

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

---

Институт: *Неразрушающего Контроля*  
Направление подготовки: *15.03.01 Машиностроение*  
Кафедра: *Оборудования и технологии сварочного производства*

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Технология сборки и сварки арматурного каркаса</b>
УДК 621.791.75.01:693.97.002.72

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Калюжный Григорий Петрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хайдарова А.А	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Баннова К.А	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С			

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

---

Институт *Неразрушающего Контроля*

Направление подготовки (специальность) *15.03.01 Машиностроение*

Кафедра *Оборудования и технологии сварочного производства*

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_

(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<i>Бакалаврской работы</i>
----------------------------

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
<i>1В31</i>	<i>Калюжный Григорий Петрович</i>

Тема работы:

<i>Технология сборки и сварки арматурного каркаса</i>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от <u>23.03.2017</u> г. №2034/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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>Разработка технологии сборки и сварки арматурного каркаса диаметром 22,5 мм из марки стали класса А500С</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>	<p>Аналитический обзор литературы, постановка цели и задач необходимых для ее выполнения.  Обоснование применения выбранных материалов и способов сварки.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i></p>	<p>Баннова К.А., к.э.н., ассистент</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Анищенко Ю.В., к.т.н., доцент</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
<i>Доцент</i>	<i>Хайдарова А.А</i>	к.т.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
<i>1В31</i>	<i>Калюжный Григорий Петрович</i>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**  
**«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В31	Калюжный Григорий Петрович

<b>Институт</b>	Неразрушающего контроля	<b>Кафедра</b>	ОТСП
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Машиностроение

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Исследование оптимизации сборки и сварки арматурного каркаса при помощи ручной дуговой и механизированной сварки. Данные исследования будут использованы при сварке арматурного каркаса из стали класса А500С.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Производственная безопасность</b>  1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:  1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– Чрезмерная запыленность и загазованность воздуха;</li> <li>– Недостаточная освещённость рабочей зоны;</li> <li>– Повышенная температура поверхностей оборудования</li> <li>– Действие световых и тепловых излучений.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму. Поскольку все используемые материалы отправляются на дальнейшие исследования</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>-Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Калюжный Григорий Петрович		

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

Группа	ФИО
1В31	Калюжный Григорий Петрович

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Анализ информации предоставленной в российских и зарубежных источниках и публикациях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT- анализ, определение возможных альтернатив поведения научных исследований.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов выполнения работы, определение календарного графика, трудоемкости работы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта.

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

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

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	к.ЭК.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Калюжный Григорий Петрович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 86 с., 1 рис., 31 табл., 29 источников.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, арматурный каркас, механизированная сварка.

Объектом исследования является процесс сварки каркаса из арматурных стержней.

Предмет исследования – исследование возможности оптимизации производства каркаса из арматурных стержней с помощью ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах.

. Цель работы – является разработка технологии сборки и сварки арматурного каркаса на основе анализа двух способов сварки: ручной дуговой покрытыми электродами и механизированной сварки.

В результате выполненной работы были рассмотрены два метода сварки крестового соединения: ручной дуговой покрытыми электродами и механизированной плавящимся электродом.

В результате исследования было выявлено, что наиболее лучшим видом сваривания арматурного каркаса является механизированная сварка.

Область применения: данная технология сварки может применяться в машиностроительной, строительной отрасли.

Экономическая эффективность: Экономическая эффективность: сравнив значения интегральных показателей эффективности подвести итог, что реализация данной технологии является наиболее эффективным вариантом с точки финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется: продолжить работу по данной тематике.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ, СОКРАЩЕНИЕ И НОРМАТИВНЫЕ СЫЛКИ

В процессе выполнения данной работы были использованы следующие термины с соответствующими им определениями.

Пространственные арматурные каркасы - несколько плоских сварных решеток, которые соединены арматурными стержнями в перпендикулярной плоскости.

В данной работе были использованы ссылки на следующие стандарты.

- ГОСТ 5781-82 – Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
- ГОСТ 10922-2012 – Арматурные и закладные изделия, их сварные вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций.
- ГОСТ 14098-2014 – Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры
- ОСП-72/87 – Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений;
- НРБ-99/2009 Нормы радиационной безопасности.
- ГОСТ 5264-80 – Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- ГОСТ 452544-2016 – Прокат арматурной свариваемой стали периодического профиля классов А500С для формирования железобетонных конструкций.

В настоящей работе были использованы следующие сокращения.

- СВ – сварные соединения.
- АК – арматурные каркасы.
- ИП – сварочный источник питания.
- $V_{св}$  – скорость сварки.
- $\gamma$  – плотность стали.
- $I_{св}$  – сила сварочного тока.
- $U_{д}$  – напряжение сварочной дуги.

## Оглавление

1 Литературный обзор .....	14
1.1 Описание конструкции .....	14
1.2 Описание сущности способов сварки .....	16
1.2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.....	16
1.2.2 Механизированная сварка в среде защитных газов .....	18
2 Выбор сварочных материалов .....	19
2.1 Выбор штучных покрытых электродов .....	20
2.1.2 Выбор сварочной проволоки .....	21
2.1.3 Выбор защитного газа для механизированной сварки.....	22
3 Выбор источника питания для сварки .....	24
3.1 Выбор источника питания для ручной дуговой сварки .....	24
3.1.2 Выбор источника питания для механизированной сварки .....	25
3.1.3 Полуавтомат для механизированной сварки в среде CO <sub>2</sub> .....	27
4 Расчет параметров режима сварки .....	29
4.1 Расчет параметров режима для ручной дуговой сварки .....	29
4.1.2 Определение величины сварочного тока.....	30
4.1.3 Определение напряжения на дуге .....	30
4.1.4 Определение скорости сварки .....	30
4.1.5 Определение погонной энергии .....	30
4.1.6 Определение глубины проплавления.....	31
4.1.7 Определение мгновенной скорости охлаждения.....	31
4.2 Расчет параметров режима для механизированной сварки .....	32
4.2.1 Определение требуемой глубины провара: .....	32
4.2.2 Определение силы сварочного тока .....	32
4.2.3 Определение оптимального напряжения дуги.....	33
4.2.4 Определение коэффициента провара.....	33
4.2.5 Определение ширины шва .....	33
4.2.6 Определение площади сечения наплавленного металла .....	33
4.2.7 Определение скорости сварки .....	33
4.2.8 Определение скорости подачи электродной проволоки .....	34

4.2.9	Определение погонной энергии .....	34
5	Ориентировочная оценка химического состава и механической характеристики шва .....	36
5.1	Ориентировочная оценка для механизированной сварки.....	36
5.1.1	Предел прочности .....	38
6	Расчет расхода сварочных материалов .....	40
6.1	Расчет расхода сварочных материалов для ручной дуговой сварки .....	40
6.1.2	Расчет количества электродной проволоки.....	40
6.1.3	Расчет объема газа при сварке в защитных газах .....	40
7	Технология сборки и сварки узла .....	42
7.1	Подготовка сварочных материалов.....	42
8	Социальная ответственность .....	44
8.1	Введение в социальную ответственность.....	44
8.2	Техногенная безопасность .....	44
8.2.1	Требования к выбору и применению средств индивидуальной защиты (СИЗ).....	45
8.2.2	Уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне.....	46
8.2.3	Отклонение показателей микроклимата.....	46
8.2.4	Уровня шума на рабочем месте .....	47
8.2.5	Освещенность рабочей зоны.....	48
8.2.6	Уровень статического электричества.....	50
8.3	Региональная безопасность.....	51
8.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	51
8.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	53
8.5.1	Пожарная безопасность .....	55
9	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	58
9.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	58
9.2	Анализ конкурентных технических решений .....	59
9.3	SWOT-анализ.....	61
9.4	Планирование научно-исследовательских работ.....	65

9.4.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	66
9.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	66
9.4.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	69
9.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	72
9.5.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	72
9.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы .....	73
9.5.3 Расчет дополнительно заработной платы.....	75
9.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	75
9.5.5 Накладные расходы .....	76
9.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	76
9.5.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	77
Заключение .....	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	83
Приложение А .....	86

## **Введение**

На сегодняшний день современные программы строительной индустрии ставят перед собой новые цели по усовершенствованию и оптимизации технологических проектов для сооружений. При этом, обращается внимание на эксплуатационные характеристики сварных соединений (СВ), которые в свою очередь должны обеспечивать достаточный уровень прочности и выносливости узлов сварных конструкций.

Строительные конструкции, применяемые в строительстве жилых домов, цехов, производственных площадей, в момент эксплуатации могут находиться под воздействием динамических, статических или же вибрационных нагрузок.

Все виды нагрузок, испытываемых различными сооружениями, приходится на арматурные каркасы, изготовленные из стержней. От качества сборки и сварки арматурного каркаса железобетонных конструкций зависит работоспособность всего строения. В большинстве случаев арматурные сетки или отдельные узлы каркасов изготавливаются в заводских условиях с помощью контактной сварки оплавлением. Однако, при строительстве сооружений часто возникает необходимость сборки и сварки каркаса на монтаже. В этом случае применение контактных способов сварки нерационально.

Наиболее распространенными способами сварки арматурных стержней являются ручная дуговая сварка покрытыми электродами и механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом. При этом с целью повышения производительности сборки и сварки каркаса из арматурных стержней с одновременным уменьшением затрат на материалы необходимо провести сравнительный анализ данных способов.

В связи с этим, целью работы является разработка технологии сборки и сварки арматурного каркаса на основе анализа двух способов сварки: ручной дуговой покрытыми электродами и механизированной сварки плавящимся электродом

## 1 Литературный обзор

### 1.1 Описание конструкции

Пространственные арматурные каркасы представляют собой несколько плоских сварных решеток, которые соединены арматурными стержнями в перпендикулярной плоскости. Их применяют для армирования железобетонных конструкций большей площади сечения. Они позволяют значительно ускорить темпы возведения сложных и объемных конструкций, увеличивая к тому же и жесткость. Данный арматурный каркас состоит из стержней арматуры диаметром  $D = 22,5$  мм.

