

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии дуговой сварки листов из стали 17ГС</b>

УДК 621.791.75:669.018.29

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1B51	Зеленский Павел Александрович		

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности

Р12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
-----	---

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ А.А. Першина  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В51	Зеленскому Павлу Александровичу

Тема работы:

<b>Разработка технологии дуговой сварки из листов 17ГС</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.05.2019, № 3648/с

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

**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><b>Разработка технологии сборки и сварки листов из стали 17ГС</b></p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение</li> <li>2. Литературный обзор</li> <li>3. Разработка технологии сварки</li> <li>4. Контроль качества сварных швов</li> <li>5. Техника безопасности при проведении сварочных работ</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</li> <li>7. Социальная ответственность</li> <li>8. Заключение</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Название темы, цель, задачи</li> <li>2. Геометрические параметры сварной конструкции</li> <li>3. Форма углового шва таврового соединения</li> <li>4. Определение площадей наплавленного и проплавленного металла</li> <li>5. Карта эскизов</li> <li>6. Маршрутная карта</li> <li>7. Менеджмент и социальная ответственность</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>1-4</p>	<p>Киселёв А.С.</p>
<p>5</p>	<p>Подопригора И.В.</p>
<p>6</p>	<p>Панин В.Ф.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p style="text-align: center;">-</p>	

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

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Киселёв Алексей Сергеевич</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>1В51</p>	<p>Зеленский Павел Александрович</p>		

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

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**  
 Уровень образования **бакалавриат**  
 Отделение **электронной инженерии**  
 Период выполнения **(осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)**  
 Форма представления работы:

<b>бакалаврская работа</b>
----------------------------

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2019 г.	Введение	5
29.04.2019 г.	Описание сварной конструкции. Изучение химического состава, механических свойств и оценка свариваемости стали 17ГС	15
07.05.2019 г.	Разработка технологии дуговой сварки тавровой балки	25
10.05.2019 г.	Контроль качества тавровой балки из стали 17ГС	15
20.05.2019 г.	Техника безопасности при проведении сварочных работ	15
24.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29.05.2019 г.	Социальная ответственность	10
30.05.2019 г.	Заключение	5

**СОСТАВИЛ:  
Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселёв Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 90 с., 14 рис., 31 табл., 23 источников.

Ключевые слова: автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса, тавровая балка, параметры режима автоматической дуговой сварки под флюсом, технология сборки, технология и техника сварки.

Объектом исследования является: сварная тавровая балка из листов стали 17ГС.

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки серийно выпускаемой тавровой балки из стали 17ГС, толщиной 9 мм.

В процессе выполнения ВКР были подобраны: способ дуговой сварки, сварочное оборудование и материалы, сборочно-сварочное приспособление. Разработаны технологические карты.

В результате выполнения ВКР была разработана технология сборки и сварки тавровой балки из стали 17ГС.

Область применения: строительная отрасль.

## Оглавление

Введение.....	10
1 Литературный обзор .....	11
1.1 Общая характеристика и геометрические параметры.....	11
1.2 Химический состав и свойства конструкционных материалов .....	11
1.3 Оценка свариваемости стали .....	14
1.4 Выбор способа дуговой сварки.....	15
1.4.1 Ручная дуговая сварка плавящимся электродом .....	15
1.4.2 Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа CO <sub>2</sub> .....	17
1.4.3 Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса.....	19
2 Разработка технологии сварки.....	22
2.1 Расчёт параметров режима автоматической дуговой сварки под слоем флюса.....	22
2.2 Сварочное оборудование и материалы .....	27
2.2.1 Выбор оборудования для дуговой сварки под слоем флюса.....	27
2.2.2 Выбор сварочных материалов для дуговой сварки под слоем флюса	29
2.3 Подготовка кромок .....	30
2.4 Прогнозируемый химический состав и свойства сварного шва .....	31
2.5 Определение сварочных материалов при сварке под слоем флюса .....	32
2.6 Технология сборки .....	33
2.7 Подготовка сварочных материалов.....	35
2.8 Мероприятия по снижению деформаций и напряжений .....	35
2.9 Технология и техника сварки.....	37
2.10 Контроль качества сварных швов .....	40
2.11 Техника безопасности при проведении сварочных работ .....	42
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	45
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	46
3.1.2 SWOT – анализ .....	47
3.2 Определение возможных альтернатив проведения исследований .....	52



3.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	52
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	52
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	53
3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	54
3.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	55
3.3.5 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	56
3.3.6 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы...	57
3.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	59
3.3.8 Накладные расходы.....	60
3.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	60
3.3.10 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	61
4 Социальная ответственность .....	65
Введение.....	65
4.1 Анализ вредных факторов.....	65
4.1.1 Отклонение параметров микроклимата в помещении .....	66
4.1.2 Шум и вибрация .....	68
4.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	70
4.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	71
4.4 Вредные вещества .....	72
4.5 Пожарная безопасность .....	74
4.6 Электропоражение .....	76
4.7 Экологическая безопасность и предотвращение ЧС .....	77
Заключение .....	80
Список использованных источников .....	81
Приложение А .....	83
Приложение Б .....	86
Приложение В.....	88
Приложение Г .....	90

## **Введение**

Сварка является главным технологическим процессом соединения металлов. Огромное количество преимуществ сварки обеспечили её обширное использование в народном хозяйстве; без неё сейчас невозможно производство мостов, турбин, самолётов, котлов, реакторов и других конструкций, сооружений. Для получения неразъёмного соединения при сварке плавлением кромки металла свариваемых элементов (основной металл) и присадочный материал (сварочный электрод и др.) в месте соединения расплавляются, самопроизвольно сливаются в общую, так называемую сварочную ванну, в которой происходят многие физико-химические процессы и устанавливаются металлические связи.

При удалении источника нагрева металл сварочной ванны кристаллизуется, образуя сварной шов, который и соединяет свариваемые элементы в одно целое. Рядом со швом в основном металле под действием термического цикла сварки образуются различной протяжённости зона термического влияния, металл которой нагрелся в интервале температур плавления – температура критических точек, в результате чего в металле происходят структурные превращения [1].

Целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки серийно выпускаемой тавровой балки из стали 17ГС, толщиной 9 мм. Назначение балки состоит в принятии весовых нагрузок массы самих строений, предмета, поставленного, подвешенного или передвигаемого по поверхности. При этом масса равномерно распределяется, снижается уровень деформации, что предупреждает появление повреждений. Тавровые балки используются в строительстве мостов, в промышленном строительстве, которое не сможет обойтись без тавровых соединений.

## 1 Литературный обзор

### 1.1 Общая характеристика и геометрические параметры

Листы из стали 17ГС толщиной  $\delta=9$  мм, длиной  $L=1000$  мм и шириной  $b=200$  мм. Тип соединения конструкции – тавровое рисунок 1.

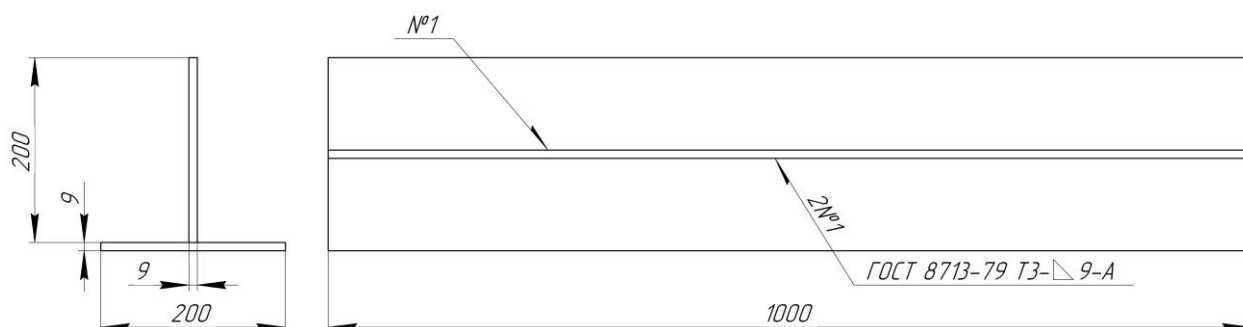


Рисунок 1 – Геометрические параметры

Сварная балка, сечение которой имеет форму тавра, способна выдерживать значительные статические и динамические нагрузки, не теряя при этом, своих эксплуатационных характеристик. Важным фактором является и то, что использование таких сварных балок позволяет снизить вес строительных конструкций, что в итоге уменьшает нагрузку на фундамент здания и на его несущие конструкции.

Производство данной конструкции предназначено для массового изготовления и работы в различных климатических условиях, поэтому конструкция должна выдерживать возложенные на неё усилия и быть устойчивой к динамическим нагрузкам.

### 1.2 Химический состав и свойства конструкционных материалов

Сталь 17ГС – сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций. Снабжение данной сталью регламентируется ГОСТ 19281-89

таблица 1. Механические свойства стали 17ГС приведены в таблице 2. Заменителем является сталь 16ГС.

Таблица 1– Химический состав стали 17ГС, в % (ГОСТ 19281 – 89) [2]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	N	Fe
0,14- 0,2	0,4- 0,6	1,0- 1,4	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,3	до 0,08	до 0,008	~97

Таблица 2 – Механические свойства при T = 20°C стали 17ГС (ГОСТ 19281 – 89) [2]

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение при разрыве, %
520	350	45	23

Одной из отличительных особенностей низколегированной стали 17ГС является повышенная прочность в сравнении с аналогами. Именно поэтому из стали 17ГС изготавливают тонколистовой, широкополосный, фасонный и сортовой прокат. Конструкционная низколегированная сталь 17ГС применяется в производстве вагонов: в основном, для изготовления корпуса вагона метро, железнодорожного вагона, трамвая, локомотива. Кроме того, сталь 17ГС используется для изготовления сельскохозяйственных машин.

Также из низколегированной стали 17ГС создают инженерные сооружения, которые могут работать в условиях переменных динамических нагрузок и сезонных, суточных теплосмен. Сталь 17ГС используется, преимущественно, для изделий без дополнительной термической обработки [2]. Сталь 17ГС входит в состав 4-х сталей широкого применения, а также зачастую используется в трубном производстве.

Применение стали 17ГС:

1) для изготовления сварных металлоконструкций и деталей, которые

работают под давлением при температурах от  $-40$  до  $+475$  °С;

- 2) для изготовления деталей и элементов трубопроводов пара и горячей воды атомных станций (АС), с температурой среды не более  $350$  °С при рабочем давлении менее  $2,2$  МПа ( $22$  кгс/см<sup>2</sup>), сварных переходов, фланцев, сварных тройников и других фасонных деталей трубопроводов АС с температурой эксплуатации от  $-40$  до  $+350$  °С.

Сталь 17ГС и подобные аналоги включают в себя малые количества углерода ( $0,1...0,3\%$ ). Это поясняется тем, что данные детали строительных конструкции как правило соединяются с использованием сварки. Низкое содержание углерода гарантирует отличную свариваемость [3].

Под свариваемостью подразумевают возможное получение сварного соединения, обладающего свойствами равными свойствам основного свариваемого металла: высокое качество, отсутствие сварочных дефектов (трещин, пор, шлаковых включений). От качества свариваемости стали зависит технологический диапазон видов сварки данной стали: чем выше свариваемость стали, тем шире технологический диапазон разных видов сварки этой стали, тем проще сам процесс [3].

Углерод, а также все основные легирующие элементы оказывают неблагоприятное влияние на свариваемость. Тем не менее пределы содержания легирующих элементов в стали, с которых возникает быстрое ухудшение свариваемости для различных элементов, не одинаковы. Также, данные пределы зависят от степени легирования стали другими элементами. Наиболее выгодный вариант свариваемости стали с низким содержанием углерода. Увеличение содержания углерода в нелегированной стали до  $0,15$  % улучшает свариваемость за счет одновременного ограничения роста зерна феррита. Явное ухудшение свариваемости начинается при увеличении содержания углерода сверх  $0,3$  %. Наиболее плох вариант свариваемости стали с содержанием углерода до  $0,5$  %. Для качественной сварки данных сталей необходимы специальные технологические меры, которые будут обеспечивать получение

качественного сварного соединения [2].

Отрицательное воздействие углерода на свариваемость связано с увеличением склонности стали к образованию холодных и горячих трещин, с увеличением хрупкости металла на участках теплового влияния (элементы неравновесных структур).

Низколегированные стали с малым содержанием углерода (0,15 - 0,25 %) составляют основную часть сталей для сварных конструкций и изделий, поэтому влияние легирующих элементов на свариваемость.

### 1.3 Оценка свариваемости стали

Произведен расчет свариваемости низколегированной стали 17ГС.

