимо для продолжения работы или эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения.

Аварийное освещение производственного помещения должно обеспечить на рабочей поверхности освещенность не менее 10 % соответствующей нормы минимальной освещенности.

Освещение Аварийное эвакуационное производственного помещения применяется для эвакуации людей и материального имущества из помещений. Это освещение необходимо в производственном и общественном здании. Если в этих зданиях находятся одновременно более 50 человек. В отдельном помещении, где одновременно могут находиться более 100 человек, в садах, яслях и детских домах независимо от числа лиц, находящихся в здании; на лестницах жилых домов, имеющих более пяти этажей, аварийное эвакуационное освещение должно обеспечивать на поверхности пола освещенность более 0,3 лк.

Указатели запасной выход устраивают над входными дверями там, где могут находиться более 100 человек.

Для Внутренних и наружных освещений производственного помещения и открытых площадок предприятий применяют электролампы разных мощностей, заключенные в специальную арматуру различных типов, которые называются светильниками. Основным назначением светильников является перераспределение светового потока лампы в необходимом направлении.

Для искусственного освещения производственного помещения используются светильники с люминесцентными лампами, это могут быть ртутные электроразрядные и газонаполненные трубки высокого и низкого давления, а также лампы накаливания.

## **6.7 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция**

На производственный микроклимат установлены нормы системой стандартов безопасности труда по ГОСТ 12.1.005 – 88. Общие санитарные и гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне. В настоящих нормах нормируется отдельно каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: относительная влажность, температура, скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производственной работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Для защиты и удаления вредных газов и пыли с мест сварки и подачи чистого воздуха используют вентиляцию.

Общая вентиляция бывает приточно-вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также местными устройствами.

Местная вытяжная вентиляция, удаляя вредные вещества из помещения, должна препятствовать их попаданию в зону дыхания рабочего. Местный отсос

можно считать удовлетворительно работающим, когда он удаляет вредности по принципу «от рабочего».

Нередко источник выделения вредных веществ укрывают зонтом, под которым находится рабочий, что совершенно недопустимо, так как через зону дыхания в этом случае проходят все вредные вещества. Поэтому, на рабочих местах в зоне сварки нужно установить аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом.

Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию с механическим побуждением.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

В таблице 35 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

Таблица 35 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

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

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

В специальных помещениях или металлических шкафах для хранения баллонов со сжиженным газом должна быть предусмотрена естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений или шкафов.

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

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

Процесссварки	V, м/с
Сварка автоматическая	$\geq 0,5$

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

## 6.8 Охрана труда

Трудовое законодательство допускает к сварочным работам лиц не моложе 18 лет и предусматривает льготы для рабочих, занятых сваркой и резкой металлов.

Длительность рабочего дня сварщика при работе в особо вредных условиях ограничена шестью часами. Сварщикам предоставляется дополнительный отпуск.

Ответственность за охрану труда, общее состояние техники безопасности и производственной санитарии возлагается на руководителей предприятия, а также цехов и отделов (главных инженеров, главных механиков и инженеров по технике безопасности).

Виды и причины промышленного травматизма в сварочном производстве следующие:

- ожоги (вследствие того, что в процессе сварки оголенные участки тела не были защищены от воздействия лучей сварочной дуги);
- слезотечение (вследствие того, что глаза во время сварки не были защищены очками от действия лучей сварочной дуги);
- отравление организма (причинами отравления являются: образующиеся при сварке пары окислов цинка, свинца, меди, марганца

кремния, большая концентрация в воздухе углекислого газа, азота и плохая вентиляция);

- ушибы;
- падения и переломы допустим, рабочий невнимательно осмотрелся вокруг и не принял необходимых мер предосторожности, например не проверил, как положены, подмости или как сделано ограждение и т.п.;
- рабочий не привязался монтажным ремнем при работе на высоте, это может привести к падению с высоты;
- травматизм при взрывах получается вследствие нарушения правил ведения производства сварочных работ, как, например: сварка или резка близко от емкостей с взрывоопасными веществами без соответствующей их дегазации;
- поражение электрическим током (причина: не были соблюдены правила техники безопасности);
- облучение гамма - или рентгеновским излучением во время просвечивания сварных швов (в период просвечивания рабочий персонал не был удален из зоны просвечивания).