Виды арматурных каркасов:

- плоские арматурные каркасы, развитые в двух направлениях и имеющие два размера: длину и ширину;
- пространственные арматурные каркасы, развитые в трех направлениях и имеющие три размера: длину, ширину и высоту.

При армировании железобетонных конструкций принято отличать сетки арматурные и плоские арматурные каркасы.[3]/ Сетки обычно сваривают из арматуры одного типа и диаметра с равным шагом, каркасы более сложные. При изготовлении и производстве арматурных каркасов их обозначение имеет следующий вид [13]:

Обозначение каркасов и сеток (КР, КП, С):

- С — сетки арматурные, изделия с равновеликими ячейками;
- КР — каркасы плоские;
- КП — каркасы объемные, стержни расположены в разных плоскостях.

Характеристики:

Основным узлом конструкции арматурного каркаса является сварное соединение.

Данный арматурный каркас выполнен из стержней арматуры стали класса А500С, в его основу входят элементы [8]:

Таблица 1 - Химический состав в процентах стали А500С:

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	Fe
0.14- 0.22	0.12- 0.2	0.5- 0.65	До 0,13	До 0.05	До 0.04	До 0.2	До 0.008	До 0.3	~97

Число 500 в названии класса обозначает предел текучести, составляющий 500 МПа. А буква «С» хорошую свариваемость и процентное содержание углерода в стали равное 0,22%. Выявились и явные преимущества этих стержней технологического плана: арматура А500С превосходно поддается сварке и обладает высоким показателем хладостойкости.

## 1.2 Описание сущности способов сварки

### 1.2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

На сегодняшний день одним из распространенных методов получения неразъемного соединения является применение ручной дуговой сварки. Ручная дуговая сварка – это процесс получения неразъемного соединения по средству горения сварочной дуги между электродом и сварочной ванной [12].

Дуговая сварка классифицируется по следующим основным признакам [9]: по типу электрода (плавящимся или неплавящимся электродом), по виду дуги (свободной или сжатой дугой), по характерной черте воздействия дуги на основной металл (дугой прямого или косвенного действия, трехфазной дугой).

Плавящиеся электроды могут подразделяться на штучные, проволочные и ленточные. Применение в сварке как сплошного сечения, так и порошковые. Неплавящиеся электроды подразделяются: вольфрамовые, угольные и графитовые [7].

Дуговую сварку производят на постоянном токе прямой и обратной полярности, переменным током как промышленной, так и повышенной частоты и пульсирующим током [9]. При этом процесс сварки выполняется как одно-, двух- и многодуговая (с отдельным питанием каждой дуги), так и одно-, двух- и многоэлектродная (с общим подводом сварочного тока).

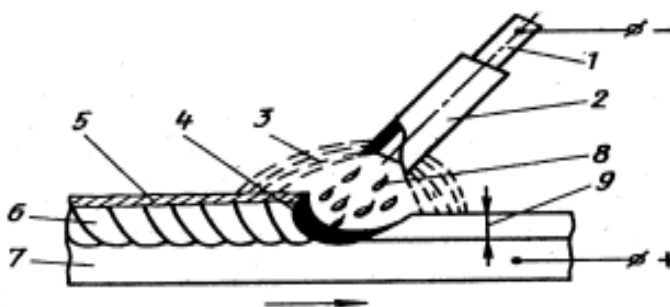


Рисунок 1 – Ручная дуговая сварка покрытым электродом:

1 – металлический стержень; 2 – покрытие электрода; 3 – газовая атмосфера дуги; 4 – сварочная ванна; 5 – затвердевший шлак; 6 –



закристаллизовавшийся металл шва; 7 – основной металл; 8 – капли расплавленного электродного металла; 9 – глубина проплавления.

Главным преимуществом данного способа является:

- возможность сварки во всех пространственных положениях;
- возможность сваривания в труднодоступных местах;
- относительно быстрый переход между свариваемыми материалами;
- ручная электросварка – это возможность сваривания самых разных сталей, что обеспечивается широким спектром выпускаемых электродов;
- подобная сварка проста; кроме того, ее относительно легко перевозить в нужное вам место.

Недостатки данного способа:

- вредные условия на человека, появляющиеся в процессе сварки;
- Квалификация сварщика имеет большое значение в качестве выполнения работы;
- низкий КПД и невысокая производительность, если сравнивать с другими сварочными технологиями.

### **1.2.2 Механизированная сварка в среде защитных газов**

Отличительной способностью дуговой сварки в среде защитных газов является защита расплавленного металла до высоких температур основного и электродного металла от вредоносного влияния атмосферы защитными газами, обеспечивающими изоляцию металла и зоны сварки от прямого контакта с воздухом и заданную атмосферу в зоне сварки. Используют защитные и инертные газы [14].

Известен следующий перечень видов сварки в среде защитных газов: в среде инертного одноатомного газа (аргон и гелий), в среде нейтрального двухатомного газа (азот, водород), в среде углекислого газа [14].

В практике нашла наиболее широкое применение аргоно-дуговая сварка и сварка в среде углекислого газа.

Аргоно-дуговая сварка осуществляется в струе аргона, который в свою очередь является инертным газом, не вступает во взаимодействие с расплавленным металлом сварочной ванны и предохраняет его от воздействия кислорода и азота воздуха. Применение инертного газа такого как гелий крайне редко, ввиду его дороговизны [7].

Преимущество сварки в среде защитных газов заключается в следующем:

- высокая степень защиты зоны сварки от воздействия кислорода и азота воздуха;
- высокие механические качества сварного шва.

Недостатком сварки в среде защитных газов является следующим:

- необходимый перечень применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги;
- возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха;
- потеря металла на разбрызгивание, при котором брызги соединяются с поверхностями шва и изделия;

## 2 Выбор сварочных материалов

Для сварки арматурных каркасов необходимо подобрать оптимальные сварочные материалы, которые будут соответствовать технологическим требованиям, и соответствовать достаточной несущей способности всей конструкции. Класс прочности арматуры А 500С горячекатаная, механически и термически усиленная с пределом текучести  $\sigma_T \geq 500$  Н/мм<sup>2</sup> [15].

Хорошая свариваемость арматуры А500С обуславливается химическим составом стали, из которого она изготовлена. Прежде всего, это низколегированная сталь с долей углерода в составе 0,22% и незначительным количеством легирующих элементов [8].

В соответствии с данным требованием арматурная сталь производится термомеханически упрочненной в потоке проката, горячекатаной с микролегированием или холоднодеформированной. Способы производства и нижние границы физико-химического состава выбираются заводом-изготовителем исходя из гарантий свариваемости без разупрочнения, пластичности ( $\delta_5 \geq 14\%$ ) и угла изгиба вокруг оправки диаметром  $3d$  не менее  $180^\circ$  и т.д., а также нормируемой выносливости и других показателей. Применение данной арматуры вместо класса А400, по зарубежным данным, обеспечивает более 10% экономии стали в строительстве [8].

Арматура, которая не требовательна к условиям сварки, - настоящий подарок для строителей. Большим плюсом арматуры А500С является отсутствие хрупких разрушений сварных соединений, выполненных ручной дуговой сваркой. Именно такая сварка и применяется на большинстве строительных площадок, поэтому выбор А500С вполне оправдан. О том, что арматура является свариваемой, нам говорит буква «С» в её обозначении. На основании анализа характеристика всех электродов «безупречная», но в данной работе целесообразно выбрать электроды АНО6 для РДС, поскольку характеристики данного типа электрода удовлетворяют необходимым условиям.

## 2.1 Выбор штучных покрытых электродов

При ручной дуговой сварки применяются плавящиеся покрытые электроды. Для выбора необходимого электрода, нужно рассмотреть несколько марок отечественных и зарубежных электродов, сравнить их химический состав и механические свойства наплавленного металла [15]:

Таблица 2 – Химический состав наплавленного металла, в %, [4]:

Марка электрода	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
				не более	
ОЗС-23	0,10	0,08 - 0,18	0,4 - 0,6	0,04	0,04
УОНИ-13/45	0,08 - 0,12	0,18 - 0,3	0,55 - 0,7	0,04	0,03
АНО-6	0,10	0,30	0,6 - 0,8	0,04	0,04
ТМУ-46	0,07 - 0,12	0,20 - 0,45	0,6 - 0,9	0,035	0,035
УОНИ-13/55	0,08 - 0,12	0,18 - 0,4	0,8 - 1,0	0,03	0,03

Марка электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> (кгс и м/см <sup>2</sup> )
	не менее		
ОЗС-23	450(46)	20	98(10)
УОНИ-13/45	410(42)	22	147(15)
АНО-6	470(48)	30	137(14)
ТМУ-46	460(47)	24	-

Одна из главных характеристик электрода для сварки углеродистых и низколегированных сталей - временное сопротивление [1]. Этот показатель позволяет судить о соответствии прочности металла сварного шва и свариваемой стали. Следует помнить, что использование электродов с

большим временным сопротивлением, чем у свариваемой стали, может привести к концентрации сварочных напряжений в сварных швах, что отрицательно отразится на работоспособности сварной конструкции. Следовательно, из вышеперечисленных марок электродов наиболее подходящей является АНО-6, т.к. она имеет более близкое значение временного сопротивления.

### 2.1.2 Выбор сварочной проволоки

Технологии сварки постоянно совершенствуется, и достаточно новым изобретением является порошковая проволока. Она применяется при выполнении различных строительных работ и на производстве [17].

Основные характеристики:

- практически нет разбрызгивания;
- шлаковая корка отделяется достаточно легко;
- струйный перенос очень стабильный;
- мало образуется пор и шлаковых включений;
- возможность выполнения работ в любом положении.