Полный эквивалент углерода равен:

$$C_{\text{ЭКВ.ПОЛ}} = C_{\text{ЭКВ.Х}} + C_{\text{ЭКВ.Р}}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{ЭКВ.Х}}$  – химический эквивалент углерода в стали;

$C_{\text{ЭКВ.Р}}$  – размерный эквивалент углерода, учитывающий толщину свариваемого материала.

Химический эквивалент содержания углерода подсчитан по формуле [3]:

$$C_{\text{ЭКВ.}} = C_0 + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V + Mo}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}. \quad (2)$$

Согласно химическому составу стали 17ГС (таблица 1) химический эквивалент равен:

$$C_{\text{ЭКВ.}} = 0,17 + \frac{1}{6} + \frac{0,25 + 0 + 0}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,42\%.$$

Определим размерный эквивалент углерода по формуле:

$$C_{\text{ЭКВ.Р}} = 0,005 \cdot S \cdot C_{\text{ЭКВ.Х}}, \quad (3)$$

где  $S$  – толщина свариваемой детали,  $S=9$  мм.

В следствии:

$$C_{\text{ЭКВ.Р}} = 0,005 \cdot 9 \cdot 0,42 = 0,019\%.$$

Следовательно, полное эквивалентное содержание углерода равно:

$$C_{\text{ЭКВ.ПОЛ}} = 0,42 + 0,019 \approx 0,44\%.$$

Так как  $C_{\text{ЭКВ.ПОЛ}}$  входит в диапазон  $0,35\% < C_{\text{ЭКВ.ПОЛ}} \leq 0,45\%$  можно сделать вывод, что свариваемость у стали ограниченная и необходим предварительный подогрев.

Производим расчёт температуры предварительного подогрева деталей, используя выражение для ее определения [4]:

$$T_n = 350 \cdot \sqrt{C_{\text{ЭКВ.ПОЛ}} - 0,25}, \quad (4)$$

$$T_n = 350 \cdot \sqrt{0,44 - 0,25} = 350 \cdot 0,437 = 153^\circ\text{C}.$$

Стали этой группы относятся к хорошо сваривающимся практически всеми видами сварки. Главные требования при их сварке – обеспечение равнопрочности сварного соединения основному металлу, отсутствие дефектов, соответствующая требованиям форма сварного шва, производительность и экономичность. При сварке плавлением эти требования обеспечиваются выбором и применением.

## **1.4 Выбор способа дуговой сварки**

В данной ВКР будут рассматриваться три способа дуговой сварки:

1. ручная дуговая сварка покрытым плавящимся электродом;
2. механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа  $\text{CO}_2$ ;
3. автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса.

### **1.4.1 Ручная дуговая сварка плавящимся электродом**

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами – это способ сварки плавлением, при котором дуга горит между плавящимся металлическим электродом и сварочной ванной, поверхность которой защищается от воздуха

за счет расплавления электродного покрытия рисунок 2. Подача электрода в сварочную ванну и его перемещение вдоль стыка производится сварщиком вручную [1].

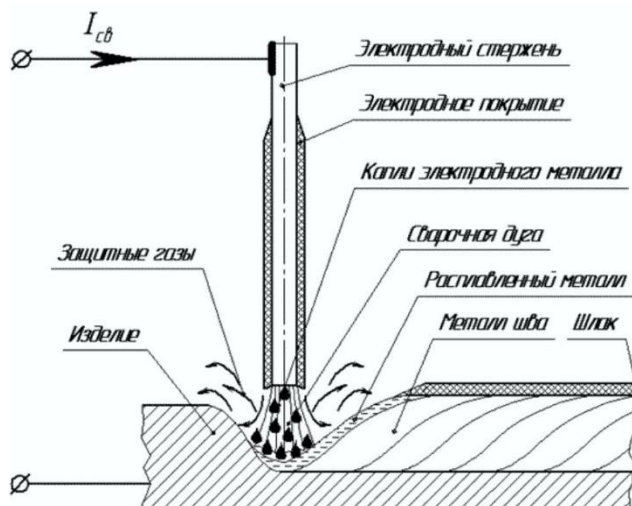


Рисунок 2 – Схема процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами[1]

Преимущества и недостатки ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Преимущества ручной дуговой сварки:

- Возможность производства сварочных работ в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- сравнительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;
- простота и мобильность сварочного оборудования.

Недостатки ручной дуговой сварки:

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;



- качество сварного соединения на прямую зависит от степени квалификации сварщика;
- вредные условия процесса сварки.

Дуговая сварка металлическими покрытыми электродами в настоящее время остаётся одним из самых распространённых методов, используемых при изготовлении сварных конструкций. Но для процесса производства данной конструкции ручная дуговая сварка покрытыми электродами не подходит из-за ряда недостатков.

#### **1.4.2 Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа CO<sub>2</sub>**

Механизированной дуговой сваркой плавящимся электродом называется дуговая сварка, при которой подача плавящегося электрода или присадочного металла, или относительное перемещение дуги и изделия выполняется с помощью механизмов.

При механизированной дуговой сварке плавящимся электродом в качестве плавящегося электрода используется проволока сплошного сечения, порошковая и самозащитная порошковая проволока рисунок 3. В случае применения проволоки сплошного сечения или порошковой проволоки для защиты сварочной дуги и наплавленного металла используются защитные газы. Защитный газ, обволакивает зону дуги, защищает её от вредного воздействия окружающей среды. При несоблюдении специальных защитных мер химический состав и механические свойства наплавленного металла резко ухудшаются. Теплотой сварочной дуги расплавляется основной и присадочный металл. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, в ходе чего образуется сварной шов [1].

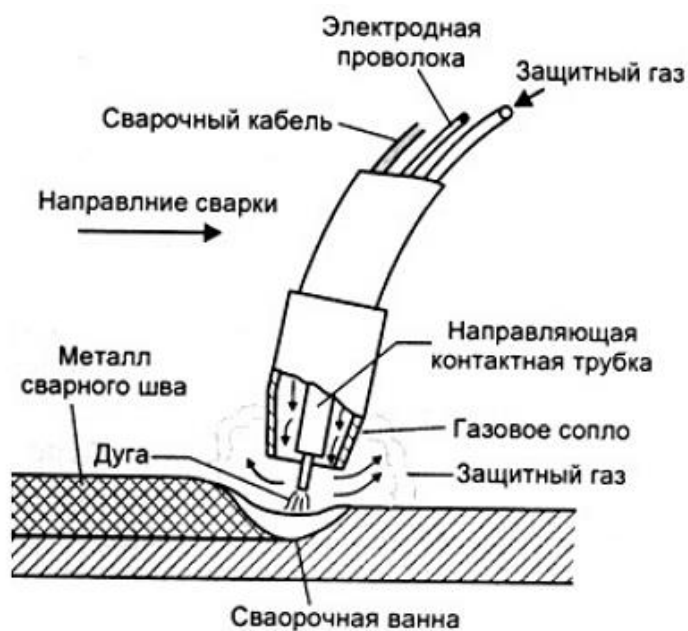


Рисунок 3 – Схема процесса механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитного газа [1]

Основные преимущества:

- высокая производительность сварки, которая достигается вследствие правильного использования тепла сварочной дуги;
- высокое качество сварных швов;
- возможность сварки в различных пространственных положениях с применением полуавтоматической и автоматической сварки;
- низкая стоимость защитного газа;
- возможность сварки на весу без подкладки;
- требуется менее квалифицированный персонал по сравнению с ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

К недостаткам этого процесса по сравнению с ручной дуговой сваркой покрытыми электродами можно отнести следующее:

- оборудование более сложное в эксплуатации и более дорогостоящее;
- сложнее выполнять сварку в труднодоступных местах, так как сварочная горелка, как правило, крупнее электрододержателя и должна находиться близко к зоне сварки, что не всегда возможно;

- более сложная взаимосвязь между параметрами сварки; предъявляются более высокие требования к очистке и подготовке кромок, более сильное излучение от сварочной дуги.

Не смотря на то что механизированная сварка в среде защитных газов нашла широкое применение в промышленности, но для массового и автоматизированного процесса данный вид дуговой сварки не подходит.

### **1.4.3 Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса**

Сущность процесса: дуга горит между голой электродной проволокой 1 и основным металлом, находящимся под слоем флюса 3 рисунок 4. В расплавленном флюсе 5 газами и парами флюса и расплавленного металла образуется полость – газовый пузырь 4, в котором горит сварочная дуга. Давление газов в газовом пузыре составляет  $7-9 \text{ г/см}^2$ , но в сочетании с механическим давлением, создаваемым сварочной дугой, его достаточно для оттеснения жидкого металла из-под дуги, что улучшает теплопередачу от сварочной дуги к основному металлу. Увеличение силы сварочного тока повышает механическое давление дуги и глубину проплавления основного металла  $H_{\text{пр}}$ .

Кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны 7 приводит к образованию сварного шва 6. Затвердевший флюс образует шлаковую корку на поверхности шва. Расплавленный флюс эффективно защищает расплавленный металл от взаимодействия окружающей среды. Металлургические взаимодействия между расплавленным металлом и шлаком способствуют получению металла шва с необходимым химическим составом. В отличие от ручной дуговой сварки покрытыми электродами при сварке под слоем флюса, так же, как и при механизированной сварке в защитных газах, токоподвод к

электродной проволоке 2 осуществляется на небольшом расстоянии от дуги (до 70 мм). Это позволяет без перегрева использовать повышенные сварочные токи (до 2000 А) [1].

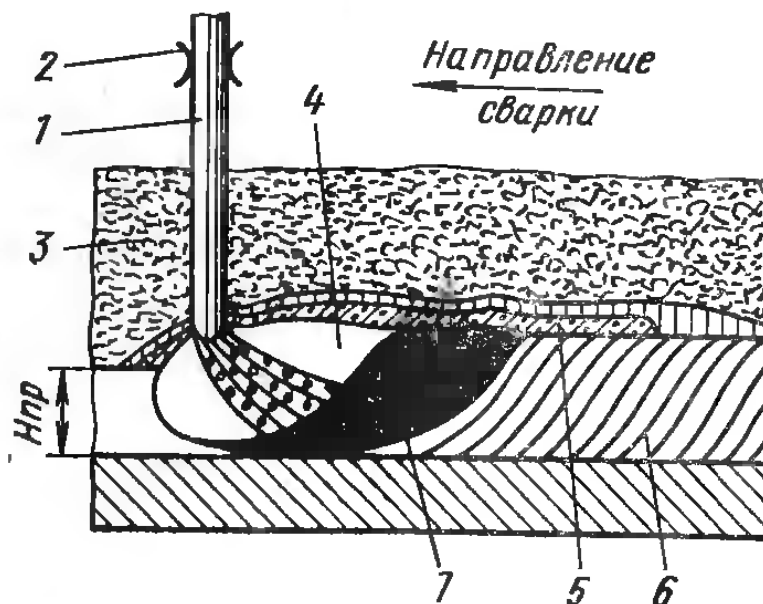


Рисунок 4 – Схема процесса сварки под слоем флюса [1]

Основные преимущества данного способа сварки:

- высокая производительность процесса;
- высокое качество и стабильность свойств сварного соединения;
- улучшенные условия работы;
- низкий расход сварочных материалов и электроэнергии по сравнению с ручной дуговой сваркой плавящимся электродом;
- минимальное выгорание легирующих элементов;
- возможность легирования металла шва через сварочный флюс;
- лёгкая автоматизация и механизация процесса.

Основные недостатки данного способа сварки:

- возможность сварки только в нижнем положении, либо сварка в лодочку;
- трудность процесса сварки металлов небольшой толщины;

- отсутствует возможность визуального контроля процесса сварки;
- опасность схода сварочной головки со сварочных кромок;
- необходимость удержания расплавленного металла;
- цеховые условия труда.

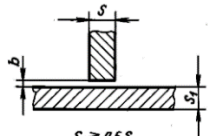
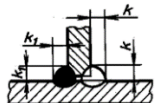
Исходя из исследованных способов дуговой сварки наиболее подходящий для массового производства тавровых балок, является автоматическая дуговая сварка под флюсом, которая позволяет автоматизировать процесс сварки, тем самым увеличить производительность производства сварных конструкций.

## 2 Разработка технологии сварки

### 2.1 Расчёт параметров режима автоматической дуговой сварки под слоем флюса

К основным параметрам режима автоматической дуговой сварки под слоем флюса, определяемых расчётом, относятся: сварочный ток, напряжение дуги, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки. Зазор выставляется согласно таблице 3.

