

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и сварки двутавровой балки

УДК 621.791.75.03-423.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Мачкалян Алексей Александрович		10.06.2020

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## Планируемые результаты Обучения

	Результат обучения
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, приборостроении и др. областях, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительномонтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительномонтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований

P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий производств.
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P9	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий сварочного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества сварных швов и сварных конструкций
P10	Способность осваивать вводимое новое сварочное оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования и конструкций объектов, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (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
1В61	Мачкалян Алексей Александровичу

Тема работы:

Технология сборки и сварки двутавровой балки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.01.2020, №9-31/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
------------------------------------------	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертёж двутавровой балки          Материал конструкции сталь 09Г2С</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Введение 2. Литературный обзор 3. Разработка технологии сварки 4. Контроль качества сварных швов 5. Техника безопасности при проведении сварочных работ 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность 8. Заключение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Двухтавровое соединение 2. Раскрой листа под двухтавровую балку 3. Сборка двухтаврового соединения 1 4. Сборка двухтаврового соединения 2 5. Порядок выполнения швов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Обзор литературы	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Описание сварной конструкции	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Разработка технологии	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Комплект технологических документов	Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2020
------------------------------------------------------------------------------------------	------------

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Мачкалян А.А.		05.02.2020

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

Школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение.  
 Уровень образования высшее  
 Отделение школы (НОЦ) электронной инженерии  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2020	1. Обзор литературы	15
15.03.2020	2. Описание конструкции	15
10.04.2020	3. Разработка технологии сборки и сварки	40
15.05.2020	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
21.05.2020	5. Социальная ответственность	10
01.06.2020	6. Заключение	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В61	Мачкалян Алексею Александровичу

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

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад руководителя- 43200 Оклад инженера - 25000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Премимальный коэффициент руководителя 30%; Премимальный коэффициент студента 30%; Надбавки руководителя 20-30%; Надбавки инженера 20-30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %</i>

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности исследования</i>

<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i></li> <li>2. <i>Матрица SWOT</i></li> <li>3. <i>Альтернативы проведения НИ</i></li> <li>4. <i>График проведения и бюджет НИ</i></li> <li>5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i></li> </ol>	

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Мачкалян Алексей Александрович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В61	Мачкалян Алексею Александровичу

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Технология сборки и сварки двутавровой балки	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки, выполненного из стали стали 09Г2С; планируемое место внедрения разрабатываемой технологии –ООО «Томскнефтехим», г. Томск
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	– Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- ультрафиолетовое облучение;</li> <li>- неудовлетворительный микроклимат и воздушная среда рабочего участка;</li> <li>- электробезопасность .</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	- анализ воздействия объекта на атмосферу, литосферу и гидросферу (отходы, утилизация остаточного заготовительного материала,

	отработанных сварочных материалов); - решение по обеспечению экологической безопасности..
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. - Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Мачкалян Алексей Александрович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 99 с., 3 рис., 28 табл., 25 источников.

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

Объектом исследования является: сварная двутавровая балка из листов стали 09Г2С.

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки из стали 09Г2С, толщиной 10 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 двутавровой балки из стали 09Г2С.

Область применения: нефтегазовая отрасль.

## Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Балка двутавровая (двутавр) — это стандартный профиль конструктивных элементов из чёрного проката. В сечении имеет вид буквы «Н».

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 9087-81 Флюсы сварочные плавленные;
2. ГОСТ 19281-89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия;
3. ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы конструктивных элементы и размеры;
4. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная;
5. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод;
6. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы»
7. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация»
8. ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования»
9. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
10. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" (с изменениями на 15 марта 2010 года)»

11. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
12. СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»
13. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*»
14. СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»
15. ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)»
16. ГОСТ 12.1.035–81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений»
17. СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1)»
18. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
19. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014)
20. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681
21. ГОСТ 12.3.003-86 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением N 1)»
22. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
23. ГН 2.2.5.2308-07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

24. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

- $I_{св}$  – величина сварочного тока;
- $U_{д}$  – напряжение на дуге;
- $d_{эл}$  – диаметр электродной проволоки (электрода);
- $v_{св}$  – скорость сварки;
- $H$  – глубина провара стыкового шва.

## Оглавление

Введение .....	17
1 Литературный обзор .....	19
1.1 Технологическая часть .....	19
1.2 Характеристика основного металла .....	20
1.3 Особенности сварки конструкций из стали 09Г2С.....	21
1.4 Оценка свариваемости стали 09Г2С .....	22
1.5 Выбор способа сварки изделия.....	25
1.5.1 Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа CO <sub>2</sub> .....	25
1.5.2 Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса.....	26
2 Разработка технологии сварки.....	29
2.1 Расчет параметров режима автоматической дуговой сварки под слоем флюса.....	29
2.2 Сварочное оборудование и материалы .....	32
2.2.1 Выбор оборудования для дуговой сварки под слоем флюса .....	33
2.2.2 Выбор сварочных материалов для дуговой сварки под слоем флюса.....	36
2.3 Подготовка кромок .....	38
2.4 Прогнозируемый химический состав и свойства сварного шва ..	38
2.5 Технология сборки.....	39
2.6 Подогрев сварочных материалов.....	41
2.7 Мероприятия по снижению деформаций и напряжений .....	42
2.8 Технология и техника сварки .....	43
2.9 Контроль качества сварных швов .....	44
3 Техника безопасности при проведении сварочных работ.....	46
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	48

4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	48
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	48
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	49
4.1.3	SWOT – анализ .....	51
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	52
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	52
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	53
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	54
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	57
4.3.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	57
4.3.2	Расчёт амортизационных отчислений.....	58
4.3.3	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	59
4.3.4	Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	60
4.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ..	61
4.3.6	Накладные расходы .....	62
4.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	62
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	63
5	Социальная ответственность.....	67
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	67
5.2	Производственная безопасность .....	68
5.2.1	Отклонение параметров микроклимата в помещении .....	69
5.2.2	Повышенный уровень шума на рабочем месте.....	71

5.2.3	Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	73
5.2.4	Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	73
5.2.5	Вредные вещества.....	74
5.2.6	Электрический ток.....	76
5.2.7	Термическая опасность .....	78
5.3	Экологическая безопасность.....	79
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	80
5.4.1	Пожарная безопасность.....	80
	Заключение .....	83
	Список используемых источников.....	84
	Приложение А .....	87

## **Введение**

В строительстве мостов, промышленном строительстве, а также нефтегазовой промышленности используют двутавровые балки. Двутавровые балки бывают как горячекатаными, так и сварными. 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.