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла, в %, [5]:

Марка проволоки	Химический состав, %								прочие элементы
	углерод	кремний	марганец	хром	никель	молибден	сера	фосфор	
							не более		
Св-08А	Не более 0,10	Не более 0,03	0,35-0,60	Не более 0,12	Не более 0,25	-	0,030	0,030	Алюминий не более 0,01
Св-10Г2	Не более 0,12	Не более 0,06	1,50-1,90	Не более 0,20	Не более 0,30	-	0,030	0,030	-
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	Не более 0,20	Не более 0,25	-	0,025	0,030	-
Св-10НМА	0,07-0,12	0,12-0,35	0,40-0,70	Не более 0,20	1,00-1,50	0,40-0,55	0,025	0,020	-

При механизированной сварке в среде защитного газа применяется сварочная проволока. Рассмотрим следующую марку проволоки: СВ-08Г2С.

Из вышеперечисленных видов проволоки, оптимальным выбором будет являться проволока Св-08Г2С, основывая свой выбор на следующей информации. Окисление FeO за счет углерода с образованием CO также может привести к пористости шва. Поэтому рекомендуется применять проволоки с пониженным содержанием углерода. Выгорание кремния и марганца может привести к снижению пластичности металла [17].

Проволока сварочная марки СВ-08Г2С предназначена для механизированной сварки в среде защитных газов во всех пространственных положениях углеродистых и низколегированных сталей.

Механические свойства металла шва, не менее

- Временное сопротивление разрыву, МПа, не менее: 500
- Относительное удлинение, %, не менее: 18
- Ударная вязкость, Дж/см<sup>2</sup>, не менее при температуре 20 градусов: 50
- Предел текучести, МПа: 400

### **2.1.3 Выбор защитного газа для механизированной сварки**

Защитный газ является немаловажным компонентом, обеспечивающим производительность и достойное качество сварочного процесса. Наименование защитного газа говорит само за себя, он нужен для защиты твердеющего расплавленного сварочного шва от окисления, а также от имеющейся в воздухе влаги и примесей, способных снизить устойчивость шва к коррозионным процессам, привести к возникновению пор и ослабить прочность шва, повлияв на геометрию сварного соединения. К тому же защитный газ охлаждает сварочный пистолет [3].

Необходимо рассмотреть несколько видов защитных газов и газовых смесей для низколегированных сталей и сравнить их особенности, для выбора оптимального защитного газа.

Таблица 4 – Особенности защитных газов и газовых смесей

Защитный газ	Особенности в процессе сварки
$75\%Ar + 25\%CO_2$	Достаточная прочность, небольшое набрызгивание по контуру сварного соединения, высокая устойчивость дуги
$CO_2$	Глубокое проплавление, большая скорость сварки
$60\%He + 5\%CO_2 + 35\%Ar$	Высокая ударная вязкость, минимальная реакционная способность
Ar	Стабильная дуга и отличная передача электродного материала в ходе сварочного процесса деталей толщиной до 25 мм
$Ar + 1 - 5\%O$	Улучшенная стабильность дуги, отличное слияние контура валика сварного шва, более жидкая управляемая сварочная ванна, минимум прожогов, скорость сварки больше в сравнении со сваркой чистым аргоном

Из представленных в таблице 6 особенностей различных газовых смесей, можно сделать вывод, что для сварки каркаса из арматурных стержней можно выбрать любую из вышеперечисленных. Поэтому, с точки зрения оптимизации производственного процесса и минимизации затрат на покупку выберем чистый аргон, так как он является наиболее распространенным и дешевым газом.

### **3 Выбор источника питания для сварки**

#### **3.1 Выбор источника питания для ручной дуговой сварки**

Для РДС используются источники питания переменного тока с крутопадающей вольт-амперной характеристикой [2].

При выборе необходимого источника питания необходимо обращать внимание на базовые характеристики.

- Напряжение сети – от него зависит количество фаз, в которых работает прибор;
- Номинальный сварочный ток – у бытовых моделей он находится около отметки 100А, профессиональные изделия могут давать до 1000А;
- Широкие пределы регулирования сварочного тока позволяют использовать электроды разного диаметра. Для бытовых моделей характерны значения около 50-200А;
- Номинальное рабочее напряжение – напряжение на выходе из устройства. Для дуговой сварки достаточно 30-70В;
- Номинальный режим работы определяет, сколько прибор может проработать непрерывно;
- Напряжение холостого хода – важная характеристика для дуговой сварки. По правилам безопасности она не может превышать 80В, но чем ближе напряжение холостого хода к этой границе, тем проще вызвать дугу;
- Потребляемая мощность и мощность на выходе позволяют рассчитать КПД устройства. Чем он выше, тем эффективнее работает прибор

Для РДС целесообразно использовать сварочные инверторы, так как они являются современными, распространенными и надежными источниками питания. Рассмотрим следующие инверторы:



Таблица 5 – Технические характеристики сварочных инверторов (характеристики заявлены производителями инверторов)

Техническая характеристика	Тип источника питания			
	Инвертор CHD ZX7-400	Rolwal IPH-250W	Форсаж-301	ПатонВДИ-250S DC MMA
Номинальный сварочный ток при ПН = 60%, А	400	200	315	250
Пределы регулирования сварочного тока, А	20-400	20-200	20-315	32-250
Напряжение, В:				
номинальное рабочее	21-36	20,8-28	30-32	25-27
холостого хода	72	75	70-100	80
Габаритные размеры, мм	500x255x480	390x260x330	425x185x355	365x140x270
Масса, кг	30	8	16	7,6
Цена, руб	19300	4000	43500	16500

### 3.1.2 Выбор источника питания для механизированной сварки

Для механизированной сварки используем проволоку СВ-08Г2с, которые по [24] пригодны для сварки на постоянном токе.

Характерной чертой источников сварочного тока для механизированной сварки является жесткая внешняя статическая характеристика. Эта характеристика обеспечивает полную стабильность тока при колебаниях длины дуги и устойчивость процесса сварки. Данная характеристика

достигается при большом внутреннем сопротивлении источника по отношению к сопротивлению дуги [2].

Технические характеристики сварочных выпрямителей для механизированной сварки по [26] приведены в таблицы 6.

Таблица 6 – Технические характеристики сварочных выпрямителей

Техническая характеристика	Тип источника питания				
	ВДУ-601У3	ВДУ-505У3	ВДУ-1201У3	ВДУ-1202	ВДГ-303У3
Номинальный сварочный ток, А	500	630	1250	1250	315
Пределы регулирования сварочного тока, А	50-500	60-630	300-1250	250-1250	40-315
Род тока	Пост., прям., обр. полярность	Пост., прям., обр. полярность	Пост., прям., обр. полярность	Пост., прям., обр. полярность	Пост., прям., полярность
Номинальное рабочее напряжение, В	18-50	18-56	24-56	24-56	16-40
Напряжение холостого хода, В	80	92	85	85	60
Номинальная мощность, кВт	40	60	135	120	21
Вольт-амперная характеристика	Универсальная	Универсальная	Универсальная	Универсальная	Жесткая

Техническая характеристика	Тип источника питания				
	ВДУ-601У3	ВДУ-505У3	ВДУ-1201У3	ВДУ-1202	ВДГ-303У3
Габаритные размеры, мм	800x700x920	830x620x1100	1400x850x1250	1150x700x950	735x605x950
Масса, кг	300	320	730	590	220
Цена, руб	40000	70000	100000	115000	29000

Из вышеприведенного перечня рассмотренных технических характеристик сварочных выпрямителей подходит большинство под режимы, рассчитанные в 5 пункте. Поэтому опираясь на актуальную задачу курсового проекта, целесообразно выбрать выпрямитель, который оптимизирует производственный процесс. Из-за необходимости минимизировать затраты на приобретение оборудования, наиболее подходящий для данного случая является ВДУ-601У3.

### 3.1.3 Полуавтомат для механизированной сварки в среде CO<sub>2</sub>

Полуавтоматы так же различаются по способу охлаждения горелки, методикой ее подачи, по конструктивным особенностям [16] и регулировкой скорости подачи проволоки.

При помощи этого оборудования происходит обеспечение сварки практически во всех труднодоступных местах с высоким качеством защиты сварочной ванны и дуги. Поэтому до 70% сварочных работ выполняется полуавтоматами.

Различают полуавтоматы по маркировке. Две первые буквы в маркировке дают обозначение типу оборудования и способу сварки: «ПШ» - полуавтомат шланговый, «УД» - установка для дуговой сварки. Третья буква в маркировке указывает на способы защиты сварочной дуги: «Г» - газовая, «Ф» - флюсовая. Первая цифра, проставленная после буквенного индекса, указывает величину сварочного тока (в сотнях ампер), а последующие цифры обозначают конкретную модификацию изделия.

Таблица 6 – Технические характеристики сварочных полуавтоматов

Техническая характеристика	Тип источника питания		
	Ресанта САИПА-200	BLUEWELD MEGAMIG 220S	КЕМРПИ КЕМРАСТ 323R
Номинальный сварочный ток, А	200	220	220
Пределы регулирования сварочного тока, А	20-200	20-220	40-175
Род тока	постоянным током	постоянным током	постоянным током
Продолжительность нагружения, %	40%-190А	60%-140	40%-175А
Рекомендуемый диаметр сварочной проволоки, мм	0,6 - 1	0,6-0,8	0,6 - 1,0
Класс защиты	IP21	IP21	IP21
Габаритные размеры, мм	730x370x475	550 x 260 x 400	482×197×466
Масса, кг	14,5	56,0	15
Цена, руб	16000	20000	19000

Из вышеприведенного перечня рассмотренных технических характеристик сварочных полуавтоматов подходит большинство под режимы, рассчитанные в 5 пункте. Поэтому опираясь на актуальную задачу курсового проекта, целесообразно выбрать полуавтомат, который оптимизирует производственный процесс., наиболее подходящий для данного случая является Ресанта САИПА-200.

## 4 Расчет параметров режима сварки

Режим сварки - это комплекс основных и добавочных параметров, обеспечивающие получение качественных сварных швов заданных размеров и форм [ 5].