Таблица 3 – Геометрические параметры шва и подготовка кромок под сварку по ГОСТ 8713-79 [4]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	Размеры, мм		
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		s	b	
					Номин.	Пред. откл.
ТЗ			АФШ; МФШ	От 3 до 5	+1,5	
				Св. 5 до 9	+2,0	
				Св. 9 до 10	+3,0	
				Св. 10 до 14		
Св. 14 до 20						

Расчёт параметров режима сварки:

Согласно ГОСТ 8713-79 для сварки под флюсом пластин толщиной 9 мм принимаем диаметр проволоки  $d_3=3$  мм. Катет шва  $K=4$  мм.

1) Величина сварочного тока  $I_{св}$ :

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4 \cdot j}, \quad (5)$$

где  $d_3$  – диаметр электрода, мм;

$j$  – допускаемая плотность тока, А/мм<sup>2</sup> [1].

Принимаем  $j=60$  А/мм<sup>2</sup>.

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4 \cdot 60} = 424 \text{ А.}$$

2) Напряжение дуги:

$$U_{\text{д}} = \frac{20+50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3} \cdot I_{\text{св}}}, \quad (6)$$

$$U_{\text{д}} = \frac{20+50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 424} = 32 \text{ В.}$$

3) Скорость сварки:

$$v_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  - коэффициент наплавки, г/А ч;

$\gamma=7,8$  - плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>.

Так как при сварке под флюсом потери металла составляют 2-3%, то  $\alpha_{\text{н}} \approx \alpha_{\text{р}}$ .

Рассчитаем коэффициент расплавления по формуле:

$$\alpha_{\text{р}} = \alpha_{\text{р}}^0 + \alpha_{\text{р}}^{\text{м}}; \quad (8)$$

где  $\alpha_{\text{р}}^0$  – составляющая коэффициента расплавления электрода, обуславливаемая тепловложением сварочной дуги, Г/А · ч ;

$\alpha_{\text{р}}^{\text{м}}$  - составляющая коэффициента расплавления, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, Г/А · ч ·

При сварке под флюсом на постоянном токе обратной полярности удельное количество теплоты, выделяющееся в приэлектродной области, изменяется в небольших пределах, и составляющая коэффициента расплавления равна

$$\alpha_{\text{р}}^0 = 11,6 \pm 0,4 \text{ Г/А} \cdot \text{ч} \text{ ,} \quad (9)$$

Принимаем  $\alpha_{\text{р}}^0 = 12 \text{ Г/А} \cdot \text{ч} \cdot$

Величина второй составляющей коэффициента расплавления может быть рассчитана по уравнению, предложенному Б. К. Панибратцевым [3]:

$$\alpha_{\text{р}}^{\text{м}} = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}} \cdot \frac{1}{d_3^2} = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{424} \cdot \frac{4}{0,3^2} = 2,84 \text{ Г/А} \cdot \text{ч}; \quad (10)$$

$$\alpha_p = \alpha_p^0 + \alpha_p^m = 12 + 2,84 = 14,84 \text{ Г/А} \cdot \text{ч} \cdot$$

$$v_{\text{св}} = \frac{14,84 \cdot 424}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,405} = 0,55 \text{ см/с} = 19,8 \text{ м/ч}.$$

4) Погонная энергия:

$$g_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{и}}}{v_{\text{св}}}, \quad (11)$$

где  $I_{\text{св}}$  - сварочный ток;

$U_{\text{г}}$  - напряжение;

$V_{\text{св}}$  - скорость сварки;

$\eta_{\text{и}}=0,85 \div 0,95$  – эффективный КПД для дуговой сварки под флюсом.

$$g_{\text{п}} = \frac{424 \cdot 32 \cdot 0,85}{0,55} = 20,9 \text{ кДж/см}.$$

5) Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{\text{п.эл.п.}} = \frac{\alpha_p \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{эл}}}, \quad (12)$$

где  $F_{\text{эл}}$  - площадь поперечного сечения электродной проволоки,

$$F_{\text{эл}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 9}{4} = 7,065 \text{ мм}^2 = 0,0707 \text{ см}^2. \quad (13)$$

$$V_{\text{п.эл.п.}} = \frac{14,84 \cdot 424}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,0707} = 3,15 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 113,4 \text{ м/ч}$$

б) Определяем глубину проплавления:

$$H = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot e \cdot c_p \cdot T_{\text{пл}} \cdot \psi_{\text{пр}} \cdot V_{\text{св}}}}, \quad (14)$$

где  $q$  - эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж;

$c_p$  - объёмная теплоёмкость, Дж/см<sup>3</sup>;

$T_{\text{пл}}$  - температура плавления металла.

Подставив значения постоянных составляющих, выражение примет следующий вид:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}}.$$

Определяем коэффициент формы провара.



$$\psi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}} = 0,8 \cdot (19 - 0,01 \cdot 424) \cdot \frac{3 \cdot 32}{424} = 2,67, \quad (15)$$

где  $K'$  - коэффициент формы провара, величина которого зависит от рода и полярности тока.  $K'$  при плотности тока меньшей  $120 \text{ А/мм}^2$  при сварке на постоянном токе обратной полярности определяется соотношением:

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot 60^{0,1925} = 0,8 \quad (16)$$

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}} = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{20,9 \cdot 10^3}{2,67}} = 0,355 \text{ см};$$

7) Площадь наплавленного металла:

$$F_{\text{н}} = \frac{K^2}{2}, \quad (17)$$

где  $K$  - катет шва, мм;

$$F_{\text{н}} = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ мм}^2 = 0,08 \text{ см}^2.$$

8) Высота валика сварного шва:

$$q = \sqrt{F_{\text{н}}}, \quad (18)$$

$$q = \sqrt{0,08} = 0,28 \text{ см} = 2,8 \text{ мм}.$$

9) Величина проплавления вертикальной стенки:

$$S_{\text{в}} = (0,8 - 0,1) \cdot H, \quad (19)$$

$$S_{\text{в}} = 0,8 \cdot 0,355 = 0,284 \text{ см} = 2,84 \text{ мм}.$$

10) Общая высота сварного шва:

$$C = H + q, \quad (20)$$

$$C = 0,355 + 0,28 = 0,635 \text{ см} = 6,35 \text{ мм}$$

Зная значения высоты шва, высоты валика, величину проплавления вертикальной стенки получим форму шва, как это показано на рисунке 5.

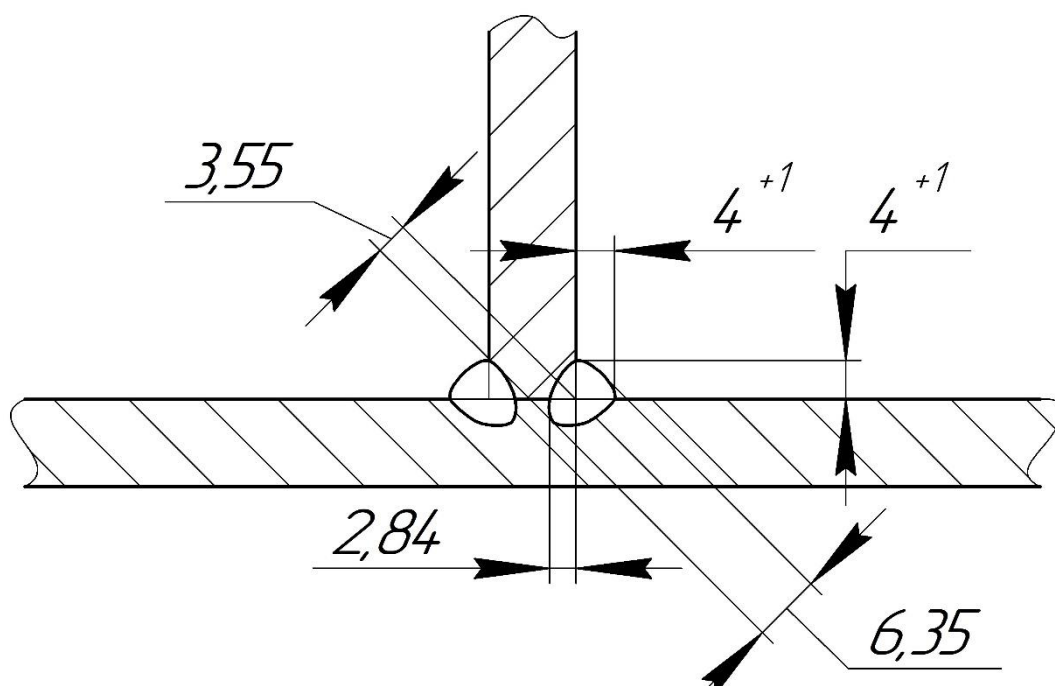


Рисунок 5 – Форма углового шва таврового соединения

11) Мгновенная скорость охлаждения металла в околошовной зоне:

$$\omega_0 = \omega \cdot 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{(T - T_0)^2}{q_n}, \quad (21)$$

где  $\omega = f\left(\frac{1}{\theta}\right)$  – безразмерный критерий;

$\lambda$  – теплопроводность, Вт/см·°С;

$c\rho$  – объёмная теплоемкость, Дж/см<sup>3</sup>·°С;

$T_0$  – начальная температура изделия, °С;

$T$  – температура наименьшей устойчивости аустенита, °С.

Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей:

$\lambda=0,39$ ;  $c\rho=4,9$ ;

$T=550-600$  °С;  $T_0=25$  °С

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot q_n}{\pi \cdot \delta^2 \cdot c\rho \cdot (T - T_0)} \quad (22)$$

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 12850}{3,14 \cdot 30^2 \cdot 4,9 \cdot (600 - 20)} = 0,0032, \Rightarrow \omega = 1;$$

$$\omega_0 = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,39 \cdot \frac{(600 - 20)^2}{20900} = 40 \text{ } ^\circ\text{C/c.}$$

## **2.2 Сварочное оборудование и материалы**

Необходимые источники питания должны удовлетворять следующим основным требованиям:




- возможности функционирования при периодических коротких замыканиях сварочной цепи, происходящих при зажигании дуги, так и в процессе сварки;
- значение тока короткого замыкания должно быть в 1,5-2 раза больше значения рабочего тока;
- напряжение холостого хода источника питания должно позволять легко зажигать дугу, обеспечивать устойчивое ее горение и быть безопасным для сварщика при соблюдении им правил техники безопасности;
- возможности регулировки сварочного тока в широком диапазоне;
- масса и габариты источника питания должны быть как можно меньше.

### **2.2.1 Выбор оборудования для дуговой сварки под слоем флюса**

Сварку осуществляют на постоянном токе обратной полярности, что позволит добиться большой глубины проплавления и исходя из этого подбираем необходимый источник питания.

Исследуем 3 различных источника питания: Idealarc DC - 1000, Idealarc DC-1500 и Power Wave 1000 AC/DC (Lincoln Electric, США) [5]. Характеристики сварочного оборудования представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики выбранных источников питания [5]

Характеристики источника питания			
Наименование источника питания	Idealarc DC-1000	Idealarc DC-1500	Power Wave 1000 AC/DC
Номинальный сварочный ток, А	1000	1500	1000
Номинальное напряжение, В	44	44	44
Диапазоны регулирования напряжения, В	16-46	20-60	16-46
ПВ, %	100	100	100
КПД, %	85	85	86
Размеры, мм	781 x 572 x 991	1453 x 566 x 965	1105x488x838
Масса, кг	372	644	295

Все характеристики вышеперечисленных источников питания удовлетворяют рассчитанному режиму дуговой сварки под слоем флюса.

Выбираем источник питания Power Wave 1000 AC/DC - по сравнению со своими оппонентами обладает лучшими массогабаритными показателями. Данный источник обладает множеством преимуществ, которые представлены в электронном ресурсе [5].

Для источника питания Power Wave 1000 AC/DC, компанией «Lincoln Electric» уже подобрано оптимальное оборудование для сварки под слоем флюса. Система сварки под флюсом Power Wave AC/DC 1000TM включает в себя: источник питания Power Wave 1000 AC/DC, контроллер PowerFeed 10A,

сварочную головку PowerFeed 10S, самодвижущуюся тележку TC3 (рисунок 6) [5].