Двутавровая балка состоит из вертикальной стенки и двух (верхняя и нижняя) полок. Заводы используют примитивную малопроизводительную оснастку, при изготовлении их мелкими партиями и такие профили обходятся сравнительно дорого. Чтобы повысить производительность труда и снизить стоимость балок, применяют серийное производство сварных профилей в поточных линиях. Подобные линии оснащают автоматизированными установками непрерывного действия или рядом специальных приспособлений и установок, которые последовательно выполняют определенные операции при условии автоматизации всего технологического процесса.

В процессе сварки двутавра возникают напряжения, приводящие к деформациям типа скручивания, грибовидности полок, выпучиванию стенки и продольному изгибу балки. Для предотвращения перечисленных деформаций в технологическом процессе сборки или сварки предусматриваются специальные операции.

В настоящее время существует большое количество предприятий, производящих двутавровые балки. Многие используют разные технологические решения, которые позволяют уменьшить деформации, уменьшить стоимость производства.

В связи с этим возникает необходимость разработки технологии сборки и сварки балки: выбора способа сварки, сварочных материалов, расчета

параметров режима сварки и назначение последовательности и содержания сборочно-сварочных операций

Поэтому целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки из стали 09Г2С.

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Технологическая часть

Листы из стали 09Г2С толщиной  $\delta=10$  мм, длиной  $L=2000$  мм, высотой  $H=200$  мм и шириной  $b=200$  мм. Тип соединения конструкции – тавровое (приложение А).

Двутавровая сварная балка — это конструкция, изготовленная листовой стали. Используют либо низколегированную, либо углеродистую сталь. Стальная двутавровая балка — это конструкция определенной формы, изготовленная из профильной стали специального исполнения. Чаще всего балка похожа на букву «Н». Наряду с этим необходимо отметить следующее: эта форма придает дополнительную жесткость и усиливает прочность элементов конструкции.

Сварные балки одинакового профиля имеют ряд преимуществ по сравнению с теми, которые получают при помощи прокатки. Во-первых, они имеют лучшее соотношение воспринимаемой нагрузки и собственной массы. Во-вторых, сварные балки не ограничены сортаментом по высоте и ширине, а также по толщине элементов. В-третьих, могут выполняться несимметричными.

Поясные швы обычно сваривают автоматами под слоем флюса, которые при производстве двутавровых балок являются основной сварочной операцией.

Обычно балки собирают из трех листовых элементов. Для получения листового элемента требуемой длины и ширины, помимо правки, резки и зачистки кромок, предусматривают сборочные и сварочные операции. В данном случае предъявляется требование полного проплавления с хорошим формированием усиления и проплавления шва. Поэтому сварка производится с двух сторон. Первый слой целесообразно сваривать на флюсовой подушке с учетом высокой точности сборки под сварку.

В данном случае особое внимание уделяется взаимной перпендикулярности стенки и полка и симметрии расположения. Для

обеспечения требуемой точности изготовления двутавровых балок наиболее приемлемым способом является сборка и сварка в кондукторах.

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.

Сварная балка способна выдерживать значительные статические и динамические нагрузки, не теряя при этом, своих эксплуатационных характеристик.

## **1.2 Характеристика основного металла**

При разработке технологии сварки необходимо учитывать как свойства основного материала, из которого должна быть изготовлена конструкция, так и изменения, которые неизбежно происходят во время сварки в околошовной зоне сварного соединения.

Эти изменения в основном определяются технологическими параметрами используемого метода сварки (характер нагрева и охлаждения, скорость сварки, источник тепла и т. д.), составом флюса, защитных и инертных газов, температурой окружающей среды, сварочной проволокой, а также способом подготовки частей под сварку - вид разделки кромок, способа подготовки поверхности и т. д., пространственным положением выполняемых сварных соединений.

Сталь, как строительный материал, выбирается в зависимости от климатической зоны, в которой изделие будет использоваться, требований к прочности, агрессивности окружающей среды и так далее.

Балка двутавровая изготовлена из Стали 09Г2С. Данная сталь относится к категории низколегированных конструкционных сталей. Химический состав и

механические свойства марки стали приведены в таблице 1.1 и таблице 1.2 соответственно:

Таблица 1.2.1 – Химический состав марки стали 09Г2С в % (ГОСТ 19281 – 89) [1]

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
до 0,12	0,5 – 0,8	1,3 – 1,7	до 0,30	до 0,30	до 0,30	до 0,040	до 0,035

Таблица 1.2.2 -Механические свойства при T=20 °С стали 09Г2С [1] (ГОСТ 19281 – 89) [1]

Характеристика	$\delta$ в, МПа	$\delta$ т, МПа	$\delta_5$ (%)	КСУ (Дж/см <sup>2</sup> )
Значение	470	325	21	59

### 1.3 Особенности сварки конструкций из стали 09Г2С

Свойство металла, которое при определенной технологии должно образовывать сварное соединение, отвечающее требованиям, обусловленными конструкцией и эксплуатацией изделия называют свариваемостью[2].

Низколегированная сталь 09Г2С - один из хорошо свариваемых металлов. Для этой стали технология сварки выбирается из ряда требований, основными из которых являются: отсутствие дефектов в сварном соединении и достижение равнопрочности основного металла со сварным соединением [3].

В известных пределах свойства стали регулируются путем изменения содержания углерода и легирующих элементов. Рост вероятности возникновения горячих трещин при увеличении содержания углерода вызванно склонностью углерода к ликвации, а появление холодных трещин связано с тем, что углерод снижает температуру мартенситного превращения и тем самым

способствует образованию малопластичного мартенсита. Объемные изменения (увеличение объема) увеличиваются, когда аустенит превращается в мартенсит с повышением содержания углерода. Это приводит к увеличению внутренних напряжения [4].

Сталь 09Г2С является высокопрочной низколегированной сталью, относится к перлитным сталям и содержит в среднем около 0,09% С [4]. Сталь имеет хорошее отношение массы к прочности и хорошую свариваемость при толщине менее 30 мм.

Сталь 09Г2С поставляется по ГОСТ 19281 – 89, в состоянии горячей прокатки или после нормализации, а также может поставляться в соответствии со специальными техническими условиями [4].