У сварщиков, работающих в холодное время года, при значительных физических нагрузках, в статически неподвижных позах, в неестественных, неудобных и напряженных положениях часто встречается радикулит. Сгибание спины под углом 60° приводит у взрослого человека к нагрузке на поясничный отдел позвоночника, равной приблизительно 250-280 кг, при подъеме тяжести 25-30 кг нагрузка возрастает еще на 100-150 кг, достигая 350-430 кг. Вследствие сопротивления связки, выпячивание диска идет чаще всего в заднебоковом направлении с давлением спинномозгового корешка. В большинстве случаев выпяченный диск травмирует не только корешок, но и другие близлежащие ткани, которые служат источником боли. Нередко непосредственными причинами развития болезни являются переохлаждение, подъем тяжестей, неловкое или резкое движение.

## **6.9 Пожарная безопасность**

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работающих и могут причинить огромный материальный ущерб.

Вредными и опасными факторами пожара, воздействующими на людей, являются: открытый огонь, повышенная температура окружающей среды и предметов, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода, падающие части строительных конструкций; при взрыве - ударная волна, разлетающиеся части и вредные вещества.

Причины возникновения пожаров в сварочных цехах машиностроительных предприятий следующие:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования;
- самовозгорание промасленной ветоши и других материалов, склонных к самовозгоранию;
- искры при электросварочных работах;
- несоблюдение графика планового ремонта, износ и коррозия оборудования;
- реконструкция установок с отклонением от технологических схем.

Основы противопожарной защиты предприятий назначены стандартами по ГОСТ 12.1.004 пожарная безопасность и по ГОСТ 12.1.010 взрывобезопасность. Общие требования. Эти стандарты допускают возможную такую частоту пожаров и взрывов, что вероятность их возникновения в течении года не превышала  $10^{-6}$  и чтобы вероятность воздействия вредных факторов на людей в течении года не превышала  $10^{-6}$ .

Пожарная безопасность должна быть обеспечена мерой пожарной профилактики. Пожарная профилактика включает в себя комплекс мероприятий, которые необходимы для предупреждения возникновения пожара, а также уменьшения его действий и последствий. Мероприятие по

пожарной профилактике разделяется на режимные, организационные, эксплуатационные и технические.

Здания в сварочном производстве относятся ко второй степени огнестойкости сооружений, к категории Г.

Для быстрой ликвидации пожара вблизи сварочного места всегда должны быть ящик с песком и лопата, а также ручной огнетушитель. Огнетушители, применяемые при тушении пожара на участках с электроустановками, должны быть углекислотными. На участке, в специально оборудованных местах, должно находиться не менее двух огнетушителей ОУ-5. Пожарные краны, рукава, стволы, огнетушители и другие средства пожаротушения, необходимо содержать в исправности и хранить в определенных местах.

### **6.10 Экологическая безопасность**

Под экологической безопасностью понимают комплекс организационно-технических мер, направленных на обеспечение соответствия природоохранной деятельности предприятия нормативным требованиям. В свете повышения уровня экологической ответственности безопасность предприятия для окружающей среды и населения в известной степени определяет его конкурентоспособность.

На предприятии используются люминесцентные лампы, которые содержат в себе опасные для организма человека вещества. Поэтому данные лампы следует утилизировать на специализированные предприятия.

А также на предприятии скапливается бытовой мусор, который необходимо вывозить для утилизации. Для этого необходимо составлять договоры на вывоз бытового мусора.

Так как работать приходится с металлом, то необходимо сдавать остатки металла в металлолом. Из-за выделения вредных веществ при сварке, необходимо использовать вентиляцию. С ее помощью можно добиться

рассеивания воздуха в помещении. Используется вентиляция, которая по коммуникациям будет выдувать воздух на улицу. Выбросы воздуха из-за малых концентраций вредных веществ специально не очищаются.