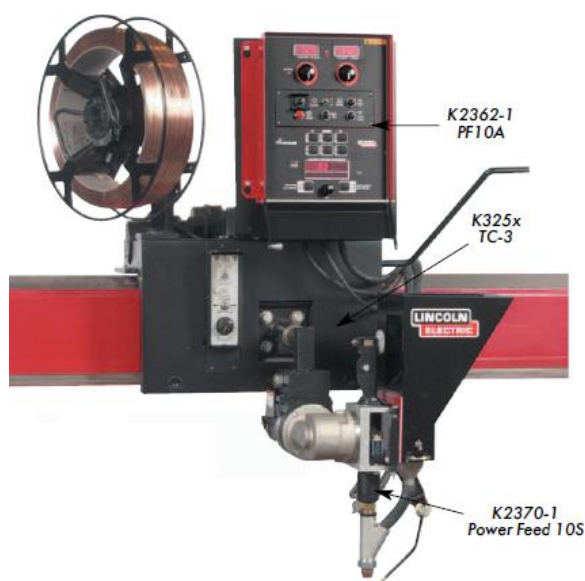


Рисунок 6 – Подача проволоки Lincoln Electric PowerFeed 10A [5]

### 2.2.2 Выбор сварочных материалов для дуговой сварки под слоем флюса

Автоматическую сварку под слоем флюса обычно выполняют электродной проволокой диаметром 3-5 мм, полуавтоматическую сварку проволокой диаметром 1,2-2 мм.

Равнопрочность соединения достигается за счет подбора соответствующих составов электродных проволок и сварочных флюсов, правильного подбора режимов и технологии сварки. При сварке низкоуглеродистых сталей в большинстве случаев применяют флюсы марок АН-348-А и ОСЦ-45 и низкоуглеродистые электродные проволоки марок Св-08 и Св-08А. При сварке ответственных конструкций, а также ржавого металла рекомендуется использовать электродную проволоку марки Св-08ГА [1].

Применение указанных материалов позволяет получить металл шва с механическими и химическими свойствами, равными или превышающими свойства основного металла. При сварке низколегированных сталей используют те же флюсы и электродные проволоки марок Св-08ГА, Св-10ГА и Св-10Г2. Легирование металла шва марганцем за счет проволок и кремнием за счет провара основного металла при подборе соответствующего термического цикла (погонной энергии) позволяет получить металл сварного шва с требуемыми механическими свойствами. При использовании указанных материалов достигается высокая стойкость металла швов против образования пор и кристаллизационных трещин.

Согласно рекомендациям [1], выбираем сварочную проволоку Св-08ГА и сварочный флюс АН-348-А, химический состав проволоки предоставлен в таблице 5 согласно ГОСТ 2246-70 и согласно ГОСТ 9087-81 – Флюсы сварочные плавные, химический состав флюса представлен в таблице 6.

Таблица 5 – Типичный химический состав сварочной проволоки Св-08ГА, % [6]

С	Mn	Si	S	P	Fe
≤ 0,1	0,8-1,1	≤ 0,03	≤ 0,2	≤ 0,02	Ост.

Таблица 6 – Типичный химический состав сварочного флюса АН-348-А, % [7]

SiO <sub>2</sub>	MnO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
40-44	31-38	≤7	≤6	3-6	≤12	0,5-2	≤0,12	≤0,12

### 2.3 Подготовка кромок

Для данного типа изделия разделка кромок не предусмотрена, но зачистка кромок и околошовной зоны обязательна. Подготовка (зачистка) кромок под сварку означает полное удаление включений и дефектов до

появления характерного металлического блеска. Зачистка кромок осуществляется с двух сторон шириной не менее 20 мм [1]

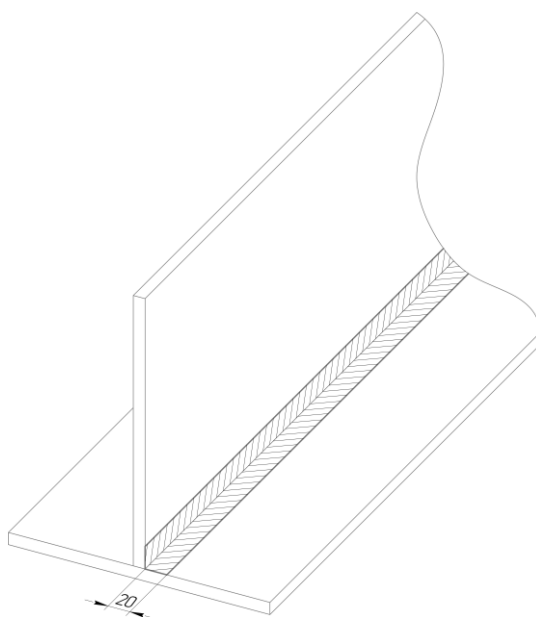


Рисунок 7 – Зона зачистки кромок

Способы зачистки кромок:

- Ручной;
- Механизированный.

#### 2.4 Прогнозируемый химический состав и свойства сварного шва

Содержание рассматриваемого элемента в металле шва определяется на основании правила смешения по формуле (25) [1]:

$$[X]_{\text{ш}} = \gamma_1 \cdot [X]_{\text{ОМ}} + (1 - \gamma_1) \cdot [X]_{\text{э}} \pm \Delta x, \quad (25)$$

где  $[X]_{\text{ш}}$  – концентрация рассматриваемого элемента в металле шва;

$[X]_{\text{ОМ}}$  – концентрация рассматриваемого элемента в основном металле;

$\gamma_1$  – доля участия основного металла в металле шва;

$(1 - \gamma_1)$  – доля участия электродного металла в металле шва;

$[X]_{\text{э}}$  – концентрация рассматриваемого элемента в электродном металле;

$\Delta x$  – переход данного элемента из покрытия в шов или его выгорание.

Определяем долю участия основного металла в формировании шва:

$$\gamma_1 = \frac{F_{\text{пр}}}{(F_{\text{пр}}+F_{\text{н}})} = \frac{96,2}{(96,2+40,5)} = 0,7, \quad (26)$$

где  $F_{\text{пр}} = 96,2 \text{ мм}^2$  - площадь проплавления основного металла;

$F_{\text{н}} = 40,5 \text{ мм}^2$  - площадь наплавленного металла.

Определяем химический состав шва при автоматической сварке под слоем флюса, %:

$$[\text{C}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,2 + (1 - 0,7) \cdot 0,10 = 0,17\%;$$

$$[\text{Si}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,6 + (1 - 0,7) \cdot 0,03 = 0,43\%;$$

$$[\text{Mn}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 1,4 + (1 - 0,7) \cdot 1 = 1,28\%;$$

$$[\text{Cr}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,3 + (1 - 0,7) \cdot 0 = 0,21\%;$$

$$[\text{Ni}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,3 + (1 - 0,7) \cdot 0 = 0,21\%;$$

$$[\text{Cu}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,3 + (1 - 0,7) \cdot 0 = 0,21\%;$$

$$[\text{S}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,04 + (1 - 0,7) \cdot 0,2 = 0,088\%;$$

$$[\text{P}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,035 + (1 - 0,7) \cdot 0,02 = 0,031\%;$$

$$[\text{As}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,08 + (1 - 0,7) \cdot 0 = 0,056\%;$$

$$[\text{N}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,008 + (1 - 0,7) \cdot 0,10 = 0,0056\%.$$

Были разработаны карта эскизов приложение А и маршрутная карта по производству тавровой балки приложение Б.

## **2.5 Определение сварочных материалов при сварке под слоем флюса**

Резкое увеличение повышение абсолютной величины тока и плотности тока в электроде без увеличения потерь на угар и разбрызгивание и без ухудшения формирования шва возможно благодаря наличию плотного слоя флюса вокруг зоны сварки; это предотвращает выдувание жидкого металла шва из сварочной ванны и сводит потери на угар и разбрызгивание до 1-3 % [8]. Поэтому расход сварочной проволоки можно рассчитать по формуле:

$$G_3 = G_{\text{н}} \cdot 1,03, \quad (27)$$



где  $G_H$  - рассчитывается по формуле (28):

$$G_H = F_H \cdot l_{ш} \cdot \gamma = 0,405 \cdot 1000 \cdot 7,8 = 3182 \text{ г}, \quad (28)$$

$$G_э = G_H \cdot 1,03 = 12636 \cdot 1,03 = 3277 \text{ г}.$$

Расход сварочного флюса при сварке прямо пропорционально зависит от количества наплавленного металла:

$$Q_ф = 1 \dots 1,3 \cdot G_H = 1,2 \cdot 13015 = 3932 \text{ г}. \quad (29)$$

## 2.6 Технология сборки

Все поступающие на сборочную площадку изделия и элементы конструкции должны быть до начала сборки проконтролированы мастером (или другим ответственным лицом) на наличие клейм, маркировки, а также сертификатов завода-изготовителя, подтверждающих соответствие материалов их назначению. Детали под сварку должны поступать обработанными в соответствии с требованиями РД 34.15.132-96, чертежей и технологических процессов на их изготовление. При отсутствии клейм, маркировки или сертификатов изделия и элементы конструкций к дальнейшей обработке не допускаются.

Согласно техническому заданию подготовить основной материал к сборке, необходимо вырезать заготовки из металлопроката заданных габаритов. Зачистить и подготовить кромки. Далее необходимо погрузить подготовленные заготовки на сборочный стан, для дальнейшей компоновки и выполнения прихваток с последующим наложением сварных швов.

После укладки листов на сборочный стенд, необходимо выставить стенку строго по середине полки и выставить необходимый зазор между полкой и стенкой, зазор равен  $0^{+2,0}$  мм; после чего необходимо поставить прихватки. Прихватки выполняются механизированной дуговой сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа  $CO_2$ , следовательно, прихватки проставляются с обеих сторон стенки к полке. Прихватки выполняются длиной 40-50 мм; с расстоянием между прихватками 100-150 мм. Катет шва прихватки

должен быть 3-5 мм, при наложении основного шва прихватки должны быть полностью переплавлены. Прихватки должны быть зачищены и проконтролированы [9]. После окончания сварки со шва и околошовной зоны должен быть удален шлак, наплывы и брызги металла. Удаление шлака должно производиться после остывания шва (через 1— 2 минуты после потемнения).

При сварке тавровых тавровых балок рекомендуется использование входных и выводных планок. При сварке в начале шва, когда основной металл ещё недостаточно прогрет, возможно образование непроваров. В конце шва в заплавленном кратере могут образовываться поры и трещины, поэтому сварку следует начинать на входных, а заканчивать на выходных технологических планках рисунок 12, которые после остывания шва удаляют.

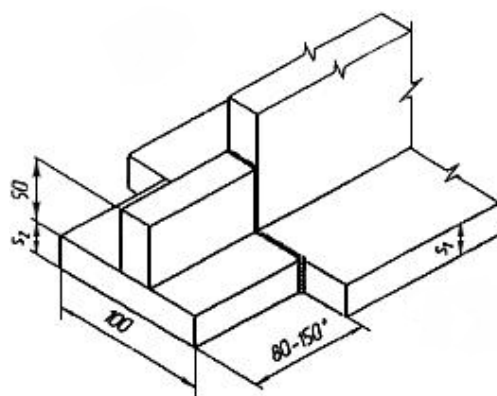


Рисунок 8 – Входные и выводные планки [3]

Входные и выходные технологические планки являются также и скрепляющими элементами при сборке, поэтому их следует приваривать электродной проволокой, предназначенной для сварки стали данной марки, обязательно с полным проваром. Если провар будет неполным, то в начале шва возможно образование продольных горячих трещин, которые могут распространяться и на основной шов [3].

## 2.7 Подготовка сварочных материалов

Для автоматической сварки плавящимся электродом под слоем флюса необходима, чтобы сварочная проволока и флюс соответствовали требованиям к спецификации на них. На сварочной проволоке не должно быть ржавчины, окалины и следов смазки и других различных загрязнений.

Перед использованием плавные флюсы должны быть прокалены в печи рисунок 14 при температуре 300-350°C в течение 1,5 часов, агломерированный флюс - при температуре 300°C в течение 2 часов. Высота слоя флюса при прокалке - не более 6 см. Для выполнения прокалки запрещается использование самодельных сушильно-прокалочных устройств [9].



Рисунок 9 – Печь для прокалки флюса [9]

## 2.8 Мероприятия по снижению деформаций и напряжений

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно расчленить на две основные группы:

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений или уменьшающие их влияние;

- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие возникших напряжений.

К первой группе мероприятий можно отнести выбор правильной последовательности сварки изделия, закрепление, предварительный обратный выгиб, подогрев, интенсивное охлаждение свариваемых деталей и некоторые другие.

Предварительный выгиб свариваемых деталей может быть применён как для борьбы с деформациями из плоскости, так и с деформациями в плоскости. Обратный выгиб свариваемых кромок широко применяется для борьбы с угловыми деформациями стыковых соединений.

Интенсивное охлаждение сварных соединений приводит к сужению участка действия температур, вызывающих пластические деформации при сварке.