Вместе с тем следует подчеркнуть, что из-за выделения окиси углерода, водорода и азота при сварке стали может привести к образованию пор. В нашем случае вероятность пористости из-за выделения окиси углерода довольно низкая, поскольку содержание углерода невелико, а достаточная концентрация активных раскислителей (Si, Mn) в сварочной ванне позволит соединить свободные атомы кислорода и вывести их в шлак в составе соединений  $\text{SiO}_2$  и  $\text{MnO}$  [5]. Поры, образованные водородом при сварке всех низколегированных сталей, встречаются чаще, чем при сварке углеродистой стали из-за большого количества раскислителей в сварочной ванне. Это следует учитывать при разработке технологии сварки изделий из стали 09Г2С, обеспечивающей технологию уменьшения вероятности попадания водорода в зону сварки [5].

#### **1.4 Оценка свариваемости стали 09Г2С**

Легирующие элементы существенно влияют на такое свойство как свариваемость. Оценка свариваемости стали основана на склонности к образованию горячих трещин и устойчивости стали к сопротивлению холодным трещинам [5].

Для этого класса стали рассчитывается тенденция к образованию горячих трещин по статическим показателям по формуле (1.1).

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + \frac{Ni}{100} + \frac{Si}{25}) \cdot 10^3}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.1)$$

По формуле 1.1 определяем

где C, Si, S, P, Ni, Mn, Cr, Mo, V – содержание соответствующих химических элементов (в %) в стали 09Г2С по таблице 1.1.

По формуле 1.1 определяем

$$HCS = \frac{0,12 \cdot (0,04 + 0,035 + \frac{0,3}{100} + \frac{0,27}{25}) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,6 + 0,3 + 0 + 0} = 0,95$$

т. к.  $HCS < 4$ , следовательно сталь 09Г2С не склонна к образованию горячих трещин (для сталей с пределом прочности не более 700 МПа).

Чтобы определить склонность стали к образованию холодных трещин используем методику оценки эквивалентного углерода из работы [2]. В случае, если при расчете эквивалента углерода окажется в промежутке  $0,35\% < C_{\text{э}} \leq 0,45$  то необходим предварительный подогрев.

При сварке металла относительно небольшой толщины (до 6—10 мм) и сварных узлов небольшой жесткости предельное значение  $C_{\text{э}}$ , при котором нет необходимости в предварительном подогреве, может быть повышено до 0,55% [2].

При необходимости подогрева металла перед сваркой температура его может быть оценена по методике, учитывающей химический состав свариваемой стали и ее толщину. Согласно этой методике полный эквивалент углерода  $C_{\text{э}}$  определяют по формулам:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{x}} + C_{\text{p}} \quad (1.2)$$

$$C_{\text{x}} = \frac{(360C + 40Mn + 40Cr + 20Ni + 28Mo)}{360} \quad (1.3)$$

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_x \quad (1.4)$$

Где  $C_x$  — химический эквивалент углерода;

$C_p$  — размерный эквивалент углерода.

C, Mn, Cr, Ni, Mo – содержание легирующих элементов в %

S – Толщина свариваемых кромок, мм

Если в уравнение (1.1) подставить значение  $C_p$  из формулы (1.3), то полный эквивалент углерода:

$$C_э = C_x(1 + 0,005 \cdot S) \quad (1.5)$$

Определив полный эквивалент углерода, необходимую температуру предварительного подогрева находят по формуле

$$T_{II} = 350\sqrt{C_э - 0,25} \quad (1.6)$$

Выполним необходимые расчеты

$$C_x = \frac{(360 \cdot 0,12 + 40 \cdot 1,8 + 40 \cdot 0,4 + 20 \cdot 9,3 + 28 \cdot 0)}{360} = 0,37\%$$

$$C_э = 0,37(1 + 0,005 \cdot 20) = 0,41\%$$

Сталь имеет ограниченную свариваемость, так как значение эквивалента углерода входит в диапазон  $0,35\% < C_э \leq 0,45\%$ , следовательно перед сваркой необходим подогрев.

Расчёт температуры предварительного подогрева для деталей из стали 09Г2С, используя формулу (1.6) для ее определения:

$$T_{II} = 350\sqrt{0,41 - 0,25} = 140 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Одним из важных требований при сварке данной сварной конструкции является обеспечение равнопрочности сварного соединения с основным металлом и отсутствие дефектов в сварном шве.

## **1.5 Выбор способа сварки изделия**

Выбор способа сварки зависит от конструкции сварной балки, так как швы изделия имеют большую протяженность, то при сварке наиболее целесообразно использовать высоко механизированные и автоматизированные способы сварки. На выбор способа сварки влияет также свариваемость стали. В данной работе будут рассмотрены такие способы, как автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса а также механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа CO<sub>2</sub>.

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

При механизированной сварке плавящимся электродом в углекислом газе происходит постоянная подача сварочной проволоки в сварочную ванну, которая защищается от воздуха углекислым газом. Это позволяет сваривать труднодоступные места.

Преимущества и недостатки механизированной сварки плавящимся электродом в углекислом газе.

Преимущества:

- 1) высокое качество сварных швов;
- 2) возможность сварки металла малых толщин;
- 3) высокоэффективная защита расплавленного металла;
- 4) возможность наблюдения за ванной и дугой;
- 5) возможность выполнения швов во всех пространственных положениях;
- 6) при многослойной сварке отсутствие зачистки сварного шва от шлака и флюса.

Недостатки:

- 1) необходимость использования защитных мер против световой и термической радиации дуги;
- 2) вероятность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа потоками воздуха; большое выделение газов на месте сварки
- 3) большое выделение газов на месте сварки;
- 4) сильное разбрызгивание металла на токах больших величин;
- 5) порообразование в металле шва.

Таким образом, механизированная сварка плавящимся электродом в углекислом газе способствует увеличению производительности выполнения швов.

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.

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

Сущность процесса: дуга горит между голой электродной проволокой и основным металлом, находящимся под слоем флюса. В расплавленном флюсе газами и парами флюса и расплавленного металла образуется полость – газовый пузырь, в котором горит сварочная дуга. Давление газов в газовом пузыре составляет 7-9 г/см<sup>2</sup>, 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  $H_{пр}$ .

Кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны приводит к образованию сварного шва. 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 в случае при механизированной сварке в защитных газах, токоподвод к электродной проволоке осуществляется на небольшом расстоянии от дуги (до 70 мм). Это позволяет без перегрева использовать повышенные сварочные токи (до 2000 А) [2].