Основные характеристики электродов, положение сварки, рекомендуемые режимы указываются в паспортных данных, но для более точного результата проведем расчет по рекомендациям

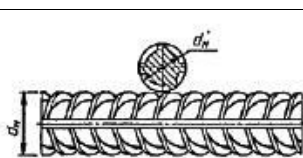
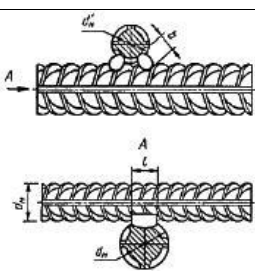
### 4.1 Расчет параметров режима для ручной дуговой сварки

Определение режимов сварки в первую очередь начинают с выбора диаметра электрода, назначение которого происходит в зависимости от диаметра стержней арматуры при сварке швов соединения внахлест и от катета шва при сварке швов стыковых соединений и крестообразных соединений.

Так при диаметре стержней 22,5 мм диаметр электрода равен [3, с.180]  $d_э = 5\text{мм}$ , так как катет шва равен 10 мм.

При ручной дуговой сварке в соответствии с [26] установлены следующие геометрические размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва, которые приведены в таблице 7.

Таблица-7.[26], геометрические размеры подготовки кромок под сварку и сварного шва.

Обозначение типа соединения	Соединение арматуры		Класс Арматуры	$d_n$	$l=l_n$	b	h
	До сварки	После сварки					
КЗ- Рр			A-I	10-40	$6 d_n$	$0,5 d_n$	$0,3 d_n$
			A-II	10-18			
			A-III				
			A <sub>1</sub> -IIIС	10-28			

			A <sub>r</sub> -IVC	10-328	10 d <sub>n</sub>		
--	--	--	---------------------	--------	-------------------	--	--

Расчет производим согласно формулам и рекомендациям [3,с.180]

Площадь металла, наплавленного за один проход при котором происходит обеспечение оптимальных условий формирования, должна составлять:

- для первого прохода

$$F_1 = (6 \div 8)d_3 = (6 \div 8) \cdot 5 = 30 \div 40 \text{ мм}^2 \quad (1)$$

#### 4.1.2 Определение величины сварочного тока.

При ручной дуговой сварки в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока, выбирается сила тока:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi d_3^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} 10 = 196,25 \text{ А} \quad (2)$$

где:  $j$  - допускаемая плотность тока (при  $d_3 = 5$ ,  $j = 10 \text{ А/мм}^2$ )

#### 4.1.3 Определение напряжения на дуге

При дуговой сварке покрытыми электродами напряжение на дуге изменяется в пределах 20...34 В. При проектировки технологических процессов сварки, выбор напряжения производят на основании рекомендаций справочников и паспорта на данную марку электрода [5].

#### 4.1.4 Определение скорости сварки

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot F_{\text{н}} \cdot \gamma} = \frac{12 \cdot 196,25}{3600 \cdot 0,60 \cdot 7,85} = 0,13 \frac{\text{см}}{\text{с}} = \frac{4,68\text{м}}{\text{ч}} \quad (3)$$

где:  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки (12 г/А);

$\gamma$  – плотность стали (7,85 г/см<sup>3</sup>).

#### 4.1.5 Определение погонной энергии

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{у}}}{V_{\text{св}}} = \frac{196,25 \cdot 27,85 \cdot 0,8}{0,13} = 33,63 \frac{\text{кДж}}{\text{см}} \quad (4)$$

где:  $\eta_{\text{у}}$  – эффективный КПД для ручной дуговой сварки.

#### 4.1.6 Определение глубины проплавления

Откуда расстояние  $r$  до изотермы  $T_{пл}$ :

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\pi \cdot V_{св} \cdot c_{\rho} \cdot T_{пл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \cdot 196,25 \cdot 33,3}{3,14 \cdot 0,13 \cdot 4,9 \cdot 1500}} = 1,86 \text{ см} \quad (5)$$

где:  $q = \eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d$  – эффективная тепловая мощность источника;

$c_{\rho}$  – объемная теплоемкость (4,9 Дж/см<sup>3</sup> · град);

$r_0$  – расстояние до изотермы плавления  $T_{пл}$ .

При ручной дуговой сварке глубина провара:

$$H_{пр} = (0,5 \div 0,7)r = 0,93 \div 1,3 \text{ см} \quad (6)$$

Примем глубину провара равной 1,2 см.

#### 4.1.7 Определение мгновенной скорости охлаждения

Мгновенную скорость охлаждения металла при заданной температуре определяют по формуле [5, стр.14]:

$$\omega = 2\pi\lambda_{ср} \frac{(T-T_0)^3}{(q/V \cdot \delta)^2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,39 \cdot 4,9 \frac{(500-25)^3}{\left(\frac{5228,1}{0,13} \cdot 1\right)^2} = 7,1 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}} \quad (8)$$

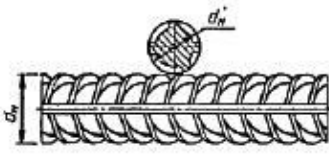
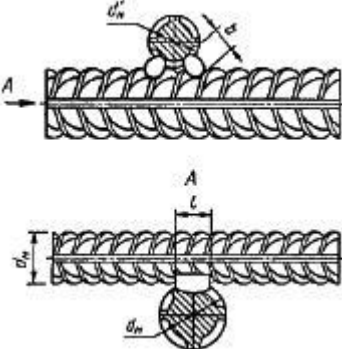
где:  $T_0$  – начальная температура изделия, °C;

$T=500^{\circ}\text{C}$ ;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности (по [5] 0,39 Дж/см с град).

В ходе произведенного расчета были выбраны режимы для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, которые в полной мере обеспечивают формирование геометрии шва согласно [26].

## 4.2 Расчет параметров режима для механизированной сварки

Обозначение типа соединения	Соединение арматуры		Класс Арматуры	d <sub>n</sub>	l=l <sub>n</sub>	b	h
	До сварки	После сварки					
КЗ-Мп			A-240	10-40	6 d <sub>n</sub>	0,5 d <sub>n</sub> ≥ 8	0,3 d <sub>n</sub> ≥ 6
			A-300	10-32			
			A-400	10-28	8 d <sub>n</sub>		
			A <sub>r</sub> -500C	10-32			
			A <sub>r</sub> -600C	10-40	10 d <sub>n</sub>		

При сварке в аргоне плавящимся электродом в соответствии с [26] установлен перечень следующих размеров сварного шва (таблица 8).

Таблица 8 – [26], геометрические размеры подготовки под сварку шва при сварке плавящимся электродом в среде инертных газов

Расчет производим согласно формулам и рекомендациям [3, с.187]

Выбираем диаметр электродной проволоки согласно рекомендации равным 2 мм.

### 4.2.1 Определение требуемой глубины провара:

$$H = \frac{S}{2} = \frac{22,5}{2} = 11,25 \text{ мм}^2; \quad (9)$$

### 4.2.2 Определение силы сварочного тока

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi d_{\text{э}}^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} 90 = 282,5 \text{ А}, \quad (10)$$

где:  $j$  - допустимая плотность тока (при  $d = 2$ ,  $j = 90 \text{ А/мм}^2$ ).



### 4.2.3 Определение оптимального напряжения дуги

$$U_{\text{д}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot I_{\text{св}}}{d_{\text{э}}^{0,5}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 282,5}{2^{0,5}} = 27 \text{ В}, \quad (11)$$

### 4.2.4 Определение коэффициента провара

Зная сварочный ток, напряжение дуги и диаметр электрода можно посчитать коэффициент провара

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{K'(19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}})d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}}, \quad (12)$$

где:  $K'$  – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности, определяется по формуле:

$$K' = 0,367 \cdot j_{\text{э}}^{0,1925} = 0,367 \cdot 90^{0,1925} = 0,87, \quad (13)$$

где:  $j_{\text{э}}$  – величина плотности тока, определяется в зависимости от  $d_{\text{э}}$

Следовательно, коэффициент провара равен:

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{0,87(19 - 0,01 \cdot 282,5)2 \cdot 27}{282,5} = 2,78$$

Зная глубину провара и коэффициент формы провара,

### 4.2.5 Определение ширины шва

$$e = \psi_{\text{пр}} \cdot H = 2,78 \cdot 11,25 = 31,27 \text{ мм}, \quad (14)$$

Полученная ширина шва соответствует [26].

Задавшись оптимальным значением формы выпуклости, т.е. коэффициентом формы усиления  $\psi_{\text{в}}$  находят высоту валика. Значения  $\psi_{\text{в}}$  выбирают в пределах 7-10.

$$g = \frac{e}{\psi_{\text{в}}} = \frac{31,27}{10} = 3,1 \text{ мм}, \quad (15)$$

### 4.2.6 Определение площади сечения наплавленного металла

можно воспользоваться формулой:

$$F_{\text{н}} = 0,73 \cdot e \cdot g = 0,73 \cdot 31,27 \cdot 3,1 = 71,3 \text{ мм}^2$$

### 4.2.7 Определение скорости сварки

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot F_{\text{н}} \cdot \gamma}, \quad (16)$$

Коэффициент наплавки определяем по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_p(1 - \psi), \quad (17)$$

где:  $\alpha_p$  – коэффициент расплавления проволоки;

$\psi$  – коэффициент потерь.

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{св}} \frac{l}{d_3^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{282,5} \frac{16}{2^2} = 9,25 \frac{\text{г}}{\text{А}} \cdot \text{ч} \quad (18)$$

где:  $l$  – вылет электродной проволоки, согласно рекомендациям он равен 16 мм;

$$\begin{aligned} \psi &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j_3 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j_3 \\ &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 120 = 15,2\% \end{aligned}$$

Коэффициент наплавки равен:

$$\alpha_n = 9,25(1 - 0,152) = 7,84 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Следовательно, скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_H \cdot \gamma} = \frac{6,63 \cdot 282,5}{3600 \cdot 0,7 \cdot 7,85} = 0,09 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 3,24 \text{ м/ч}$$

#### 4.2.8 Определение скорости подачи электродной проволоки

$$V_{п.э.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{F_{эл} \cdot \gamma \cdot 3600} = \frac{9,25 \cdot 282,5}{0,314 \cdot 7,85 \cdot 3600} = 0,29 \frac{\text{см}}{\text{ч}} = 10,44 \frac{\text{м}}{\text{ч}} \quad (19)$$

где:  $F_{эл}$  – площадь поперечного сечения электродной проволоки (3,14 мм<sup>2</sup>);

#### 4.2.9 Определение погонной энергии

$$q_{п} = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{282,5 \cdot 27 \cdot 0,84}{0,09} = 71190 \frac{\text{Дж}}{\text{см}} \quad (20)$$

где:  $\eta_u$  – эффективный КПД для механизированной сварки.