Подогрев применяют для предотвращения напряжений и последующих деформаций при сварке. Подогрев снижает неравномерность распределения температур и тем самым может уменьшить или совершенно устранить действие основного фактора, вызывающего сварочные напряжения и деформации.

Пластической деформацией сварных швов и околошовной зоны можно достичь уменьшения и даже полного снятия сварочных напряжений, а также остаточных деформаций. Это может быть достигнуто путём местной обработки швов и околошовной зоны, при которой в них дополнительно создаются пластические деформации растяжения, устраняющие деформации сжатия, возникающие при сварке. Такая обработка швов достигается проколачиванием или проковкой. Проколачивание шва в горячем состоянии следует производить при температурах металла не ниже  $500^{\circ}\text{C}$ , чтобы не попасть в интервал температур пониженной его пластичности. Холодное проколачивание шва и околошовной зоны производят от температуры, не превышающей  $100^{\circ}\text{C}$ , до обычной.

Наиболее эффективным способом полного снятия напряжений является термическая обработка, которой довольно часто подвергают сварные изделия из легированных сталей.

Для снятия напряжений назначается высокий отпуск. При такой термической обработке сварочные напряжения снимаются за счёт того, что при нагреве предел текучести материала сильно падает при температуре  $600^{\circ}\text{C}$  близок к нулю; поэтому материал не оказывает сопротивление пластическим деформациям, благодаря чему внутренние остаточные напряжения полностью исчезают [2].

## 2.9 Технология и техника сварки

Сварочный процесс данной конструкции состоит из нескольких этапов сварки листов и механическая обработка шва после завершения процесса сварки.

После завершения процесса сборки на сборочном стенде заготовка поступает на сварочный стенд, где она укладывается под необходимым углом для возможности проведения сварочного процесса в лодочку.

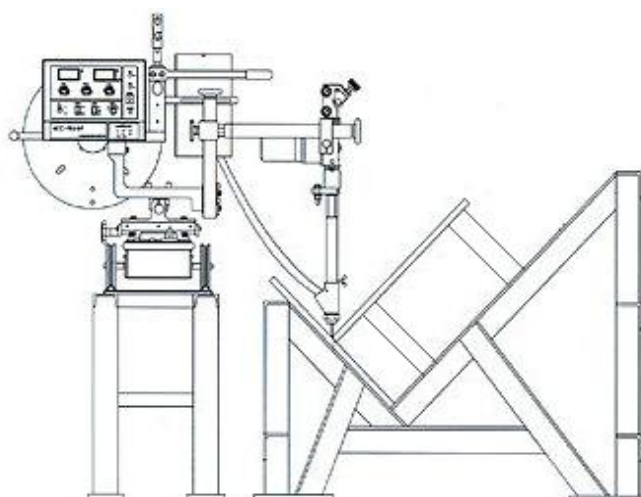
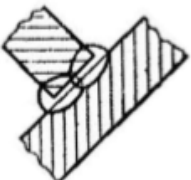


Рисунок 10 – Сварочный процесс выполнения сварного соединения автоматической дуговой сваркой под флюсом (в лодочку) [1]

При проведении сварочных работ необходимо соблюдать режимы сварки, указанные в таблице 7.

Таблица 7 – Параметры режима сварки [8]

<b>Режимы автоматической сварки под флюсом</b>						
Эскиз сварного соединения и выполненного шва	Толщина проката или катет шва, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Параметры режима сварки			
			Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Количество слоев
	4	3	34-36	600-650	55-60	1
	5			650-700	45-5	
	6			750-800	40-45	
	8	4	36-38	850-900	35-37	1
	10			900-950	32-35	
	12			950-1000	30-32	
14	1000-1100			26-28		

После выполнения сварного шва с одной стороны, заготовка проворачивается на 180° для выполнения сварного шва с другой стороны, при этом необходимо выполнять все требования по сборке и сварке. После окончания сварки со шва и околошовной зоны должен быть удален шлак наплывы и брызги металла. Удаление шлака должно производиться после остывания шва (через 1- 2 минуты после потемнения).

Если по завершению сварочных работ и остывания детали она деформировалась, то изделие необходимо отправить на правильный стан, на котором осуществляется правка дефектов и неровностей.



Рисунок 11 – Правильный стан [9]

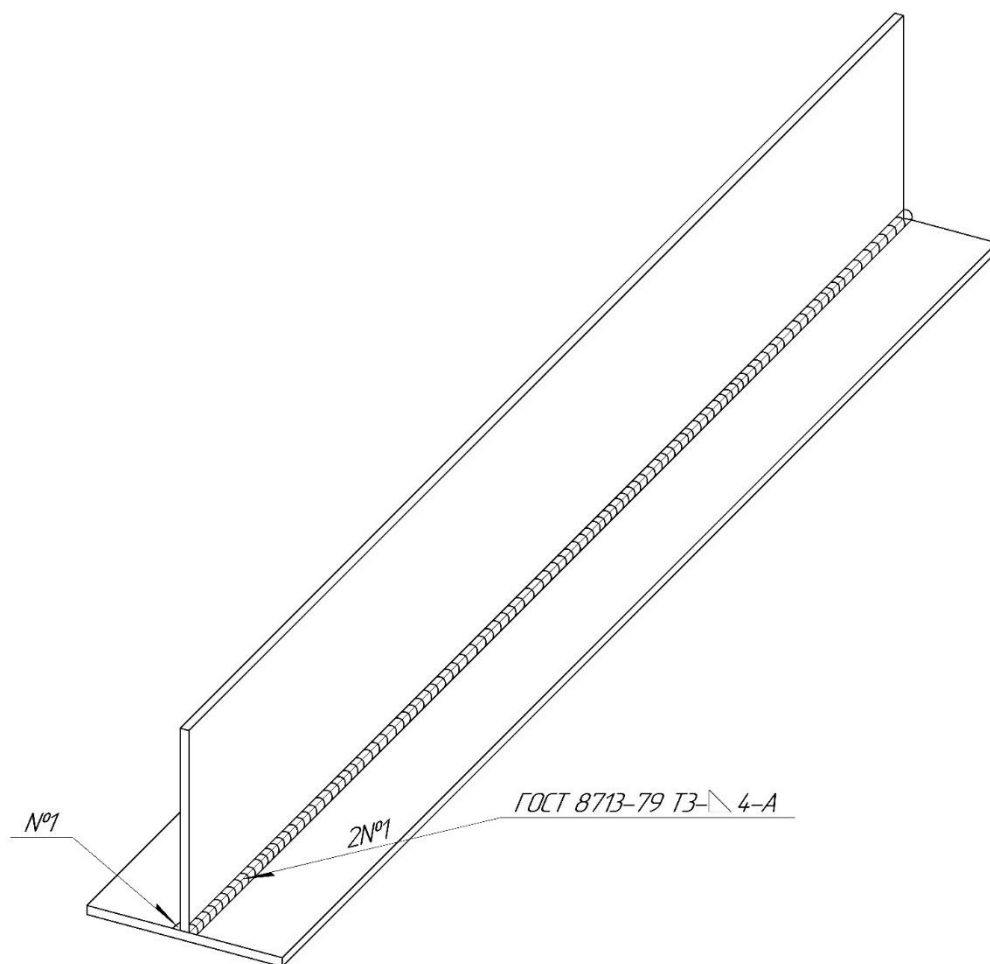


Рисунок 12 – Итоговый чертёж изготовленной сварной конструкции

## 2.10 Контроль качества сварных швов

После завершения сварочных работ необходимо проконтролировать сварные соединения. Для этого необходимо воспользоваться двумя видами неразрушающего методами контроля сварных соединений:

- визуально-измерительный контроль сварных соединений;
- рентгенографический контроль сварных соединений.

Визуально-измерительный метод контроля сварных швов позволяет выявить такие виды дефектов как:

- неправильный катет шва;
- ошибочные пропорции относительно ширины и высоты наплавленного металла;
- прожоги;
- редкую чешуйчатость;
- открытые кратеры сварочной ванны;
- наплывы металла;
- подрезы высокой силой тока;
- изменение цвета металла (из-за перегрева или неправильного материала присадки);
- непроваренные участки.

Необходимое оборудования для проведения визуально-измерительного контроля рисунок 19. ГОСТ 23479-79 указывает и на применение конкретного оборудования и инструментов для качественного исследования визуальным способом [11].

- измерительные лупы;
- сварочные шаблоны для проверки параметров геометрии швов;
- угольники для проверки 90 градусов;
- угломеры с нониусом;
- щупы для контроля выдержки зазоров;



- микрометры;
- штангельциркули;
- линейки и рулетки.

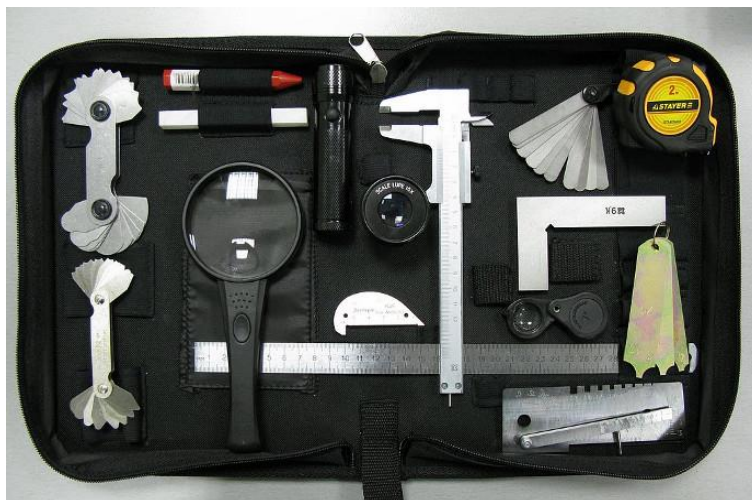


Рисунок 13 – Оборудования для проведения ВИК [11]

Для надлежащего обследования и контроля необходимо хорошее освещение, поэтому у контролера всегда должен быть фонарик и дополнительные осветительные установки. В некоторых случаях применяются микроскопы и бороскопы. Это позволяет точнее определить характер дефекта и его серьезность. В ходе выполнения ВИК необходимо соблюдать все нормы, указанные в документации (РД 03-606-03 инструкция по визуальному и измерительному контролю).

Рентгенографический метод контроля сварных соединений даёт возможность выявить следующие типы дефектов рисунок 20:

- Плохо проваренные места соединительных швов.
- Трещины и каверны, причём даже те, которые находятся под поверхностью детали и не обнаруживаются другими методами дефектоскопии.
- Включения инородных материалов – шлаков, окислов и т. п.

Рентгенографический метод контроля необходимо проводить с соблюдением всех правил и указаний в соответствии с ГОСТ 5212-82.



Рисунок 14 – Оборудования для проведения рентгенографического контроля [11]

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

При правильно организованном производстве, обеспечении условий охраны труда и соблюдении правил техники безопасности и производственной санитарии сварка не представляет собой особо вредного и опасного технологического процесса. Однако для создания безопасных условий работы сварщиков необходимо учитывать кроме общих положений техники безопасности на производстве также и особенности выполнения различных сварочных работ. Такими особенностями являются возможные поражения электрическим током, отравления вредными газами и парами, ожоги излучением сварочной дуги и расплавленным металлом.

Для предупреждения возможного поражения электрическим током при выполнении электросварочных работ необходимо соблюдать основные правила.

1. Корпуса оборудования и аппаратуры, к которым подведён электрический ток, должны быть надёжно заземлены.
2. Все электрические провода, идущие от распределительных щитов и на рабочие места должны быть надёжно изолированы и защищены от механических повреждений.
3. Запрещается использовать контур заземления, металлоконструкций зданий, а также трубы водяной и отопительной систем в качестве обратного провода сварочной цепи.
4. При выполнении сварочных работ внутри замкнутых сосудов следует применять деревянные щиты, резиновые коврики, перчатки, галоши. Сварку необходимо проводить с подручным, находящимся вне сосуда. Следует помнить, что для осветительных целей внутри сосудов, а также в сырых помещениях применяют электрический ток напряжением не выше 12 В, а в сухих помещениях – не выше 36 В.
5. Монтаж, ремонт электрооборудования и наблюдение за ним должны выполнять электромонтёры. Сварщикам категорически запрещается исправлять силовые электрические цепи.

При поражении электрическим током необходимо немедленно выключить ток первичной цепи или освободить от его воздействия пострадавшего, обеспечить к нему доступ свежего воздуха, вызвать врача, а при необходимости до прихода врача сделать искусственное дыхание.

Защита зрения и кожи лица при дуговой сварке обеспечивается применением щитков, масок или шлемов, в смотровые отверстия которых вставляют светофильтры, задерживающие и поглощающие излучение дуги. Для предохранения рук сварщиков от ожогов от излучения дуги, а также брызг

расплавленного металла необходимо надевать защитные рукавицы, а тело прикрывать специальной одеждой.