Преимущества и недостатки способа сварки.

Преимущества:

1) высокая скорость сварки достигается благодаря использованию высоких сварочных токов;

2) низкая стоимость работ;

3) низкий уровень сварочных деформаций;

4) качественное формирование и отличный внешний вид сварного шва;

5) отсутствие дымовыделения обеспечивает оператору большой комфорт и позволяет сэкономить на оборудовании для отвода и утилизации выделяющегося при сварке дыма;

6) высокая производительность.

Недостатки:

1) нет возможности производить сварку во всех пространственных положениях;

2) требуется тщательная сборка кромок под сварку так как при работе не видно место сварки;

3) повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса;

4) трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемых деталей;

5) определенная трудность удаления шлаковой корки;

б) стыковая сварка деталей толщиной более 16 мм не осуществляется без разделки кромок.

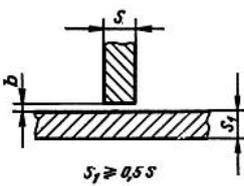
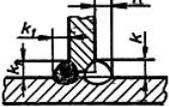
Исходя из исследованных способов дуговой сварки наиболее подходящий для массового производства тавровых балок, является автоматическая дуговая сварка под флюсом, которая позволяет автоматизировать процесс сварки, тем самым увеличить производительность производства сварных конструкций.

## 2 Разработка технологии сварки

### 2.1 Расчет 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 2.1.1 – Геометрические параметры шва и подготовка кромок под сварку по ГОСТ 8713-79 [6]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s, мм	b, мм	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва			Ном ин.	Пред . Откл .
ТЗ			АФШ; МФШ	От 3 до 5	0	+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 10 мм принимаем диаметр проволоки  $d_3=3$ мм. Катет шва  $K=4$  мм [6].

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

$$I_{CB} = \frac{\pi d_3^2 \cdot j}{4} \quad (2.1)$$

где  $d_3$  – диаметр электрода, мм;

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

Принимаем  $j=60$  А/мм<sup>2</sup>

$$I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 3^2 \cdot 60}{4} = 424 \text{ A}$$

2) Напряжение дуги:

$$U_g = 20 + \frac{0,5 \cdot I_{CB}}{\sqrt{d_3}} \quad (2.2)$$

$$U_g = 20 + \frac{0,05 \cdot 424}{\sqrt{3}} = 32 \text{ В}$$

3) Скорость сварки:

$$V_{CB} = \frac{A}{I_{CB}} \quad (2.3)$$

где  $A=13 \cdot 10^3$  А · м/ч - коэффициент зависящий от диаметра электродной проволоки;

$$V_{CB} = \frac{13000}{424} = 33,66 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 0,85 \text{ см/с}$$

4) Рассчитаем площадь наплавленного металла:

$$F_H = \frac{K^2}{2} \quad (2.4)$$

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

5) Погонная энергия:

$$g_{II} = \frac{I_{CB} \cdot U_g \cdot \eta_{II}}{V_{CB}} \quad (2.5)$$

где  $\eta_{II}=0,85..0,95$  – эффективный КПД для дуговой сварки под флюсом.

$$g_{\text{п}} = \frac{424 \cdot 32 \cdot 0,85}{0,85} = 13,568 \text{ кДж/см}$$

6) Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{\text{п.п.}} = \frac{4 \cdot \alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot \gamma \cdot d_{\text{э}}^2} \quad (2.6)$$

где  $\alpha_{\text{р}}$  - коэффициент расплавления, г/А ч;

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

При сварке на постоянном токе обратной полярности коэффициент расплавления  $\alpha_{\text{р}}$  рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{р}} = 6,3 + \frac{70,2 \cdot 10^{-3}}{d_{\text{эл}}^{1,035}} \cdot I_{\text{св}} \quad (2.7)$$

$$\alpha_{\text{р}} = 6,3 + \frac{70,2 \cdot 10^{-3}}{4^{1,035}} \cdot 424 = 13,15 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$V_{\text{п.п.}} = \frac{4 \cdot 13,15 \cdot 424}{3,14 \cdot 7,8 \cdot 3^2} = 101,13 \text{ м/ч}$$

7) Рассчитаем площадь поперечного сечения электродной проволоки,

$$F_{\text{эл.пр}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,065 \text{ мм}^2 = 0,07065 \text{ см}^2 \quad (2.8)$$

8) Определяем глубину проплавления:

$$H = 0,0076 \sqrt{\frac{g_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}} \quad (2.9)$$

где  $\psi_{\text{пр}}$  - коэффициент формы провара определяется по формуле 2.10:

$$\psi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{U_{\text{г}} \cdot d_{\text{э}}}{I_{\text{св}}} \quad (2.10)$$

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

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot 60^{0,1925} = 0,8 \quad (2.11)$$

$$\psi_{\text{пр}} = 0,8 \cdot (19 - 0,01 \cdot 424) \cdot \frac{32 \cdot 3}{424} = 2,67$$

$$H = 0,0076 \sqrt{\frac{13568}{2,67}} = 0,5 \text{ см}$$

9) Высота валика сварного шва:

$$q = \sqrt{F_H} \quad (2.12)$$

$$q = \sqrt{0,08} = 0,28 \text{ см}$$

10) Величина проплавления вертикальной стенки:

$$S_B = 0,8 \cdot H \quad (2.13)$$

$$S_B = 0,8 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ см}$$

10) Общая высота сварного шва:

$$C = H + q \quad (2.14)$$

$$C = 0,5 + 0,28 = 0,78 \text{ см}$$

Зная значения высоты шва, высоты валика, величину проплавления вертикальной стенки получим форму шва, как это показано на рисунке 1.