**Выводы по разделу:** в данной главе рассмотрено наличие влияния вредных производственных факторов, которые могут воздействовать на человека, а так же меры по исключению влияния их на сотрудника находящегося в производственном помещении. Изучены нормативные документы, которые регламентируют те или иные правила безопасного поведения и работы сотрудников. Также произведен расчет освещения помещения и выбраны оптимальные по параметрам лампы искусственного освещения.

## **Заключение**

В представленной работе был исследован процесс орбитальной сварки труб поверхностей нагрева с программированием режима. За счет разбивки полного прохода на четыре сектора возможно контролировать сварочную ванну задав представленные режимы, что позволят увеличивать производительность и уменьшать возможность появления дефектов в сварном соединении.

В ходе работы была произведена подборка разделки кромок, выбраны сварочные материалы, обоснован используемый способ сварки и разработаны ее режимы. Выбранная форма разделки труб позволяет при минимальных затратах на подготовку кромок труб и исключения влияния эллиптичности за два прохода качественно заварить сварной стык.

В результате экспериментальных исследований было выявлено, что важным параметром сварочной ванны при сварке неповоротных стыков труб является ее критическая масса, которая зависит от положения в пространстве и толщины металла. Превышение критической массы ванны влечет за собой нарушение стабильности процесса сварки. Во избежание нарушения стабильности процесса сварки целесообразно применение принципа комбинированного импульсного управления.

Разработанные режимы стабилизируют процесс сварки, давая возможность получения равномерного шва независимо от пространственного положения сварочной ванны.

С точки зрения ресурсоэффективности можно сказать, что при применении описанного в работе способа сварки мы получаем экономию сварочного материала около 30%, по отношению к имеющимся на сегодняшний день аналогам, благодаря сравнительно небольшим размерам разделки кромок. Производительность шагоимпульсного режима несколько уступает импульсному, но при этом мы получаем более качественное сварное соединение.

При выполнении данной работы было рассмотрено наличие влияния вредных производственных факторов, которые могут воздействовать на человека, а так же меры по исключению влияния их на сотрудника находящегося в производственном помещении.

## Список использованной литературы

1. Ерохин А. А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. «Машиностроение», 1973, 448 с.
2. Полосков С. И., Ищенко Ю. С., Букаров В. А. Анализ факторов, определяющих формирование сварочной ванны при орбитальной сварке неповоротных стыков труб (обзор)// Сварочное производство. 2003. № 2. С. 11- 19.
3. Полосков С. И., Букаров В. А., Ищенко Ю. С. Особенности управления формированием корня шва при орбитальной сварке неповоротных стыков труб// Сварочное производство. 2003. № 4. С. 3-10.
4. Полосков С. И., Букаров В. А., Ищенко Ю. С. Особенности процесса заполнения разделки (наплавки) при автоматической орбитальной сварке неповоротных стыков труб// Сварочное производство. 2003. № 8. С. 3-11.
5. Полосков С. И., Ерофеев В. А., Масленников А. В. Прогнозирование качества сварных соединений на основе физико-математической модели процесса орбитальной сварки// Сварочное производство. 2005. № 2. С. 8-16.
6. Полосков С. И., Ерофеев В. А., Логвинов Р. В. Моделирование распределения теплового потока и давления дуги в процессе орбитальной TIG- сварки// Сварочное производство. 2005. № 8. С. 10-20.
7. Чернышов Г. Г., Панков В. В., Маркушевич И. С. Влияние параметров режима на формирование пристеночного валика при сварке в глубокую разделку// Сварочное производство. 1984. № 12. С. 14-16.
8. Барабаш З. Н., Губенко В. А., Шоно С. А. Некоторые технологические особенности сварки в углекислом газе в узкую разделку// Сварочное производство. 1973. № 9. С. 19-21.
9. Штрикман М. М., Павлов А. С. Определение оптимальной глубины проплавления при сварке по щелевому зазору с поперечными колебаниями дуги// Сварочное производство. 1983. № 3. С. 26-28.
10. Данилов В. А., Чернышов Г. Г. О механизме воздействия

импульса тока на ванну // Сварочное производство. 1974. №4. С. 54-56.