Для удаления вредных газов и пыли из зоны сварки необходимо устройство местной вентиляции, вытяжной и общеобъемной приточно-вытяжной цеховой. Отсосы местной вытяжной вентиляции на стационарных сварочных постах располагают в нижней задней части сварочного стола, а на подвижных сварочных постах рекомендуется использовать переносные отсосы.

При отравлении пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух, освободить от стеснённой одежды и предоставить ему покой до прибытия врача, а при необходимости следует применить искусственное дыхание [3].

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В рамках научно-исследовательской работы для организаций выполняется выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологии дуговой сварки листов из стали 17ГС». Сотрудники организаций являются заинтересованными лицами в получении выявленных данных.

Суть работы: исследование и разработка процесса автоматической дуговой сварки под слоем флюса.

Таблица 8 – Сегментирование рынка

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели качества сварного соединения	Качество сварного шва	3	2	1
	Скорость сварки	2, 3	2	1
	Возможность сварки тонколистового металла	3	2	1, 2

- 1- автоматическая дуговая сварка под слоем флюса;
- 2- механизированная дуговая сварка в среде защитного газа;
- 3- ручная дуговая сварка.

Результат сегментирования наглядно показал низкий уровень конкуренции. Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса – наилучший способ сварки, с помощью которого можно получить качественные сварные соединения листов из стали 17ГС.

### 3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 9 – 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
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	3	0,5	0,2	0,3
2. Затраты сварочного материала	0,2	5	3	4	1	0,2	1
3. Качество сварного соединения	0,1	5	4	3	0,5	0,3	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,25
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,3
3. Конкурентно-способность работы	0,25	5	5	3	1,25	0,5	1
Итого	1	28	26	21	5	2,35	3,75

где Б<sub>ф</sub> - автоматическая дуговая сварка под слоем флюса;

Б<sub>к1</sub> - механизированная дуговая сварка в среде защитного газа;

Б<sub>к2</sub> - ручная дуговая сварка.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (30)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V<sub>i</sub> – вес показателя (в долях единицы);

B<sub>i</sub> – балл i-го показателя.

По итогам данного анализа было выявлено то, что метод, предложенный в ВКР эффективнее, чем методы конкурентов.

### 3.1.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта таблица 10.

Таблица 10 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

		Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
Внешние факторы		<p>С1. Не нуждается в особых условия для данного производства</p> <p>С2. Использование минимальных затрат на материал</p> <p>С3. Автоматизированный процесс изготовления конструкции</p> <p>С4. Широкое распространение (массовое производство)</p> <p>С5. Использование современного оборудования</p>	<p>Сл1. Требуется дорогостоящее оборудование</p> <p>Сл 2. Требуется высокая квалификация рабочего</p> <p>Сл 3. Высокие требование к качеству сварных соединений</p> <p>Сл 4. Обслуживание оборудования</p>

Продолжение таблицы 10		
<p><b>Возможности:</b>            В1. Возможность расширения производства при использовании деталей по всей России и за рубежом.</p> <p>В2. Получение качественных сварных соединений.</p> <p>В3. Вынужденное повышение стоимости конкурентных разработок.</p>		
<p><b>Угрозы:</b>            У1. Выход из строя дорогостоящего оборудования.</p> <p>У2. Высокая конкурентность.</p> <p>У3. Отсутствие массового спроса на выпускаемое изделие.</p>		

Таблица 11 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта.

Сильные стороны проекта

Возможности проекта	C1	C2	C3	C4	C5
В1	+	+	+	+	-
В2	-	+	-	+	+
В3	+	+	+	+	+



При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности:

V1C1C2C3C4

V2C2C4C5

V3C1C2C3C4C5.

Таблица 12 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта.

Возможности проекта	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
V1	-	-	-	-
V2	-	-	-	-
V3	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы коррелирующие слабые стороны и возможности выявлены не были.

Таблица 13 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта  
Сильные стороны проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угроз:

У1C2C3C5

У2C1C2C3C4C5

У3C1C2C3

Таблица 14 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта  
Слабые стороны проекта

Угрозы проекта	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
У1	-	-	-	-

Продолжение таблицы 14				
У2	-	-	-	-
У3	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз:

У1С1С2С3С4С5

У2С1С2С3С4С5

У3С1С2С3С4С5

Таблица 15 – Итоговая матрица SWOT-анализа

		Внутренние факторы	
<b>Внешние факторы</b>		<b>Сильные стороны проекта:</b>	<b>Слабые стороны проекта:</b>
		С1. Не нуждается в особых условия для данного производства С2. Использование минимальных затрат на материал С3. Автоматизированный процесс изготовления конструкции С4. Широкое распространение (массовое производство) С5. Использование современного оборудования	Сл1. Требуется дорогостоящее оборудование Сл 2. Требуется высокая квалификация рабочего Сл 3. Высокие требования к качеству сварных соединений Сл 4. Обслуживание оборудования

Продолжение таблицы 15		
<p><b>Возможности:</b>            В1. Возможность расширения производства при использовании деталей по всей России и за рубежом.            В2. Получение качественных сварных соединений.            В3. Вынужденное повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Увеличение масштабов производства, обучение работников с более низкой квалификацией.</p>	<p>Создание условий труда для качественного производства.            Поиск местоположения для новых цехов производства изделий.</p>
<p><b>Угрозы:</b>            У1. Выход из строя дорогостоящего оборудования.            У2. Высокая конкурентность.            У3. Отсутствие массового спроса на выпускаемое изделие.</p>	<p>При приобретении качественного оборудования можно снизить уровень брака и, следовательно, увеличить спрос на данные изделия. Тем самым повысить доверие к организации и с помощью рекламы и положительных отзывов поднять уровень компании.</p>	<p>Велики риски не реализации проекта и отсутствие интереса у потребителей.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры

### 3.2 Определение возможных альтернатив проведения исследований

Таблица 16 – Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Диаметр сварочной проволоки, мм	3	3	3
Б. Марка электродной проволоки	Св-08ГА	Св-08ГС	Св-12Х11НМФ
В. Марка защитного флюса	АН-348-А	АНЦ-1	ОСЦ-45

Возможные варианты решения технической задачи:

- 1) в первом случае, сварка низкоуглеродистых сталей при малых затратах на материал.
- 2) во втором случае, сварка легированных сталей при малых затратах на материал.
- 3) в третьем случае, сварка высоколегированных сталей с повышенными требованиями к материалу.

### 3.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель, студент
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент

		Продолжение таблицы 17	
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
	9	Произведение необходимых расчётов	
Оценка полученных результатов	10	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	11	Вывод по цели	Научный руководитель, студент

### 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (31)$$

где:  $t_{ожi}$  – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (32)$$

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.

### 3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (33)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (34)$$

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.

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

Все рассчитанные значения вносим в таблицу 20.

После заполнения таблицы 21 (Приложение В) строим календарный план-график таблица 22 (Приложение Г).

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам

(10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

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

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (35)$$

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.);

$C_i$  – 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.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов смотреть таблицу 18.

Таблица 18 – Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Св-ая пр-ка	кг.	0,5	0,5	0,5	80	80	80	63	63	63
Св-ый флюс	лит.	1	1	1	12	12	12	18	18	18
Итого:								1978	1978	1978

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 16. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

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

$$A = \frac{\Phi_n \cdot H_a \cdot T}{100 \cdot 12},$$

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

$H_a$  – годовая норма амортизации, %

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

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

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

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

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



Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблица 19.

Таблица 19 - Специальное оборудование

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Общая стоимость материала, руб.
1	Источник питания	шт.	1	1791,5	1791,5
2	Ноутбук	шт.	1	3993,4	3993,4
3	Осциллограф	шт.	1	696,7	696,7
4	Мультиметр	шт.	1	97,2	97,2
Итого:					6578,8

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

### **3.3.6 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы**

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 20.

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на			Всего заработная плата по тарифу (окладам),		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	Рук.-студ.	2	2	2	3,6			8	8	8
Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	9,7
Изучение установки	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
Модернизация установки	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:								69,7	74,2	75,1

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (36)$$

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

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

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (37)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

### **3.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (38)$$

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

На 2019 г. 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 2019 году водится пониженная ставка – 28% смотреть таблицу 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	48000	57000	57000	5760	6840	6840
Студент-дипломник	31700	27200	28100	3804	3264	3372
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					
Исполнение 3	25829,5 руб.					

### 3.3.8 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (39)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:  $Z_{\text{накл}} = 357807,5 \cdot 0,16 = 57249,2$  руб.

### 3.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	37353	36720,5	36636,5	Пункт 3.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	207000	115000	138000	Пункт 3.3.2

Продолжение таблицы 22				
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79700	84200	85100	Пункт 3.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9564	10104	10212	Пункт 3.3.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
6. Накладные расходы	57249,2	43452,9	47324,5	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	415056,7	315033,8	343102,5	Сумма ст. 1- 6

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

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:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (40)$$

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

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

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

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{415056,7}{415056,7} = 1; \quad I_{финр}^{исп2} = \frac{315033,8}{415056,7} = 0,76; \quad I_{финр}^{исп3} = \frac{343102,5}{415056,7} = 0,83.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (41)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 23.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Сварочный материал	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	2	3
3. Флюс	0,15	4	4	4
4. Модернизация установки	0,35	4	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8;$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (42)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{1} = 4,55; \quad I_{исп2} = \frac{3,15}{0,76} = 4,14; \quad I_{исп3} = \frac{3,8}{0,83} = 4,57.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта таблица 24 и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп } i}}{I_{\text{исп } \text{max}}} \quad (43)$$

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,76	0,83
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,14	4,57
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,98

Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительным является первый вариант исполнения, так как данный вариант исполнения является наиболее экономичным и ресурсоэффективным.

Вывод: для достижения главной цели раздела решались такие важные задачи, как:

- 1) 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 проект, а также слабых сторон и угроз. Для извлечения дополнительных преимуществ необходимо дальнейшее развитие технологии;

- 2) при планировании научно-исследовательских работ определили общее содержание работы, тему проекта, структуру работы, работу каждого участника, продолжительность работ;
- 3) при планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его выполнения.

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 рассмотренными аналогами.



## **4 Социальная ответственность**

### **Введение**

Данный раздел посвящен вопросам обеспечения нормативных условий труда (санитарно-гигиенические условия, защита от опасных производственных факторов, обеспечение пожарной безопасности) в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросам экологической безопасности и обеспечение безопасности в ЧС.

Рассмотрение данных вопросов отвечает требованиям международного стандарта ICCSR-26000:2011 к деятельности организаций в области социальной ответственности по тем разделам его модулей, по которым должны быть приняты указанные проектные решения.

### **4.1 Анализ вредных факторов**

При эксплуатации сооружений и сетей водопроводно-канализационного хозяйства необходимо учитывать наличие и возможность воздействия следующих вредных производственных факторов:

- 1) чрезмерная запыленность и загазованность воздуха в результате конденсации паров расплавленного металла, защитного газа и покрытия электродов при аргонодуговой сварке и т.п.;
- 2) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ), особенно при сварке с подогревом изделий; рабочая зона – пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места. Действие лучистого потока теплоты не ограничивается изменениями, происходящими на облучаемом участке тела, на облучение реагирует весь организм. Под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно - сосудистой и нервной систем.

- 3) излишняя яркость при сварке, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация;
- 4) влияние шума (см. средства защиты от шума) и вибраций имеет место при работе различного оборудования (вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.);
- 5) нервнопсихические перегрузки из-за напряженности труда в связи с полуавтоматическим способом сварки. Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Это действие электрического тока, искры и брызги расплавленного металла, движущиеся машины, механизмы, превышение нормы газа аргона в воздухе и т.д. Наличие расплавленного металла, находящиеся баллон под давлением увеличивает опасность возникновения пожара.

#### **4.1.1 Отклонение параметров микроклимата в помещении**

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха [21]. Согласно [22] показателями, характеризующими микроклимат являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения. Указанные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. При определенных их значениях человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения

производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит, тонзиллит и др. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха СанПиН 2.2.4.548-96 [23]. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в Вт. Работа выполнение сварных швов относится к категории Пб (работа с интенсивностью энергозатрат 233-290 Вт). Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.4.548- 96 приведены для категории Пб приведены в таблице 25, 26.