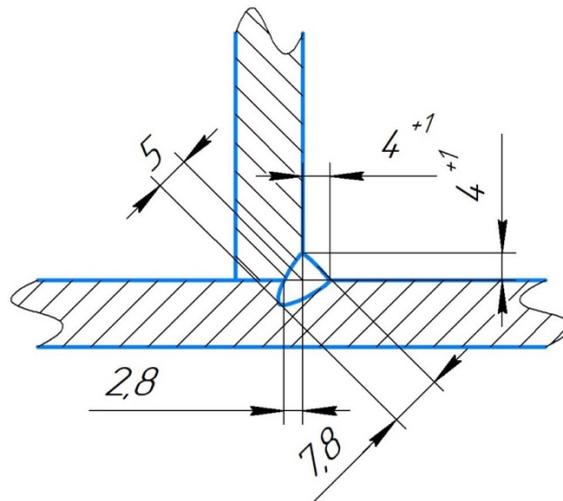


Рисунок 1 – Форма углового шва таврового соединения

## 2.2 Сварочное оборудование и материалы

Требуемые 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 DC1500 и Power Wave 1000 AC/DC (Lincoln Electric, США) [7]. Характеристики сварочного оборудования представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.2.1.1 – Характеристики выбранных источников питания [7]

Наименование источника питания	Idealarc DC-1000	Idealarc DC-1500	Power Wave 1000 AC/DC
Номинальный сварочный ток, А	1000	1500	1000

Продолжение таблицы 2.2.1.1

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 [7].

Этот источник питания позволяет вести сварку токами с программируемыми амплитудой и частотой, а также на переменном токе и токами прямой и обратной полярности. Таким образом, сварочная процедура оптимизируется для получения повышенной наплавки, глубокого проплавления или высокой линейной скорости ведения шва.

Конструктивно источник PowerWave AD/DC 1000 представляет собой высокопроизводительный инвертор с цифровым управлением, позволяющим формировать сложную эпюру сварочного тока в реальном времени. При сварке несколькими дугами фаза и частота на выходе источников легко синхронизируются. Этим обеспечивается беспрецедентная производительность многодуговой сварки

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 [7].

В комплектацию не входит блок управления, тормоз катушки проволоки, а также крепёж для катушки с проволокой.

Контроллер PowerFeed 10A основан на традиционном контроллере, используемом в механизме подачи проволоки и пульте управления PowerFeed 10. Все органы управления теперь доступны на едином пульте с цифровой индикацией.

Контроллер подключается по интерфейсу ArcLink и может легко интегрироваться со специализированными системами управления и программируемыми командоаппаратами.

Преимущества контроллера PowerFeed 10A:

- Единый пост управления, где устанавливается режим сварки, ток, напряжения, скорость подачи проволоки, параметры эюры сварочного тока;
- Защита технологических параметров, за счет которой можно ограничить пределы, в которых оператор может изменять значения параметров процедуры;
- Панель памяти, на которой каждой из 6-ти кнопок на панели памяти может быть присвоена своя сварочная процедура.

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

Сварку легированных сталей производят проволоками составом, близким к свариваемой стали. Сварку среднелегированных конструкционных сталей (09Г2С)

Выбор сварочных материалов проводится с выполнением следующих условий:

- бездефектный сварочный шов;
- оптимальный химический состав металла шва;
- устойчивость сварных соединений при нагрузках.

Выбор сварочной проволоки.

Рассмотрим сварочные проволоки Св-08А и Св-08ГС. Химический состав которых представлен в таблице 2.2.2.1.

Таблица 2.2.2.1 – Химический состав сварочной проволоки, %, ГОСТ 2246 – 70 [8]

Марка проволоки	Химический состав						
	S	P	C	Mn	Ni	Cr	Si
	Не более						
Св-08А	0,03	0,03	До 0,1	От 0,35 до 0,6	До 0,1	До 0,1	До 0,1
Св-08ГС	0,03	0,025	До 0,1	От 1,4 до 1,7	До 0,25	До 0,2	От 0,6 до 0,85

Из представленных сварочных проволок была выбрана Св-08А, так как эта марка является более распространенной и полученные прочностные характеристики сварного шва при использовании этой проволоки удовлетворяют нашей конструкции.

Низкоуглеродистая электродная проволока используется в сочетании с высокомарганцовистым (35-45% MnO) флюсом с высоким содержанием

кремнезема (40-45% SiO<sub>2</sub>). Легирование шва кремнием и марганцем происходит за счет кремний- марганцевовосстановительных процессов, количество восстанавливаемого из флюса в шов легирующего элемента сравнительно не велико ( $Si \leq 0,5$ ;  $Mn \leq 0,9$ ) [8].

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей наиболее широко используются широко распространенный флюс ОСЦ- 45.

Флюс ОСЦ-45 предназначается для автоматической дуговой сварки широкой номенклатуры изделий. Сварочный флюс ОСЦ-45 применяется для автоматической сварки, при этом отмечается устойчивость горения дуги. Такой сварочный флюс широко используют при сварки углеродистых и низколегированных сталей, а также, для наплавки изделий из углеродистых и легированных сталей определенных типов.

Строение зерен флюса ОСЦ-45 - зерновидное, цвет коричневый, а их размер варьируется от 0,25мм до 3,0 мм. К плюсам сварочного флюса ОСЦ- 45 можно отнести такие его свойства, как устойчивость к ржавчине, а также он дает достаточно плотные швы, которые устойчивы к появлению трещин и пор [9]. Недостатком флюса является выделение в несколько большем количестве фтористых газов, которые являются вредными для человека.

Вывод: учитывая большую устойчивость к ржавчине и меньшее содержание фосфора, для сварки нашей конструкций выбираем флюс ОСЦ-45. Химический состав флюса ОСЦ-45 по ГОСТ 9087 –81 приведен в таблице 2.2.2.2.

Таблица 2.2.2.2 – Химический состав флюса ОСЦ-45, %, ГОСТ 9087 – 69 [10]

SiO <sub>2</sub>	MnO	CaF <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
От 38,0 до 44,0	От 38,0 до 44,0	От 4,0 до 5,5	До 6,5	До 2,5	До 4,5	До 2,0	До 0,15	До 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. Кромки зачищают с двух сторон на ширину не менее 20 мм [2].

Способы зачистки кромок:

- Ручной;
- Механизированный.

### 2.4 Прогнозируемый химический состав и свойства сварного шва

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка.