Определение глубины провара

$$H_{пр} = (0,5 \div 0,7)r \quad (21)$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{2 \cdot q_{п}}{\pi \cdot e \cdot c_{\rho} \cdot T_{пл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 71190}{3,14 \cdot 31,27 \cdot 4,7 \cdot 1500}} \\ &= 0,75 \text{ см} \end{aligned} \quad (22)$$

$$H_{\text{пр}} = (0,5 \div 0,7)0,75 = 0,37 \div 0,52$$

Примем глубину провара равной 0,5 см.

## 5 Ориентировочная оценка химического состава и механической характеристики шва

Химические элементы, входящие в основной металл могут оказывать большое влияние. Не брать во внимание это нельзя. Активное участие химического состава сварочных материалов также очевидно, так как путем подбора можно регулировать механические свойства металла шва в самых широких пределах [4].

Содержание рассматриваемого элемента в металле шва можно определить на основании правила смешения по формуле, [4, с.55]:

$$[R]_{ш} = [R]_{ом} \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot [R]_э \pm \Delta R \quad (23)$$

где:  $[R]_{ш}$  – содержание элемента в шве или проходе, %;

$[R]_{ом}$  – содержание элемента в основном металле, %;

$[R]_э$  – содержание элемента в электродной проволоке или наплавленном металле покрытыми электродами;

$\pm \Delta R$  – изменение содержания элемента в процессе сварки, в результате его выгорания из сварочной ванны или перехода из флюса или электродного покрытия в сварочный шов;

$(1 - \gamma_0)$  – часть участия электродного металла в металле шва;

$\gamma_0$  – доля участия основного металла в металле шва;

### 5.1 Ориентировочная оценка для механизированной сварки

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{пр}}{F_{пр} + F_H} \quad (24)$$

где:  $F_{пр}$  – площадь проплавления основного металла;

$F_H$  – площадь наплавленного металла.

$$F_{пр} = \frac{\pi \cdot \psi_{пр} \cdot H^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,78 \cdot 11,25^2}{4} = 276,1 \text{ мм}^2 \quad (25)$$

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{276,1}{276,1 + 71,3} = 0,79$$

Для определения химического состава наплавленного металла нужно знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка [4].

Для того что бы определить содержание конкретного элемента в шве, представим в таблицах химический состав А500С и проволоки Св-08Г2С

Таблица 9 – Химический состав арматурной стали класса А500с в процентах:

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,28-0,37	0,15-0,3	0,5-0,8	До 0,3	До 0,05	До 0,04	До 0,3	До 0,008	0,2-0,3	До 0,008

Таблица 10 – Химический состав проволоки Св-08Г2С в процентах:

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0,05-0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	До 0,25	До 0,025	До 0,03	До 0,2	До 0,008

Определение химического состава металла шва для сварки плавящимся электродом в среде аргона, %:

$$[C]: R_{ш} = 0,28 \cdot 0,79 + (1 - 0,79) \cdot 0,1 = 0,24\%$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,25 \cdot 0,79 + (1 - 0,79) \cdot 0,85 = 0,36\%$$

$$[Mn]: R_{ш} = 0,6 \cdot 0,79 + (1 - 0,79) \cdot 2 = 0,89\%$$

$$[Ni]: R_{ш} = 0,3 \cdot 0,79 + (1 - 0,79) \cdot 0,25 = 0,28\%$$

$$[S]: R_{ш} = 0,05 \cdot 0,79 + (1 - 0,79) \cdot 0,025 = 0,044\%$$

$$[P]: R_{ш} = 0,04 \cdot 0,79 + (1 - 0,79) \cdot 0,03 = 0,037\%$$

$$[Cr]: R_{ш} = 0,2 \cdot 0,79 + (1 - 0,79) \cdot 0,2 = 0,071\%$$

$$[N]: R_{ш} = 0,008 \cdot 0,79 + (1 - 0,79) \cdot 0,008 = 0,0079\%$$

Экспериментальные определения механических характеристик металла швов позволило определить коэффициенты влияния каждого химического элемента и составить эмпирическое выражение для расчета ожидаемых

механических характеристик металла шва. Поэтому рекомендуется использовать эмпирические зависимости [4, с.58]

### 5.1.1 Предел прочности

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{вш}} &= 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 23,9Cr + 7,7Ni \\ &= 4,8 + 50 \cdot 0,24 + 25,2 \cdot 0,89 + 17,5 \cdot 0,36 + 23,9 \cdot 0,0079 + 7,7 \cdot 0,28 \\ &= 47,83 \text{ МПа};\end{aligned}$$

### 5.1.2 Относительное удлинение шва

$$\begin{aligned}\delta_{\text{ш}} &= 50,4 - (21,8C + 15Mn + 49Si + 5,8Cr + 2,4Ni) \\ &= 50,4 - (21,8 \cdot 0,24 + 15 \cdot 0,89 + 49 \cdot 0,36 + 5,8 \cdot 0,0079 + 2,4 \cdot 0,28) \\ &= 13,5 \%\end{aligned}\tag{27}$$

### 5.1.3 Ударная вязкость шва при $T = 293 \text{ К}$

$$\begin{aligned}KCU_{\text{ш}} &= 23,3 - (25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 2,4Cr + 1,6Ni) \\ &= 23,3 - (25,7 \cdot 0,24 + 6,4 \cdot 0,89 + 8,4 \cdot 0,36 + 2,4 \cdot 0,0079 + 1,6 \cdot 0,28) \\ &= 8,13 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}\end{aligned}\tag{28}$$

### 5.1.4 Предел текучести шва

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73 \cdot \sigma_{\text{вш}} = 0,73 \cdot 47,83 = 34,91 \text{ МПа}\tag{29}$$

### 5.1.5 Относительное поперечное сужение

$$\psi_{\text{ш}} = 2,32 \cdot \delta_{\text{ш}} = 2,32 \cdot 13,5 = 31,32 \%\tag{30}$$

Из расчетов механических характеристик металла шва можно сделать вывод, что формулы не подходят для расчетов в данном случае.

## 5.2 Ориентировочная оценка для ручной дуговой сварки

Рассчитаем долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}} + F_{\text{н}}}$$

$$F_{\text{пр}} = 0,73 \cdot e \cdot H = 0,73 \cdot 3 \cdot 12 = 26,28 \text{ мм}^2,\tag{31}$$

где:  $e$  – ширина валика (примем 3 мм);

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{26,28}{26,28 + 30} = 0,46,$$

Для определения химического состава наплавленного металла нужно знать химический состав электродного металла, которым в свою очередь будет производиться сварка.

Для того что бы определить содержание конкретного элемента в шве, представим в таблицах химический состав А500С и проволоки Св-08Г2С.

Таблица 11 - Химический состав А500С в процентах

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,28-0,37	0,15-0,3	0,5-0,8	До 0,3	До 0,05	До 0,04	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,008

Таблица 12 - Химический состав наплавленного металла электродом АНО - 6 в процентах

С	Si	Mn	S	P
0,08-0,12	0,18-0,3	0,55-0,7	До 0,03	До 0,04

Определение химического состава металла шва для сварки плавящимся электродом ручной дуговой сварки по формуле 23:

$$[C]: R_{ш} = 0,18 \cdot 0,46 + (1 - 0,46) \cdot 0,09 = 0,12\%$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,23 \cdot 0,46 + (1 - 0,46) \cdot 0,25 = 0,24\%$$

$$[Mn]: R_{ш} = 0,53 \cdot 0,42 + (1 - 0,46) \cdot 0,63 = 0,56\%$$

$$[S]: R_{ш} = 0,05 \cdot 0,46 + (1 - 0,46) \cdot 0,03 = 0,033\%$$

$$[P]: R_{ш} = 0,04 \cdot 0,46 + (1 - 0,46) \cdot 0,04 = 0,03\%$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла шва так же, как и для механизированной сварки подсчитать по формулам [4, с.58] не возможно.

## 6 Расчет расхода сварочных материалов

### 6.1 Расчет расхода сварочных материалов для ручной дуговой сварки

Необходимый расход покрытых электродов при ручной дуговой сварке можно посчитать по формуле [4, с. 61]

$$G_э = G_н(1,6 \dots 1,8), \quad (32)$$

где  $G_н$  – масса наплавленного металла, определяемая по формуле:

$$G_н = F_н \cdot l_{ш} \cdot \gamma_н, \quad (33)$$

где  $F_н$  – площадь наплавки;

$l_{ш}$  – длина шва или провариваемого участка;

$\gamma_н$  – плотность наплавленного металла.

$$G_н = 0,3 \cdot 180 \cdot 7,8 = 421 \text{ г},$$

$$G_э = 421 \cdot 1,6 = 673,9 \text{ г}.$$

#### 6.1.2 Расчет количества электродной проволоки

Для механизированного способа сварки плавящимся электродом в среде защитных газов количество электродного металла можно определить в зависимости от количества наплавленного металла и коэффициента потерь при сварке  $\psi_п$ .

$$G_э = G_н(1 + \psi_п), \quad (36)$$

$$G_н = 0,7 \cdot 180 \cdot 7,8 = 982,8 \text{ г},$$

$$G_э = 982,8(1 + 0,096) = 1077,14 \text{ г}.$$

#### 6.1.3 Расчет объема газа при сварке в защитных газах

Для определения общего объема газа, нужно учесть время на выполнение сварного шва. Зная скорость перемещения сварочной горелки и длину провариваемого участка, возможно определить время для выполнения сварного соединения

$$t = \frac{l_{шв}}{V_{св}} = \frac{180}{0,09} = 2000 \text{ с}. \quad (37)$$

Зная время на выполнение сварного соединения, можно посчитать объем газа:



$$Q_{\Gamma} = t \cdot Q_{min} = 33,3 \cdot 20 = 666,7 \text{ л.} \quad (38)$$

где  $Q_{min}$  – расход газа, назначенный при расчете режимов сварки, л/мин;

При сварке больших толщин расход газа составляет 15-20 л/мин;

$t$  – время сварки, мин.