Таблица 25 – Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	17-19	60-40	0,2
Теплый	19-21	60-40	0,2

Таблица 26 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	15,0-16,9	19,1-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	16,0-18,9	21,1-27,0	15-75	0,2	0,5

Для создания оптимальных условий труда нужно выполнить следующие рекомендации:

- 1) введение перерывов;
- 2) организация принудительного воздухообмена;
- 3) применение спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- 4) правильная организация систем отопления и воздухообмена;
- 5) выделение в воздух рабочих помещений влаги.

#### **4.1.2 Шум и вибрация**

Шум — один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды. Основные производственные процессы, сопровождающиеся шумом, — это работа сварочного оборудования, вентиляторов и др. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что в конечном счете приводит к понижению работоспособности таблица 27.

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматриваются таблица 27 [18]:

- 1) обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011 – 89;
- 2) установка звукоизолирующих кабин;
- 3) звукоизолирующие кожухи и экраны;
- 4) виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

Таблица 27 – Предельно допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Сборочно-сварочный цех	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Таблица 28 – Технические нормы вибрации

Вид вибрации	Среднеквадратичная частота, Гц									
	Логарифмический уровень виброскорости									
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500
Сборочно-сварочный цех	-	103	100	101	106	112	118	-	-	-

При работе в офисном помещении мерами для защиты от шума извне могут служить современные пластиковые окна и шумоизоляционные панели стен. Шум от работы ПК можно понизить, используя малозумные вентиляторы охлаждения на подшипниках, либо водяное охлаждение системного блока. При работе в сварочном цехе средствами индивидуальной защиты от шума являются ушные вкладыши и наушники. Эффективность индивидуальных средств защиты зависит от используемых материалов, конструкции, силы прижатия, правильности ношения. Ушные вкладыши вставляют в слуховой канал уха. Их изготавливают из легкого каучука, эластичных пластмасс, резины, эбонита и ультратонкого волокна. Они позволяют снизить уровень звукового давления на 10...15 дБ. В условиях повышенного шума рекомендуется применять наушники, которые обеспечивают надежную защиту органов слуха. Так, наушники ВЦНИОТ снижают уровень звукового давления на 7...38 дБ в диапазоне частот 125...8000 Гц.

## 4.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение - получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Плохое освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может быть причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации.

На практике используются два вида освещения: естественное (солнце) и искусственное (газоразрядные лампы). Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения. Нормируемый показатель освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении составляет 200 лк таблица 29.

При недостаточном уровне освещённости, необходимо установить необходимое количество ламп искусственного освещения. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [8] коэффициент пульсации освещенности для лаборатории не должен превышать 10%. Виды освещения нормируются СП52.13330.2011 [17].

Таблица 29 – Нормы освещения сварочных и сборочно-сварочных цехов,

Освещаемые объекты	Освещенность рабочих поверхностей, лк
1. Разметка, керновка	300
2. Общий уровень освещенности по цеху. Сварка, резка, наплавление	200

### 4.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человека. Основным источником этих проблем, связанных с охраной здоровья людей, использующих в своей работе, является сварочный аппарат Lincoln Electric Power Wave 1000 AC/DC. Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечнососудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, изменение кровяного давления и пульса. Предельно допустимые значения излучений от выпрямителя в соответствии с СанПиН 2.1.1191-2003 [18] приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых сварочным аппаратом

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 10 Гц – 30 кГц	500 В/м
	в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц	1500 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 10 Гц – 30 кГц	300 А/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	50 А/м

В качестве рекомендаций защиты от электромагнитного излучения используются:

- 1) ограничение по времени нахождения персонала на рабочем месте;
- 2) регулярные перерывы между рабочим временем;
- 3) рациональное размещение оборудования;
- 4) использование спецодежды и средств индивидуальной защиты.

#### 4.4 Вредные вещества

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызывать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Высокая температура сварочной дуги способствует интенсивному окислению и испарению металла, флюса, защитного газа, легирующих элементов. Окисляясь кислородом воздуха, эти пары образуют мелкодисперсную пыль, а возникающие при сварке и тепловой резке конвективные потоки уносят газы и пыль вверх, приводя к большой запыленности и загазованности производственных помещений. Основными компонентами пыли при сварочных работах на сварочном аппарате Lincoln Electric Power Wave 1000 AC/DC являются окислы железа, марганца и кремния.

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности по ГОСТ 12.1.007–76:

- 1-й-вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й-вещества высоко опасные;
- 3-й-вещества умеренно опасные;
- 4-й - вещества малоопасные.

Вредные вещества, выделяемые при сварке, относятся ко 3-му классу опасности таблица 31.

Таблица 31 – Нормы и показатели вредных веществ

Наименование показателя	Нормы для класса опасности 3-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/ м	1,1-10,0



Продолжение таблицы 31	
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	151-5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	501-2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м	5001-50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	29-3
Зона острого действия	18,1-54,0
Зона хронического действия	4,9-2,5

Меры предосторожности при выделении вредных веществ:

- 1) ограничение содержания примесей вредных веществ в исходных и конечных продуктах;
- 2) выбор соответствующего производственного оборудования и коммуникаций, не допускающих выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса, а также правильную эксплуатацию санитарно-технического оборудования и устройств;
- 3) рациональную планировку промышленных площадок, зданий и помещений;
- 4) применение средств дегазации, активных и пассивных средств взрывозащиты и взрывоподавления;
- 5) применение средств индивидуальной защиты работающих;
- 6) специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала;
- 7) проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами.

## 4.5 Пожарная безопасность

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Понятие пожарная безопасность объекта означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе обеспечивается защита материальных ценностей.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Помещение предприятия по степени пожароопасности относится к классу В-4, так как в нем находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б. Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- 1) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- 2) вылет раскаленной капли электрода;
- 3) взрыв баллона с защитным газом.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т.п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- 1) использование только исправного оборудования;
- 2) издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности;
- 3) назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
- 4) курение в строго отведенном месте;
- 5) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- 6) отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- 7) проверка баллонов на плотность закрытия;
- 8) проведение периодических замен токопроводящих кабелей;
- 9) уборка рабочего места после рабочего дня;
- 10) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу [19].

## 4.6 Электропоражение

Электропоражение персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках. При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие вопросы:

- 1) обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- 2) требования к электрооборудованию;
- 3) анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- 4) мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- 5) обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

Рассматриваемая лаборатория не имеет характеристик, свойственных особо опасным помещениям в части поражения электрическим током. Необходимо применение основных коллективных способов и средств электрозащиты: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; защитное заземление и защитное отключение.

Также, используются индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1000 В используются диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

#### 4.7 Экологическая безопасность и предотвращение ЧС

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека. Работа в производственном помещении основана на сварочных работах аппаратом Lincoln Electric Power Wave 1000 AC/DC. Воздействия на окружающую среду будут заключаться в негативном влиянии на атмосферу, поступлении в воздух вредных веществ, при нагревании стальных листов, выделение в воздух пыли и газа, скопление брызг металла, в результате чего, происходит накопление вредных паров и пыли в помещении.

Негативное воздействие на литосферу характеризуется утилизацией твердых отходов (металлическая крошка).

Решения по обеспечению экологической безопасности:

- 1) Для литосферы – хранение металлической крошки в специально помещении на предприятии (склад металлических отходов).
- 2) Для атмосферы – предварительная очистка воздуха и использование принудительной системы вентиляции над рабочим местом.
- 3) Для гидросферы – жидкие отходы - бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на насосной станции: возникновение пожара и электропоражение.

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Согласно [16], пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м<sup>3</sup>.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действия администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- 1) при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- 2) при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение

изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно [20] п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление [17].

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо рассчитать и установить защитное заземление.

## **Заключение**

При выполнении выпускной квалификационной работы была разработана технология сборки и сварки тавровой балки из стали 17ГС. Изучены характеристики основного металла. Рассмотрены несколько видов сварки и выбран оптимальный вариант автоматическая сварка плавящимся электродом под слоем флюса. Режим автоматической сварки под флюсом рассчитан в соответствии с заданной толщиной металла и с требуемыми размерами шва по ГОСТ 8713-79. Изучили характеристики нескольких источников питания, из которых сделали подходящий выбор оборудования, используя рассчитанные параметры режима сварки для выбранного сварочного оборудования,

При соблюдении разработанной технологии сварки ожидается получение сварного соединения, отвечающего своему назначению.

Исследована экономическая эффективность рассматриваемых или сварочных на технологии. Так же были затронуты как вопросы или промышленной, как и или пожарной безопасности, или при как выполнении работ, разработаны мероприятия или по охране окружающей или среды.

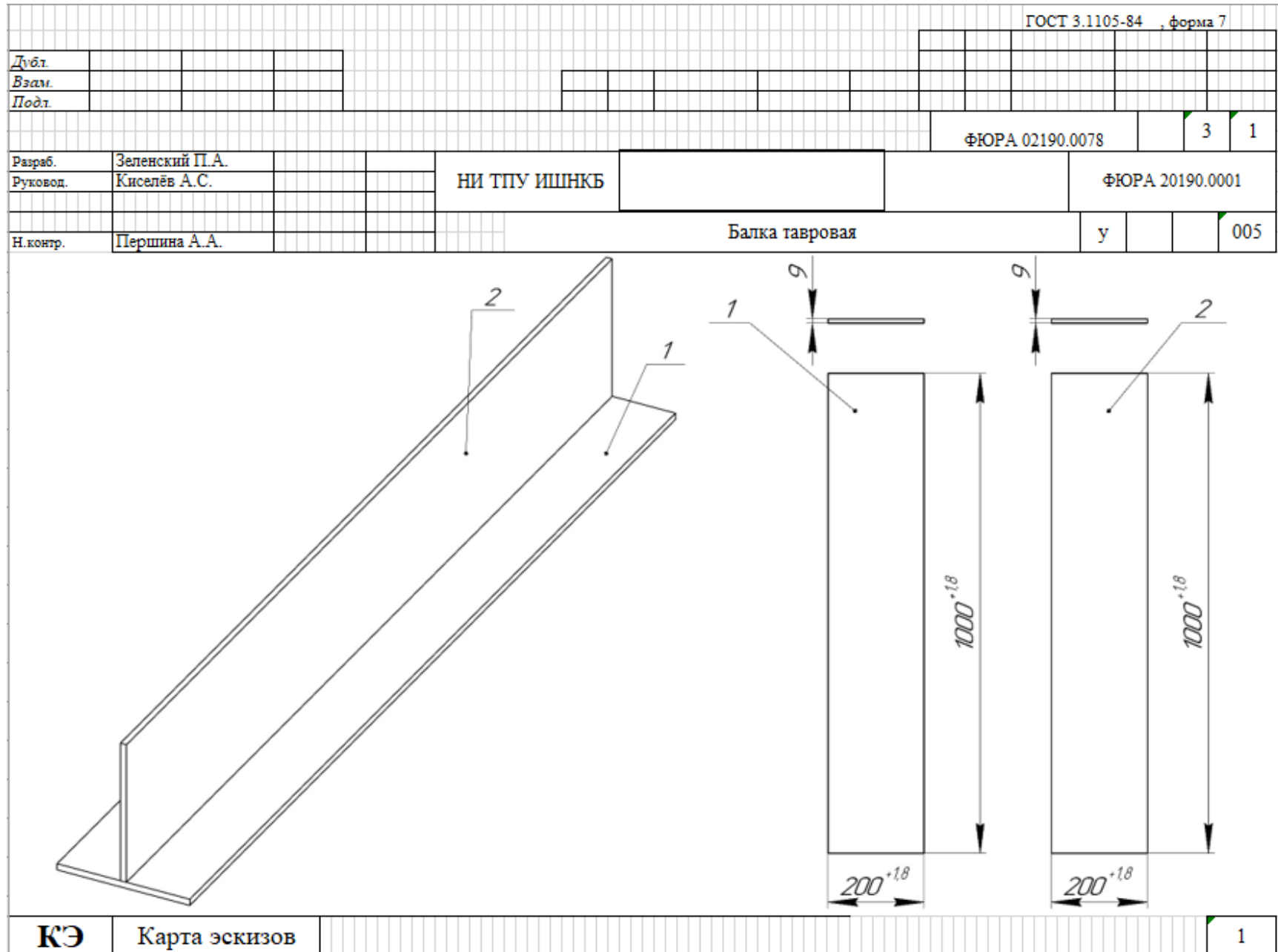


## Список использованных источников

1. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением. - Москва: Машиностроение 1977. - 432с.
2. Смирнов М. А. Основы термической обработки стали / М. А. Смирнов, В. М. Счастливцев, Л. Г. Журавлев. - Екатеринбург: УрО РАН, 1999. - 494 с.
3. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной. - Москва: Академия 1997. - 315с.
4. ГОСТ 8713-79. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004491>
5. Сварочное оборудование. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.lincolnweld.ru>.
6. ГОСТ 2246-70. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005429>
7. ГОСТ 9087-81. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004707>
8. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением. - Ленинград: Машиностроение 1987. - 458с.
9. Гладштейн Л. И. Высокопрочная строительная сталь. / Л. И. Гладштейн, Д. А. Литвиненко. - М.: Металлургия, 1972. - 240 с.
10. ГОСТ 3242-79. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003545>
11. Воскобойников В.Г. Общая металлургия: учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. - Москва: Академкнига, 2005. - 768 с.
12. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. - Москва: Машиностроение 1974. - 767с.