Степень легирования металла шва, с некоторой погрешностью, может быть установлена сопоставлением химического состава основного металла и металла наплавленного валика, определяемого по формуле:

$$R_{ш} = R_0 \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot R_э; \quad (2.15)$$

где  $R_{ш}$  - содержание рассчитываемого элемента, %;

$R_0$  - содержание того же элемента в основном металле, %;

$(1 - \gamma_0)$  - доля участия электродного металла в металле шва, %;

$R_э$  - содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленном данной маркой электродов, %;

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

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{пр}}{(F_{пр} + F_H)}; \quad (2.16)$$

где  $F_H$  - площадь сечения наплавленного металла ( $F_H = 8 \text{ мм}^2$ );

$F_{пр}$  - площадь сечения проплавленного металла, которая с некоторой погрешностью может быть определена по формуле:

$$F_{пр} = \frac{\Psi_{пр} \pi \cdot K^2}{4}; \quad (2.17)$$

где расчётный коэффициент формы провара  $\Psi_{пр}=2,3$ ;

$$F_{пр} = \frac{2,67 \cdot 3,14 \cdot 4^2}{4} = 33,55 \text{ мм}^2$$

В таком случае:

$$\gamma_0 = \frac{33,55}{(33,55 + 8)} = 0,8$$

Определяем химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, %:

$$[Fe]: R_{ш} = 96,7 \cdot 0,8 + (1 - 0,8) \cdot 96,82 = 96,7\%;$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,8 \cdot 0,8 + (1 - 0,8) \cdot 1 = 0,84\%;$$

$$[C]: R_{ш} = 0,09 \cdot 0,8 + (1 - 0,8) \cdot 0,1 = 0,92\%;$$

$$[Cr]: R_{ш} = 0,3 \cdot 0,8 + (1 - 0,8) \cdot 0,1 = 0,26\%;$$

$$[Mn]: R_{ш} = 1,3 \cdot 0,8 + (1 - 0,8) \cdot 0,6 = 1,15\%;$$

$$[Ni]: R_{ш} = 0,2 \cdot 0,8 + (1 - 0,8) \cdot 0,1 = 0,18\%;$$

В таблице 2.4.1 представлены механические свойства полученного сварного шва.

Таблица 2.4.1 - Механические свойства шва, ГОСТ 2246 – 70 [8]

$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
510	448	24	53

## 2.5 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. Повторить со второй полкой аналогично. Прихватки выполняются механизированной дуговой сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа  $CO_2$ , следовательно, прихватки проставляются со всех сторон стенки к полкам. 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. 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 двутавровых балок рекомендуется использование входных и выводных планок. Возможно образование непроваров в начале шва, когда основной металл еще недостаточно прогрет. Так как в конце шва в заплавленном кратаре могут образовываться поры и трещины, то сварку следует начинать и

заканчивать на технологических планках представленных на рисунке 2, которые после остывания шва удаляют.

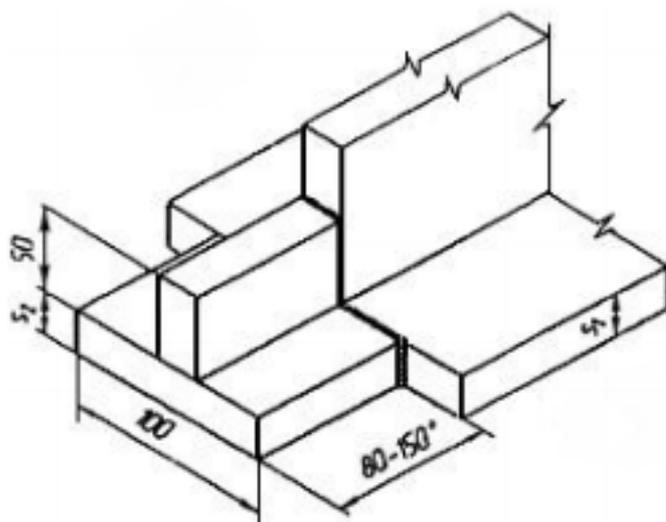


Рисунок 2 – Технологическая планка

Роль скрепляющих элементов при сборке выполняют технологические планки, исходя из этого их необходимо приваривать электродной проволокой, которая используется для сварки данной марки стали, обязательно с полным проваром. Неполный провар способствует образованию продольных горячих трещин, которые в дальнейшем могут распространиться и на основной шов [11].

## 2.6 Подогрев 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 плавленые флюсы должны быть прокалены в печи 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.

## 2.7 Мероприятия по снижению деформаций и напряжений

Процессы, посвященные устранению деформации и напряжения от сварки можно разделить на две группы:

К первой группе относятся процессы, предотвращающие возможность появления деформаций и напряжений или же уменьшающие их воздействие. Такие как выбор определенной очередности сварки изделия, закрепление, предварительный обратный выгиб, подогрев, интенсивное охлаждение свариваемых деталей.

Предварительный выгиб свариваемых деталей применяют как для борьбы с деформациями в плоскости, так и с деформациями из 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°С, чтобы не попасть в интервал температур пониженной его

пластичности. Холодное проколачивание шва и околошовной зоны производят от температуры, не превышающей 100°C, до обычной.

К второй группе относятся процессы, которые обеспечивают последующее исправление деформаций и снятие образовавшихся напряжений.

## 2.8 Технология и техника сварки

Процесс сварки данной конструкции можно разделить на два этапа:

- сварки листов;
- 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.

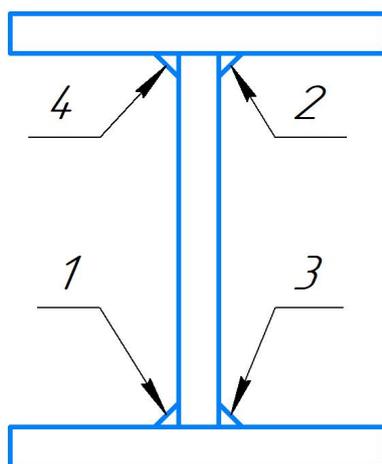


Рисунок 3 – Порядок наложения поясных швов.

Для уменьшения деформаций необходимо при сварке балки выполнять швы в определенном порядке (рисунок 3).

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.

## **2.9 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 оборудование для проведения визуально-измерительного контроля. ГОСТ 23479-79 указывает и на применение конкретного оборудования и инструментов для качественного исследования визуальным способом.

- 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.

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:

- 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 указании в соответствии с ГОСТ 7512-82 [13].

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

При соблюдении техники безопасности, правильно организованном производственном процессе, обеспечении условий охраны труда сварочный процесс не является особо опасным технологическим процессом. Однако, для создания безопасных условий труда для сварщиков, следует учитывать не только общие положения техники безопасности на производстве, но и особенности выполнения сварочных работ. Некоторыми особенностями являются возможные отравления вредными парами и газами, ожоги излучением от сварочной дуги и расплавленным металлом а также поражения электрическим током.