## 7 Технология сборки и сварки узла

### 7.1 Подготовка сварочных материалов

Подготовка металла для начала сварки заключается в очистке, правке, разметке, механической обработке с получением необходимых размеров [4, С. 28]. Разметка выполняется путём переноса натуральных размеров детали с чертежей на металл. При разметке заготовок обращается внимание на укорочение их в процессе сварки конструкции. Следовательно, предусматривается значение припуска из расчёта 0,1-0,2 мм на 1 м шва [4, С.28].

Сборка под сварку является одним из трудоёмких и сложных процессов. Должна осуществляться качественная сварка конструкции. Для этого достаточно выдержать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить детали в проектном положении и закрепить между собой так, чтобы взаиморасположение деталей не нарушилось во всем процессе сварки, а если нужно, и транспортировки. Должен быть обеспечен свободный доступ к месту сварки [13].

Следующей операцией при изготовлении сварного каркаса из арматуры диаметром 22,5 мм для возникновения риска искривления элементов, происходящего под воздействием высоких температур при сварке, свариваемые стержни арматуры крепятся к стеллажам или кондукторам прихватками при помощи дуговой электросваркой или струбцинами, которые в свою очередь должны обеспечивать горизонтальное расположение и соосность стержней. Смещение не должно превышать  $0,1d$ , а перелом в месте стыка - не более  $3^\circ$

Размеры и форма кондукторов и стеллажей, предназначенных для изготовления сварной арматуры, в большей степени зависят от формы арматурных конструкций и диаметра стержней. Кондукторы и стеллажи должны производиться с высокой точностью (допуски в размерах не должны превышать 3 мм). Точность изготовления кондукторов и стеллажей проверяется путем сличения их размеров с размерами, арматурных элементов

и путем изготовления пробного образца сетки, и каркаса. На каждый проверяемый кондуктор или стеллаж составляется акт о его пригодности и ставится клеймо ОТК.

Путем прихватки дуговой сваркой стержни арматуры закрепляются к стеллажам и между собой, и производится тщательная выверка собранного каркаса. После разметки длины швов и проверки стержни каркаса в узлах свариваются дуговой сваркой или же механизированной сваркой. По окончании сборки и сварки первого каркаса в местах изгибов и сопряжения стержней к стеллажам привариваются фиксирующие упоры. Приваренные к стеллажам упоры в процессе изготовления следующих каркасов образуют некий шаблон, в который в свою очередь укладываются стержни каркаса и производится сварка.

Технологический процесс сборки и сварки представлен в приложении А.

## **8 Социальная ответственность**

### **8.1 Введение в социальную ответственность**

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы является технология сварки арматурного каркаса при помощи ручной дуговой и механизированной сварки. Выполнение работ производится в рамках научно-исследовательской работы для перечня организаций. Заинтересованными лицами в полученных данных будут ООО «ТДСК Томск», АО «Транснефть – Центральная Сибирь», г. Томск. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут небольшие мастерские и индивидуальные потребители, применяющие ручную дуговую сварку в домашних условиях.

Основной задачей этого раздела является необходимость проанализировать какие опасные и вредные факторы могут воздействовать на человека во время работы.

А также в данном разделе будут рассмотрен перечень вопросов, связанных с техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения при возникновении опасной ситуации.

При выполнении работ сваркой на работающих действуют следующие опасные и вредные факторы:

- влияние шума и вибраций возможно при плазменной и газовой резке, работе пневмопривода (КС), различного оборудования (вакуум-насосов, вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.), а также ультразвука и высокочастотного шума –при УЗС.
- чрезмерная запыленность и повышенная загазованность воздуха вследствие подгорания масла и т.п.;
- излишняя яркость сварочной дуги, УФ- и Ик-радиация;

### **8.2 Техногенная безопасность**

При организации рабочего места, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий

установленным нормам. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать ГОСТ 22269–76.

Во время работы с компьютером и сварочным аппаратом возможно воздействие следующих опасных и вредных факторов:

а) физических:

- повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;
- повышенный уровень шума на рабочем;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- нахождение в рабочей зоне болон под давлением;
- повышенный уровень статического электричества.

б) термических:

- источники питания.

В процессе механизированной сварки плавящимися электродами в среде защитных газов на рабочих столах (или манипуляторах) необходима установка наклонных или вертикальных панелей равномерного всасывания или широкие боковые отсосы, регулируемые с таким расчетом, чтобы не нарушать газовую защиту дуги.

### **8.2.1 Требования к выбору и применению средств индивидуальной защиты (СИЗ)**

Работники, занятые производством газопламенных и электросварочных работ, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в соответствии с правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

Спецодежда должна быть безвредной, удобной в ношении, не ограничивать движения работающего, не вызывать неприятных ощущений, защищать от искр и брызг расплавленного металла, свариваемого изделия, влага, производственных загрязнений, механических повреждений, отвечать санитарно-гигиеническим требованиям и условиям труда. Выбор спецодежды в зависимости от методов сварки и условиям труда должен

производиться в соответствии с рекомендациями ГОСТ 12.4044 и ГОСТ 12.4010.

### **8.2.2 Уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне**

Источником излучения в рабочем помещении является электронно-лучевые трубки мониторов персональных компьютеров. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, мониторы ПК должны отвечать следующим техническим требованиям:

- минимальный размер светящейся точки не более 31 мм;
- контрастность изображения знака не менее 0,8;
- частота регенерации изображения при работе с позитивным контрастом в режиме обработки текста не менее 72 Гц;
- низкочастотное дрожание изображения в диапазоне 0,05-1 Гц должно находиться в пределах 0,1 мм;
- экран должен иметь антибликовое покрытие;
- расстояние от глаз до экрана должно быть в пределах 30-40 см;
- яркость бликов видеодисплея не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup>.

### **8.2.3 Отклонение показателей микроклимата**

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который можно определить действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры поверхностей. Нормальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение всей рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности. Общий перечень санитарно-гигиенических требований к воздуху рабочей зоны должны соответствовать [27]. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице.

Таблица 13 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений по [27].

Период Года	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения		
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
	Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.					

Продолжение таблицы 13

Холодный	22- 24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, и искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Из таблицы 13 видно, что в анализируемой комнате параметры микроклимата соответствуют нормам.

#### 8.2.4 Уровня шума на рабочем месте

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности может привести к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы.

Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБ, ГОСТ 12.1.003-2014.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов;
- 2) Проведение акустической обработки помещения;
- 3) Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;, который сравнивают с предельным спектром.

### **8.2.5 Освещенность рабочей зоны**

Рациональное освещение вносит большой вклад для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 200 лк (СНиП 23-05-2010).

Различают естественное и искусственное освещение.

Естественное – обуславливают световым потоком солнечных лучей и диффузионным световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным светом неба, т.е. неоднократным отражением световых лучей от мелких взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды.

Искусственное освещение происходит работой светильников общего и местного освещения. Светильники состоят из источника искусственного



освещения (лампы) и осветительной арматуры. Главными источниками искусственного освещения являются лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Слабая освещенность может быть вызвана не рациональным расположением ламп в помещении, отсутствием окон, не рациональным выбором необходимого количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Этот фактор может стать причиной его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений и научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) не должен превышать 10%.

Для уменьшения пульсаций ламп, происходит включение в разные фазы трехфазной цепи, что приводит собой стабилизацию постоянства прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением этого вредного факторы является первоначальное правильное расположение и подключение источников света в помещении, за счет замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

## 8.2.6 Уровень статического электричества

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями [28].

Главными причинами поражения электрическим током человека могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под высоким напряжением. С целью необходимости минимизирования опасности поражения электрическим током достаточно соблюдать перечень правил электрической безопасности:

- перед включением компьютера в сеть необходимо визуально проверить исправность электропроводки на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера;
- при появлении первых признаков замыкания нужно незамедлительно отключить от электрической сети компьютер;

К защитным мерам от возможной опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрорезиновые средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- зануление – замыкание на корпус электроустановок;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках не допускаются лица, не достигшие 18 лет, прошедшие обучение безопасным методам труда. К тому же электробезопасность в большей степени зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать основы оказания первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

### **8.3 Региональная безопасность**

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее рациональная форма её решения – это минимизация вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, в первую очередь направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

При выполнении работы образовывались следующие отходы: использованная бумага и чернила, которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных выбросов в атмосферу и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

### **8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

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

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с [28].

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

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

- Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами;
- При установке однопостового источника питания у стены расстояние от стены до источника должно быть не менее 0,5 м;
- Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высоты траектории 2.2 м;
- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.;
- Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты;
- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола;
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами

Предприятие эксплуатируется и оборудуется согласно основными правовыми нормами:

- ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
- ГОСТ 12.1.038-83 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
- СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

### **8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов, терроризм, войны.

Война в современных условиях требует проведения полномасштабных защитных мероприятий и накопления средств защиты в мирное время.

Гражданская оборона, решает весь комплекс задач стоящих перед ней, на основе глубоких теоретических исследований, обобщения опытных данных и применения всех достижений науки и техники.

Одной из главных задач гражданской обороны является повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства. Заблаговременно организуется, и проводятся инженерные, технические и организационные мероприятия.

Инженерно-технические мероприятия должны обеспечивать повышенную устойчивость промышленных зданий и сооружений при наступлении чрезвычайных ситуаций.