13. Большаков В.И. Термическая обработка строительной стали повышенной прочности / В.И. Большаков, К.Ф. Стародубов, М.А. Тылкин. – Москва: Металлургия, 1977. - 183 с.
14. Попова Л.Е. Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана: справочник термиста /Л.Е. Попова, А.А. Попов. - Москва: Металлургия, 1991. - 503 с.
15. Лившиц Л.С. Металловедение для сварщиков / Л.С. Лившиц. - Москва: Машиностроение, 1979. - 253 с.
16. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.”
17. ГОСТ 12.1.005-88 “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.”
18. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.
19. ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т “Пожарная безопасность. Общие требования.”
20. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6е изд., переработанное и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.
21. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
23. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

## Приложение А



Дубл. \_\_\_\_\_  
 Взам. \_\_\_\_\_  
 Подл. \_\_\_\_\_

ФЮРА 02190.0078 3 2

Разраб. Зеленский П.А.  
 Руководитель Киселёв А.С.  
 Н. контр. Першина А.А.

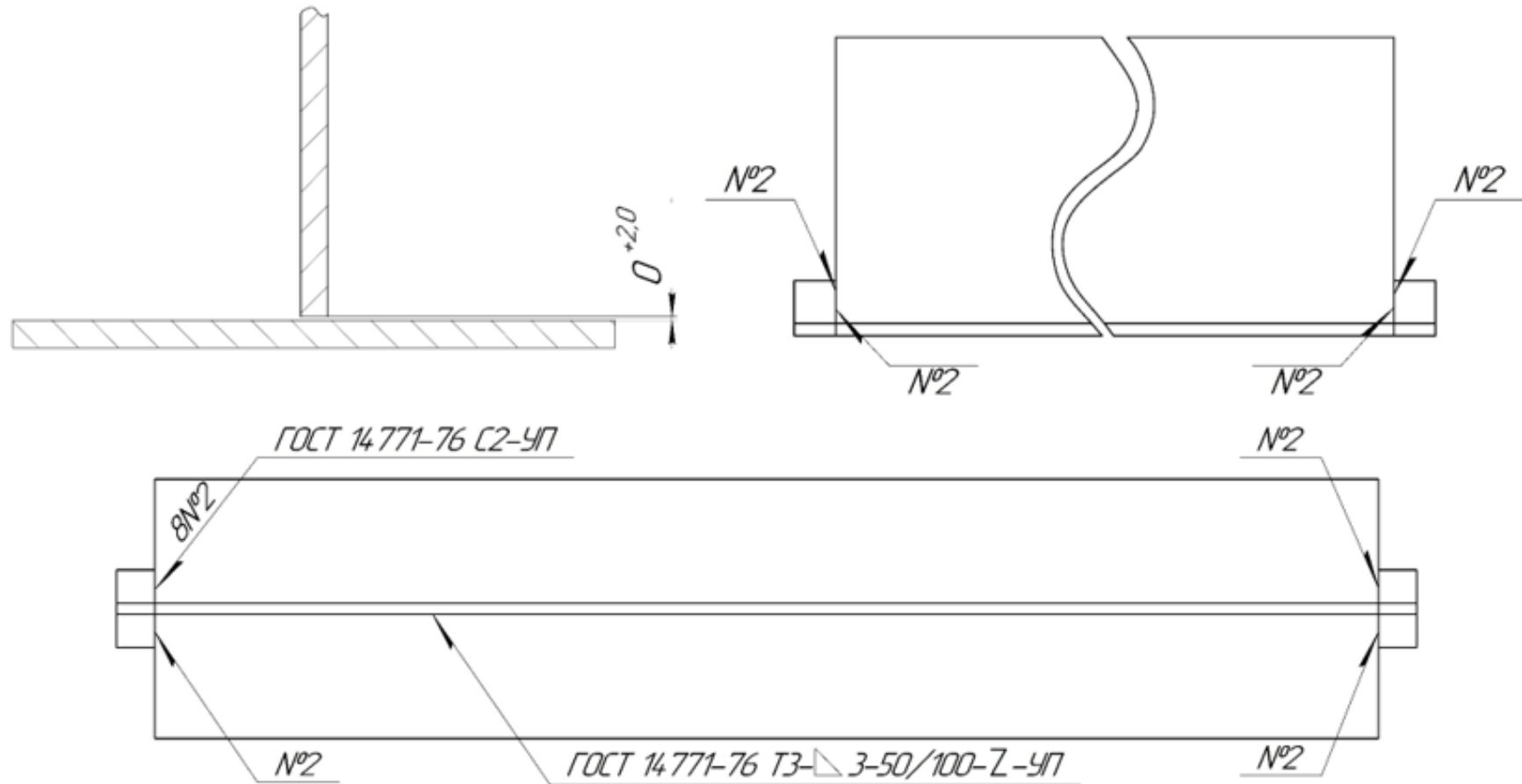
НИ ТПУ ИШНКБ

ФЮРА 02190.00002

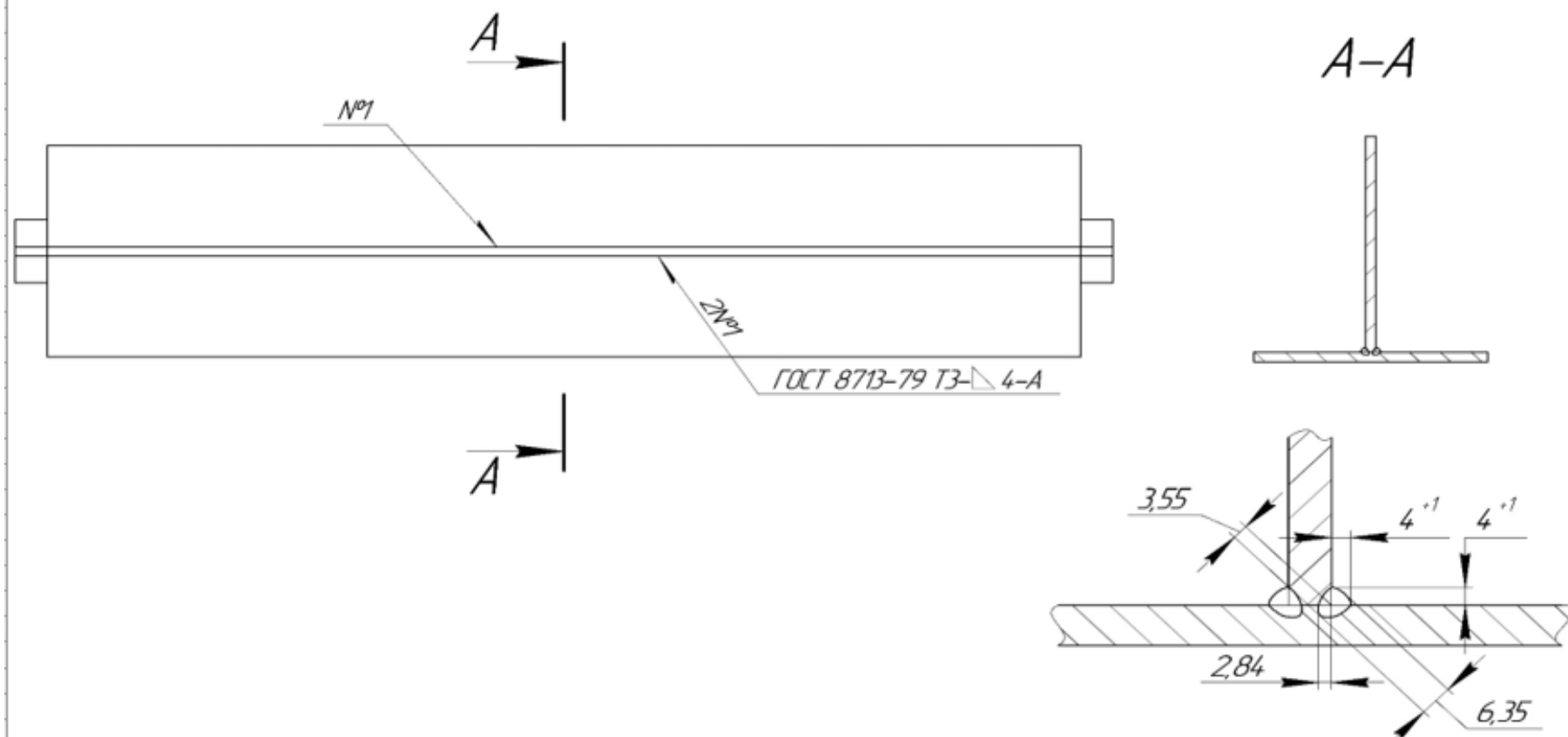
ФЮРА 20190.00002

Балка гавровая

у 010



Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
										ФЮРА 02190.0078			3	3					
Разраб.	Зеленский П.А.				НИ ТПУ ИШНКБ			ФЮРА 02190.00003				ФЮРА 20190.0003							
Руковод.	Киселёв А.С.																		
										Балка тавровая			у		015				
Н.контр.	Першина А.А.																		



КЭ

Карта эскизов

3

## Приложение Б

ГОСТ 3.1118-82 форма 2																
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
											ФЮРА.02190.0078	1	1			
Разраб.	Зеленский П.А.				НИ ТПУ ИШНКБ					ФЮРА.10190.00001						
Руковод.	Киселёв А.С.															
Н.контр.	Першина А. А.				Балка тавровая								у			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала				Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
A01	1	1	1	005	Резка					ГОСТ 12169-82						
B02	Гильотинные ножницы по металлу				2	Слесарь	3	2	2							
K/M03	Листовой прокат 9x2200x1420, сталь 17ГС				ГОСТ 19281-89											
O04	Отрезать листы согласно ФЮРА 20190.0001															
T05	Рулетка, чертёжные инструменты;															
06																
A07	2	1	1	020	Зачистка					ИОТ№1, РД-25-160-10-КТН-015-15-1						
B08	УШМ BOSCH GWS 22-230 JH Professional				1	Слесарь	3	1	1							
K/M9	Металлический листы 9x1000x200				ГОСТ 19281-89											
O10	Зачистить листы под сборку на ширину не менее 20 мм с двух сторон.															
T11	Круги шлифовальные, УШС-3, чертёжный инструмент															
12																
МК														1		



Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
																ФЮРА.02190.0078	1	2		
Разраб.	Зеленский П.А.					НИ ТПУ ИШНКБ					ФЮРА.10190.00003									
Руковод.	Киселёв А.С.																			
Н.контр.	Першина А. А.					Балка тавровая										у				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.					
A27	2	1	1	035	Контроль					РД 34.15.132-96, ГОСТ 3242-79										
B28	Оборудования для проведения ВИК					1	Дефект.	5	1	1										
К/М29	Полученное сварное соединение					ГОСТ 19281-89														
O30	Проивести ВИК контроль сварного соединения. Не допустимые дефекты: формы шва, наплывы, непровары, кратеры.																			
T31	Увеличительная лупа 5 крат, угольник, УШС-3																			
32																				
B33	Рентгеновский аппарат RayCraft					2	Дефект.	5	1	1										
К/М34	Полученное сварное соединение					ГОСТ 19281-89														
O35	Произвети гентгенографический контроль сварного соединения. Не допустимые дефекры: трещины, поры, неметаллические включения.																			
T36	Рентгеновская плёнка, экран, проявочная аппаратура.																			
37																				
МК																	3			



## Приложение В

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

## Приложение Г

№ Ра-бот	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы	Рук.-студ.	3	●○										
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2		●○									
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	2		○●									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2			●								
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3			●								
6	Изучение литературы по теме	Студент	15			○	○	○						
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5					○ ●						
8	Изучение установки	Студент	6						○					
9	Моделирование плазмотрона	Студент	3							○				
10	Изучение результатов	Студент	3									○		
11	Проведение расчетов по теме	Студент	10									○		
12	Анализ результатов	Студ.-рук.	3										○●	
13	Вывод по цели	Студент	4											○

○ – студент; ● – руководитель.