Для предотвращения поражения электрическим током при проведении электросварочных работ следует 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.

В случаях поражения электрическим током необходимо оказать пострадавшему первую медицинскую помощь. Во-первых, обязательно нужно сразу отключить ток первичной цепи и освободить от его воздействия пострадавшего, обеспечить доступ свежего воздуха, вызвать врача, в случае необходимости сделать искусственное дыхание. Тело прикрывают специальной одеждой. Следует надевать защитные рукавицы, для защиты от брызг расплавленного металла, а также для предохранения рук сварщика от излучения дуги. За счет применения щитков, масок, которые имеют светофильтры, задерживающие и поглощающие излучение дуги, защищают зрение. Для устранения вредных газов и пыли из зоны сварки необходимо устройство местной вентиляции. Отсосы местной вытяжной вентиляции на стационарных сварочных постах располагают в нижней задней части сварочного стола, а на подвижных сварочных постах рекомендуется использовать переносные отсосы. В случае отравления пострадавшего необходимо сделать несколько шагов. Во-первых, пострадавшего нужно вынести на свежий воздух и освободить от стеснённой одежды. Во-вторых, необходимо вызвать врача и предоставить ему покой до его прибытия, при необходимости, пострадавшему следует произвести искусственное дыхание [11].

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

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

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и сварки двутавровой балки» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в исследовании и технологии сборки и сварки двутавровой балки.

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

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

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

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

Таблица 4.1.1.1 - Сегментирование рынка

	Сфера использования	
	Краностроение	Мостостроение

Продолжение таблицы 4.1.1.1

Размер организации	Крупные	2	1
	Средние		4
	Мелкие	3	

1. Челябинский завод металлоконструкций – 1
2. Кранкомплект – 2
3. Demag – 3
4. МОСТСТРОЙИНДУСТРИЯ – 4

Как видно из таблицы 4.1.1.1, наиболее перспективным сегментом в отраслях краностроения и мостостроения для формирования спроса является сегмент крупных и средних мостостроительных предприятий.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. В настоящий момент в России можно выделить лишь два наиболее влиятельных предприятий-конкурентов в области производства балок двутаврового сечения: ООО «Ясногорский завод металлоконструкций» ЯЗМ (Тульская область), ООО «Челябметаллоконструкция» (г. Челябинск).

Таблица 4.1.2.1 - 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							

Продолжение таблицы 4.1.2.1

1. Производительность балок	0,2	3	5	4	1,3	1,4	1,2
2. Долговечность	0,4	3	5	4	1,4	1,5	1,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,2	5	4	4	1	0,8	0,7
2. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Финансирование научной разработки	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
Итого	1	19	23	21	4,5	4,6	4,2

где сокращения: Бф – продукт проведенной исследовательской работы; «Ясногорский завод металлоконструкций»; Бк2 – «Челябметаллоконструкция».

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (4.1)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл i-го показателя.

Таким образом, на основании таблицы 4.2 можно сделать вывод, что разработанная в ходе исследовательской работы балка двутаврового сечения может составить серьезную конкуренцию уже имеющимся на российском рынке производителям. Главными преимуществами данной разработки является довольная высокая производительность и срок службы при относительно низкой цене.

### 4.1.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта[14].

SWOT-анализ используется для определения слабых и сильных сторон проекта, таблица 4.1.3.1.

Таблица 4.1.3.1 - Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые
<ul style="list-style-type: none"><li>• С1. Высокое качество получаемой продукции</li><li>• С2. Широкая область применения</li><li>• С3. Более низкая стоимость производства</li><li>• С4. Квалифицированный персонал</li><li>• С5. Актуальность проекта</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Сл1. Требуется два источника питания</li><li>• Сл2. Отсутствие квалифицированного персонала</li><li>• Сл3. Перенастройка оборудования</li><li>• Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</li></ul>
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"><li>• В1. Регулирование производительности</li><li>• В2. Получение качественных сварных соединений</li><li>• В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• У1. Появление новых технологий</li><li>• У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства</li><li>• У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</li></ul>

В результате проведения SWOT анализа были выявлены основные проблемы, с которыми сталкивается или может столкнуться в будущем предприятие, применяя автоматическую сварку под слоем флюса. Из матрицы SWOT видно, что необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как высокое качество получаемой продукции, более низкая стоимость производства, так как именно эти сильные стороны проекта связаны с наибольшим количеством возможностей. Что касается слабых стороны, необходимо обратить

внимание на создании научной группы из квалифицированных работников. Работа над этими недостатком позволить повысить конкурентоспособность, уменьшить влияние внешних угроз на проект[14].

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Прежде чем начать работу над проектом, необходимо провести планирование этапов работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также привести сроки выполнения каждого этапа. Структура работ и распределение занятости исполнителей приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.2.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Инженер
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	

Продолжение таблицы 4.2.1.1

Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Руководитель, инженер
	10	Вывод по цели	

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни. Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по формуле [4.2]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} \cdot 2t_{\max\ i}}{5} \quad (4.2)$$

где:  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы человеко-дней;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, 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 %.

$$T_{Pi} = \frac{t_{ож\ i}}{q_i} \quad (4.3)$$

где где:  $T_{Pi}$  – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дней;

$\chi_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек.

### 4.2.3 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[15].

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

$$T_{ki} = T_{Pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (4.4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4.5)$$

где:  $T_{\text{кал}} = 366$  – количество календарных дней в году;

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.47$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 4.5). После заполнения таблицы 4.5 строим календарный план-график (табл. 4.6).

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.

Таблица 4.2.3.1 – временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в рабочих дня $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , человеко-дни			$t_{max}$ , человеко-дни			$t_{ож}$ , человеко-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	Руководитель–инженер	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Инженер-руководитель	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	Инженер	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер -руководитель	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Инженер	2	3	3	3	5	5
Проведение расчётов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер -руководитель	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер	3	3	3	4	4	4

Таблица 4.2.3.1 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кол- во дней	Продолжительность выполнения работ										
				Март			Апрель			Май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение проекта	Руководитель	3	X										
2	Анализ актуальности темы	Руководитель – инженер	2	XY										
3	Поиск и изучение материала по теме	Руководитель	2		Y									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2		Y									
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3		Y									
6	Изучение литературы по теме	Инженер	15			X								
7	Подбор нормативных документов	Инженер - руководитель	5			XY								
8	Изучение установки	Инженер	6					X						
9	Моделирование установки	Инженер	3						X					
10	Изучение результатов	Инженер	3								X			
11	Проведение расчётов по теме	Инженер	10								X			
12	Анализ результатов	Инженер - руководитель	2									XY		
13	Вывод по цели	Инженер	1									X		

X - Инженер; Y - Руководите

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

При планировании бюджета НТИ обеспечиваем полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используем следующие группировки по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i} \quad (4.6)$$

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

$N_{\text{расх } i}$  – 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.