11. Антонец Д. П., Псарас Г. Г. Экспериментальное определение веса, формы и размеров сварочной ванны // Сварочное производство. 1970. №5. С.

12. Ерохин А. А., Кулбанов В.Я. Расчет массы ванны при сварке плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 1973. №2. С. 68-69.

13. Ерохин А. А., Букаров В. А., Ищенко Ю. С. Расчет основных параметров ванны при сварке пластин // Сварочное производство. 1970. №12. С. 1-3.

14. Лесков Г. И. Электрическая сварочная дуга. «Машиностроение», 1970, 335 с.

15. Лебедев В. К., Пентегов И. В. Силовое воздействие сварочной дуги // Автоматическая сварка. 1971. №1. С. 14-16.

16. Барабохин Н. С., Шиганов Н. В. и др. Газодинамическое давление открытой импульсной дуги // Сварочное производство. 1976. №2. С. 4-6.

17. Ерохин А. А. Силовое воздействие дуги на расплавленный металл // Автоматическая сварка. 1979. №7. С. 6-7.

18. Кулбанов В. Я., Ерохин А. А. Силовое воздействие дуги на ванну расплавленного металла // Сварочное производство. 1974. №5. С. 11-12.

19. Корицкий Г. Г., Походня И. К. О некоторых силах, действующих на каплю электродного металла при сварке // Автоматическая сварка. 1971. №3.

20. Селянников В.Н., Ступаченко М.Г. Об измерении давления сварочной дуги // Сварочное производство. 1973. №9. С. 12-14.

21. Ленивкин В.А., Петров П.И., Дюргеров Н.Г. Определение скоростного напора плазмы сварочной дуги // Сварочное производство. 1984. №7. С. 22.

22. Петров А.В. Давление дуги на сварочную ванну в среде защитного газа // Автоматическая сварка. 1954. №4. С. 3-6.

23. Мазель А.Г., Яценко В.П., Рогова Е.М. О силовом воздействии потока плазмы дуги на сварочную ванну // Сварочное

производство. 1977. №7. С. 17- 19.

24. Столпнер Е.А., Славин Г.А., Шмелев В.К. Методика определения динамического давления импульсной дуги // Сварочное производство. 1971. №9. С. 8-10.

25. Березовский Б.М. Математическое моделирование дуговой сварки: Т.4. Математическое моделирование и информационные технологии, модели сварочной ванны и формирования шва. 2002г, 589 с.

26. Ерыгин В.И. Определение скорости движения расплава в хвостовой части ванны при сварке плавящимся электродом. // Сварочное производство. 1980. - №3. - С. 3-5.

27. Патон Б.Е. Проблемы сварки на рубеже веков. // Автоматическая сварка. – 1999. - №1. – С.4-14.

28. Денисов А.Р. Повышение качества сварки в строительстве. М.:Строй.издат, 1982. 160с.

29. Baujat V., Charles C. Submarine hull construction using narrow-groove GMAW // Weld. J. – 1990, Vol. 69. – No.8. – P.31.-35.

30. Сварка титана в узкий зазор дугой, управляемой магнитным полем / В.П. Прилуцкий, В.Н. Замков, С.В. Лапченко и др. // Авт. Сварка. – 1989. – с.71 – 73.

31. Проектирование сварных конструкций в машиностроении. Под ред. С.А.Куркина. М.:Машиностроение, 1975. 376с.

32. Рыжков Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении. Организация и технология. 2-е изд. перераб. и доп. М.Машиностроение, 1980. 375с.

33. Островский О.Е., Кулик В.И. Сварка больших толщин в щелевую разделку деформированным электродом. // Сварочное производство. 1995г.

34. Applikation of narrow-gap process / S.Sawada, K.Hori, M.Kawahara et al // Weld. J. – 1979. Vol. 58. No.9. – P. 17 – 25.