Должны проводиться организационные мероприятия, которые предусматривают заблаговременную разработку и планирование действий персонала или личного состава штаба, служб и формирований государственной обороны в условиях возникновения чрезвычайной ситуации.

Непосредственными организаторами для населения, являются начальники штабов государственной обороны, командиры воинских подразделений, директора заводов, начальники цехов, участков и т. д.

Промышленные здания могут обеспечивать лишь частичную защиту от радиации и для защиты населения от поражающего воздействия должны применяться специальные сооружения:

- противорадиационные укрытия, которые строятся из подручных материалов;
- убежища с упрощенной фильтровентиляционной системой;
- убежища с фильтровентиляционным оборудованием промышленного изготовления.

При проектировании новых цехов необходимо предусмотреть строительство убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно –

техническими приборами, а также средствами очистки от отравляющих веществ и биологических аэрозолей. В убежище необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, санитарные узлы, фильтровентиляционную камеру, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход. Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления предприятия и репродуктор, подключенный к городской сети. Канализация и водоснабжение убежища осуществляется на базе городских сетей. В убежищах должно предусматриваться отопление.

Главная задача при чрезвычайных ситуациях - защита населения от возможного поражения. Выполнение этой задачи достигается путем укрытия населения в защитных сооружениях, эвакуацией его из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

### **8.5.1 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

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

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяют на следующие категории:

- 1) повышение взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1-В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д);

К категории Г относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

В лаборатории 221 16А корпуса НИ ТПУ находятся газы в болонах для сварки (наплавки) в жидком состоянии, сварочные материалы. При работе которых сопровождается выделение лучистого тепла, искр, и т.п. Поэтому выбираем категорию «Г» пожароопасности.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» пожарную службу.
4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

Через данное помещение проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных



проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещении имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а так же изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

## 9 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и сварки арматурного каркаса» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в исследовании и разработке технологии сборки и сварки арматурного каркаса при помощи ручной дуговой и механизированной сварки в среде защитных газов.

### 9.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [29].

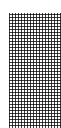
Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и способ сварки, по которым будет производиться сегментирование рынка.

Таблица 14 – Сегментирования рынка

		Способ сварки	
		Ручная дуговая сварка	Механизированная сварка
Размер	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		



ТДСК



Абсолют  
Строй



ТПУ



АльпМастер

Как видно из таблицы, наиболее перспективным сегментом для формирования спроса является сегмент крупных и средних строительных компаний.

## 9.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов [29].

Таблица 15 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии катализатора</b>							
1. Простота в эксплуатации	0,3	4	5	4	1,2	1,2	1,5
2. Качество шва	0,3	4	5	4	1,2	1,2	1,5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
3. Цена	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
<b>Итого:</b>	<b>1</b>				<b>4,2</b>	<b>4,1</b>	<b>4,5</b>

Б<sub>ф</sub> – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

Б<sub>к1</sub> – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом;

Б<sub>к2</sub> – механизированная сварка в среде защитных газов.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (39)$$

где:

$K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таким образом, на основании таблицы можно сделать вывод, что предложенный в ходе исследовательской работы способ может составить серьезную конкуренцию другим способом сварки. Главными преимуществами данной способа является довольно высокая производительность и простая техника сварки.

### 9.3 SWOT-анализ

**SWOT-анализ** — особо распространенный метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории. Сильные (**S**) и слабые (**W**) стороны являются факторами внутренней среды объекта анализа, (то есть тем, на что сам объект способен повлиять); возможности (**O**) и угрозы (**T**) являются факторами внешней среды (то есть тем, что может повлиять на объект извне и при этом не контролируется объектом [29]).

Таблица 16 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1.Возможность изготовления в полевых условиях</p> <p>С2.Использование современного оборудования</p> <p>С3.Необходимость данной продукции на рынке</p> <p>С4.Широкая область применения</p> <p>С5.Наличие бюджетного финансирования проекта</p>	<p>Сл1.Сложность транспортировки</p> <p>Сл2.Развитие передовых технологий</p> <p>Сл3.Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости.</p> <p>Сл4.Отсутствие квалифицированного персонала</p>
<b>Возможности:</b>		
<p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Получение качественных сварных</p>		

соединений		
В3. Повышение стоимости конкурентных разработок		
<b>Угрозы:</b> У1.Появление новейших технологий У2.Отсутствие спроса производимого товара на рынок У3.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

На втором этапе SWOT-анализа строятся интерактивные матрицы, которые представлены в таблицах 11, 12, 13, 14.

Таблица 17 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	-
	B2	+	0	+	+	+
	B3	+	-	0	0	+

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: B1C1C2C3C4C5.

Таблица 18 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	-	0

	B2	-	-	-	0
	B3	0	0	-	0

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие слабые стороны и возможности: В1Сл1.

Таблица 19 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Угрозы	У1	+	+	+	-	+
	У2	+	+	+	-	+
	У3	-	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и угрозы: У1С1С2С3С5, У2С1С2С3С4С5.

Таблица 20 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы	1	-	-	-	-
	2	-	-	+	-
	3	-	-	+	+

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие слабые стороны и угрозы: У2Сл3, У3Сл3Сл4.

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица ).

Таблица 21 –Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1.Возможность изготовления в полевых условиях</p> <p>С2.Использование современного оборудования</p> <p>С3.Необходимость данной продукции на рынке</p> <p>С4.Широкая область применения</p> <p>С5.Наличие бюджетного финансирования проекта</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1.Развитие передовых технологий</p> <p>Сл2.Сложность транспортировки</p> <p>Сл3.Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости.</p> <p>Сл4.Отсутствие квалифицированного персонала</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Получение качественных сварных соединений</p> <p>В3.Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С2 – возможность использования технологии для сварки сложных конструкций.</p> <p>В2С1–возможность изготовления и использования конструкции на монтаже.</p>	<p>В2Сл.1- с повышением цен на комплектующие резко возрастет первоначальный вклад в массовое производство. В2В3Сл3Сл4 – повышение цены на подготовку персонала и оборудование</p>



<b>Угрозы:</b>	У1С3 – некоторые компании не захотят рисковать, применяя новые технологии,	У1Сл.2– повышение затрат на использование технологии в полевых условиях.
У1.Появление новейших технологий	У2С3 – риск минимальной окупаемости проекта.	
У2.Отсутствие спроса на производимый товар		
У3.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

#### 9.4 Планирование научно-исследовательских работ

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта [29].

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю/

Таблица 22 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	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	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель,

	5	Календарное планирование работ	студент
--	---	--------------------------------	---------

Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Вывод по цели	Научный руководитель, студент

#### 9.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят: научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ.

#### 9.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (40)$$

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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (41)$$

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.

Результаты расчетов занесены в таблицу 23.

Таблица 18 – Временные показатели проведения научного исследования.

№	Название работ	Трудоемкость работ									Исполнитель	Т <sub>р</sub> , раб. дн.			Т <sub>р</sub> , кал. дн.		
		t <sub>min</sub> , чел-дн.			t <sub>max</sub> , чел-дн.			t <sub>ож</sub> , чел-дн.				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							
1	Составление технического задания	0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	Р	0,2	0,2	0,2	1	1	1
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	Б	0,2	0,2	0,2	1	1	1
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	К <sup>1</sup>	0,2	0,2	0,2	1	1	1
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	К <sup>2</sup>	0,2	0,2	0,2	1	1	1
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	1	1	1
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	1	1	1

3	Подбор и изучение материалов	6	6	6	11	11	11	8	8	8	Б	4	4	4	4	4	4
4	Патентный поиск	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	10	10	10
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,7	1	1	1
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	1	1	1
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Б	3,4	3,4	3,4	4	4	4
7	Проведение экспериментов	5	5	5	8	8	8	6,2	6,2	6,2	Б	6,2	6,2	6,2	8	8	8
8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,2	1	1	1
		3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	1,9	2	2	2
9	Оценка эффективности и результатов	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	1,7	2	2	2
		4	4	4	5	5	5	4,4	4,4	4,4	Б	2,2	2,2	3	3	3	3
10	Определение целесообразности проведения ВКР	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,2	1	1	1
		2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Б	1,2	1,2	1,2	1	1	1
11	Разработка катализатора Фищера-Тропша	7	7	7	9	9	9	7,8	7,8	7,8	Б	3,9	3,9	3,9	5	5	5
		3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	1,7	2	2	2
12	Оценка эффективности и производства и применения разработки	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	4	4	4
		2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	К <sup>1</sup>	1,2	1,2	1,2	2	2	2
13	Разработка СО	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	5	5	5
		2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	К <sup>2</sup>	1,2	1,2	1,2	2	2	2
14	Получение опытного образца	5	5	5	6	6	6	5,4	5,4	5,4	Р	2,7	2,7	2,7	3	3	3
		6	6	6	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Б	3,	3,	3,	4	4	4

												2	2	2			
1 5	Испытания опытного образца	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Р	1, 2	1, 2	1, 2	1	1	1
		3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Б	1, 9	1, 9	1, 9	2	2	2
1 6	Составление отчета	20	20	20	21	21	21	20,4	20,4	20,4	Б	20	20	20	25	25	25

Р – руководитель;

Б – бакалавр;

К<sup>1</sup> – консультант по экономической части;

К<sup>2</sup> – консультант по социальной ответственности.

#### 9.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта [29].

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (42)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (43)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения выпускной квалификационной работы.

Таблица 24 – Календарный план-график

Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ , дне й	Продолжительность выполнения работ																	
			феврал ь		март			апрель			май									
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	1																		
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	1																		
Подбор и изучение материалов	Бакалавр	4																		
Патентный поиск	Бакалавр	10																		
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	1																		
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	4																		
Проведение экспериментов	Бакалавр	8																		

Сопоставление результатов экспериментов с теоретическим и исследованиям и	Руководитель, бакалавр	1 2												
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2 3												

Вид работы	Исполнители	T <sub>кi</sub> , дне й	Продолжительность выполнения работ											
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	1 2												
Разработка технологии сварки арматурного каркаса	Руководитель, бакалавр	2 5												
Оценка эффективности производства и применения разработки	Консультант ЭЧ, бакалавр	2 4												
Разработка социальной ответственности	Консультант, бакалавр	2 5												
Получение опытного образца	Руководитель, бакалавр	3 4												
Испытания опытного образца	Руководитель, бакалавр	1 2												
Составление отчета	Бакалавр	25												

Руководитель	Бакалавр

## 9.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В состав затрат, необходимых для реализации проекта включено:

- Материальные затраты
- Основная заработная плата исполнителей темы
- Затраты на специальное оборудование для научных исследований
- Отчисления во внебюджетные фонды
- Накладные расходы

### 9.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхи} \quad (44)$$

где:

$m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 25 - Расчет материальных затрат

п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Мощность электроприбора, кВт	Общая стоимость оборудования, руб.



		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Компьютер	1	1	1	0,350	0,360	0,340	2650 0	2580 0	3000 0
	Итого:	1	1	1	1,28	1,275	1,281	2650 0	2580 0	3000 0

Расчет на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э, \quad (45)$$

где  $N_i$  - мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$T_э$  - время использования электрооборудования, час;

$Ц_э$  – цена одного кВт ·ч, руб.

$$E_э = 1,28 \cdot 250 \cdot 4,36 = 1395,2 \text{ руб.}$$

### 9.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает оплату труда научному руководителю и инженеру, также ежемесячно выплачивается премия в размере 12-20% от оклада.

Оклад по данным ТПУ для старшего преподавателя со степенью кандидат наук составляет 23'100 рублей без районного коэффициента. Для ассистента/преподавателя без степени оклад составляет 17'000 рублей без районного коэффициента. (РК=1.3)

Таким образом, заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (46)$$

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

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \quad (47)$$

где  $З_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб. Дня; М =11,2 месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. Дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя);

Таблица 26 - Баланс рабочего дня

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни/праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск	50	93
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	154

$$Z_{\text{зп}} (\text{науч.рук} - \text{ль}) = 34534(\text{руб.}) \quad Z_{\text{дн}} (\text{науч.рук} - \text{ль}) = 1244,30(\text{руб.})$$

$$Z_{\text{зп}} (\text{инженер}) = 25415(\text{руб.}) \quad Z_{\text{дн}} (\text{инженер}) = 115,70(\text{руб.})$$

$$Z_{\text{м}} (\text{науч.рук} - \text{ль}) = 54054(\text{руб.})$$

$$Z_{\text{м}} (\text{инженер}) = 39780(\text{руб.})$$

Таблица 27 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_{\text{т}}$	$Z_{\text{тс}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. Дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	КН		23100	0,3	0,5	1,3	54054	1244,30	20	23022
Инженер	-		17000	0,3	0,5	1,3	39780	1115,70	77	65231,80
Итого $Z_{\text{осн}}$										88253,80

Итого по статье «Основная заработная плата» - 88253,80 руб

### 9.5.3 Расчет дополнительно заработной платы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций [29].

Расчет производится по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (48)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{\text{доп}}(\text{студент}) = 3315(\text{руб.})$$

$$З_{\text{доп}}(\text{науч.рук – ль}) = 4504,50(\text{руб.})$$

Итого по статье «дополнительная заработная плата» - 7819,50 руб

### 9.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходом отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (49)$$

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

На 2016г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Таблица 28 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	23022	4504,50
Инженер	17000	3315
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2% = 0,302	
Итого :	12086,6	2361

Итого по статье «Отчисления во внебюджетные фонды» - 14448,12 руб.

### 9.5.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [29]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}. \quad (50)$$

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 14163,80(\text{руб.})$$

Таким образом, по статье «накладные расходы» - 14163,80 руб.

### 9.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции [29].

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 24.

Таблица 29 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Общая сумма затрат, руб.
Материальные затраты НИИ	30000
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	88253,8
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7819,5
Отчисления во внебюджетные фонды	14448,12
Накладные расходы	14163,80
Итого:	154685,22

При планировании бюджета научного исследования было обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

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

##### Оценка сравнительной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (51)$$

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

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно исследовательского проекта.

$$I_{\Phi}^p = \frac{35370}{35906} = 0,98;$$

$$I_{\Phi}^1 = \frac{35906}{35906} = 1;$$

$$I_{\Phi}^2 = \frac{35335}{35906} = 0,98;$$

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

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (52)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент i-го параметра;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже.

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработка	Аналог 1	Аналог 2

1)Производительность труда	0,3	5	3	4
2)Технологичность	0,1	5	5	4
3)Энергосбережение	0,14	5	4	3
4)Безопасность	0,12	4	3	4
5)Затраты на материалы	0,3	5	4	3
ИТОГО	1	4,55	3,35	2,85

По формуле и данным таблицы 30 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности и финансовый показатель.

$$I_m^p = 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,14 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 = 4,55;$$

$$I_m^{a1} = 0,3 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,14 \cdot 4 + 0,12 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 = 3,35;$$

$$I_m^{a2} = 0,3 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,14 \cdot 3 + 0,12 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 = 2,85;$$

Интегральный показатель эффективности разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad (53)$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{4,55}{0,98} = 4,64.$$

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	1	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	3,35	2,85
3	Интегральный показатель эффективности	4,64	3,35	2,91
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,4	1,6

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости текущей разработки с позиции финансовой и ресурсной эффективности.



Вывод: Для достижения цели и получения конечного результата выполнялись такие задачи, как:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований проводили с помощью рассмотрения целевого рынка и его сегментирования. На основе SWOT – анализа провели выявление сильных сторон и возможностей проекта, а так же слабых сторон и угроз. Для извлечения дополнительных преимуществ необходимо дальнейшее развитие технологии;
- При планировании научно-исследовательских работ определили общее содержание работы, тему проекта, структуру работы, работу каждого участника, продолжительность работ
- При планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его реализации. Итоговая сумма бюджета составляет 154685,22 рублей.

При итоговом анализе раздела « Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», можно сделать вывод, что выбранный способ и технология сварки более экономичны и эффективны по сравнению с другими аналогами.

## **Заключение**

В результате выполнения выпускной квалифицированной работы была разработана технология сборки и сварки арматурного каркаса диаметром стержней 22,5 мм из стали класса А500С при помощи ручной дуговой и механизированной сварки в среде защитных газов. Для реализации технологии был проведен сравнительный анализ и выявление наиболее оптимального из двух способов сварки. Для решения поставленной задачи были выбраны режимы сварки в соответствии с данным диаметром арматурных стержней, заданной глубиной проплавления и требуемыми размерами шва. На основе проведенного анализа в подборе сварочного материала и источника питания, целесообразно выбрали подходящее оборудование и материалы, основываясь на минимизацию материальных затрат и наивысшее качество.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность был рассмотрен перечень эффективности выполненного продукта с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности.

В разделе социальная ответственность было проанализировано, какие вредные и опасные факторы будут воздействовать на организм человека во время сварки покрытыми электродами. А также в данном разделе был рассмотрен перечень вопросов, связанных с охраной труда и техникой безопасности в лаборатории во время всего процесса, правила эксплуатации помещения при возникновении опасной ситуации.

В заключении можно сказать, что при соблюдении разработанной технологии сварки, для обоих методов, ожидается получение качественного сварного соединения, отвечающего всем необходимым требованиям.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбаков В. М. Дуговая и газовая сварка. - М: Высшая школа, 1988. – 208 с.
2. Браткова О. Н. Источники питания сварочной дуги. - М: Высшая школа, 1985. – 168 с.
3. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4- х т./ Под. ред. А.И. Акулова и др. - М: Машиностроение, 1978.
4. Трущенко Е. А. Технические основы сварки давлением и плавлением. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 80 с.
5. Дедюх Р. И. Расчёт режимов дуговой сварки. – Томск: Изд-во ТПУ, 1983. – 18 с.
6. Азаров Н. А. Производство сварных конструкций. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. - 96 с.
7. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. – М.: Машиностроение, 1973. -448 с.
8. Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Г. Специальные стали. Учебник для вузов.
9. Ручная дуговая сварка: учебник/ В.Г. Лупачев. – 3-е изд. – Минск: Выш. шк., 2010 – 416 с.: ИЛ
10. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 428с.
11. Колганов Л.А.-Сварочные работы. Сварка, резка, пайка, наплавка, изд. Дашков и Ко, 206 с.
12. Лупачёв В.Г.- Ручная дуговая сварка, Учебник, Высшая школа, 2006, 416 стр. с ил.

13. Патон Б.Е. - Машиностроение Энциклопедия т.IV-6 Оборудование для сварки. 1999.
14. Юхин Н.А – Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газах. – М, 2002.
15. Материалы и их поведение при сварке. Моисеенко В.П. 2009.
16. Шебеко Л. П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки. М., Высш. школа. 1975, 344.
17. Чвертко А. И., Патон В. Е., Тимченко В. А. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки. М., Машиностроение, 1981. 264 с.
18. ГОСТ 5781-82 – Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
19. ГОСТ 10922-2012 – Арматурные и закладные изделия, их сварные вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций.
20. ОСП-72/87 – Основные санитарные правила работы с радиоактивными– веществами и другими источниками ионизирующих излучений.
21. НРБ-99/2009 Нормы радиационной безопасности.
22. ГОСТ 5264-80 – Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
23. ГОСТ 452544-2016 – Прокат арматурной свариваемой стали периодического профиля классов А500С для формирования железобетонных конструкций
24. ГОСТ 2246 – 70 – Проволока стальная сварочная. Технические условия.
25. РД 34.15.132-96 – Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.
26. ГОСТ 14098 – Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры.

27. ГОСТ 12.1.005-88 – Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
28. ГОСТ 12.1.019-79 – Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Электробезопасность
29. ГОСТ Р ИСО 21500-2014 – Руководство по проектному менеджменту

## **Приложение А**

Технологический процесс сборки и сварки арматурного каркаса.