В таблицы 4.3.1.1 представлены стоимость материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 4.3.1.1 – Материальные 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	Штук	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
Сварочная проволока	кг	0,5	0,5	0,5	80	80	80	46	46	46
Сварочный флюс	кг	2	2	2	200	200	200	460	460	460
Итого								2403,5	2288,5	2227,5

#### 4.3.2 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 60000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [19].

Норма амортизации  $H_A$  рассчитывается как [20]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (4.7)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (4.8)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 60000 \cdot 0,33 = 19800 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{19800}{12} = 1650 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1650 \cdot 5 = 8250 \text{ руб.} \quad (4.11)$$

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме[15].

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 4.3.3.1 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена за единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3

Продолжение таблицы 4.3.3.1

1	Источник питания	1	-	-	65	-	-	74,75	-	-
Итого								74,75	-	-

**4.3.4 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы**

Оклад научного руководителя составляет 40000 рублей. Оклад инженера 23200 рублей. В 2020 году с учётом 48-дневного отпуска 252 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1904,76 рублей в день, для инженера – 1104,76 рублей в день.

Зарботная плата включает в себя основную и дополнительную части. При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{пр} + K_{д}) \cdot K_p, \quad (4.12)$$

где  $ЗП_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{РД}$  – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{пр}$  – коэффициент премирования;

$K_{д}$  – коэффициент доплат;

$K_p$  – районный коэффициент.

Результаты расчёта основной заработной платы по формуле 7 приведены в табл. 4.3.4.1 .

Таблица 4.3.4.1 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$ЗП_{дн}$	$K_p$	$K_{д}$	$K_{пр}$	$T_{РД}$	$ЗП_{осн}$ , руб
Руководитель	1904,76	0,3	0,2	1,3	28	39999,96
Инженер	1104,76	0,3	0,2	1,3	40	33142,8
Итого						73142,76

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (4.13)$$

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

Таким образом, дополнительная заработная плата руководителя составляет 4800 рублей, а инженера 3977 рублей, а общая заработная плата руководителя равна 44800 рублей, инженера – 37119,8 рублей.

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (4.15)$$

где  $k_{внеб} = 30,2\%$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный, ОМС и пр.).

На 2020 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 2015 году водится пониженная ставка – 28%.

Таблица 4.3.5.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	39999,96	4800
Инженер	33142,8	3977
Коэффициент отчислений	0,302	
Итого	24739,77	

#### 4.3.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (4.16)$$

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:

$$Z_{\text{накл}} = 189781,53 \cdot 0,16 = 30365,04 \text{ руб.}$$

#### 4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 1.3.6

Таблица 4.3.7.1 – Расчет бюджета затрат НИТ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИТ	2403,5	Пункт 4.3.1
2. Затраты на амортизацию	8250	Пункт 4.3.2
3. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	74750	Пункт 4.3.3
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	73142,76	Пункт 4.3.4
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8777	Пункт 4.3.5
6. Отчисления во внебюджетные фонды	24739,77	Пункт 4.3.6

Продолжение таблицы 4.3.7.1

7. Накладные расходы	30730,08	16% от суммы ст. 1-6
8. Бюджет затрат НТИ	222793,11	Сумма ст.1-7

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{фин\ nr}^{исп. i} = \frac{\Phi_{p i}}{\Phi_{max}} \quad (4.17)$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 4.4.1 - расчет интегрального финансового показателя

	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Стоимость выполнения, руб	222793,11	200000	209000
$I_{фин\ nr}^{исп. i}$	1	0,94	0,98

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i \quad (4.18)$$

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

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

$b^i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл.5).

Таблица 4.4.2 – сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметр а	Ис п.1	И сп. 2	Ис п.3
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3
Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	4
Помехоустойчи вость	0,15	4	4	4
Энергосбереже ние	0,20	4	4	5
Надежность	0,25	4	5	5

Продолжение таблицы 4.4.2

Материалоемкость	0,15	5	3	3
Итого	1	4,4	4,1	4

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{фин. i}} \quad (4.19)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки, позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл.6) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (4.20)$$

Таблица 4.4.3 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,94	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,1	4
3	Интегральный показатель эффективности	4,4	4,3	4,08
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,97	0,93

Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительным является первый вариант исполнения, так

как данный вариант исполнения является наиболее экономичным и ресурсоэффективным [17].

Вывод: для достижения главной цели раздела решались такие важные задачи, как: оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований проводили с помощью рассмотрения целевого рынка и его сегментирования. На основе SWOT-анализа провели выявление сильных сторон и возможностей проект, а также слабых сторон и угроз. Для извлечения дополнительных преимуществ необходимо дальнейшее развитие технологии; при планировании научно-исследовательских работ определили общее содержание работы, тему проекта, структуру работы, работу каждого участника, продолжительность работ; при планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его выполнения. Итоговая сумма бюджета составляет 222793,11 рублей.

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

## **5 Социальная ответственность**

Научно-исследовательская работа направлена на разработку технологии сборки и сварки двутавровой балки.

Сборка и сварка балки из стали будет производиться внутри помещения.

Выполнение работ включают работу на аппарате плазменной резке, оборудовании для механизированной сварке в среде защитных газов.

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

Перед началом работы вновь зачисленных в штат рабочих обязательно инструктируют по безопасности труда, а в последующем не реже чем один раз в три месяца для всех рабочих проводят повторный инструктаж. Не позднее месяца со дня зачисления рабочего в штат руководство организации обучает его по безопасным методам производства работ. После окончания обучения, а в дальнейшем ежегодно проверяют знание рабочими безопасных методов и приемов выполнения работ.

Правовые вопросы обеспечения безопасности рабочих устанавливаются охраной труда при сварочных работах. К самостоятельному выполнению сварочных работ допускаются работники не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, имеющие группу по электробезопасности не ниже II, профессиональные навыки по сварочным работам и имеющие удостоверение на право производства сварочных работ.

Прежде всего на строительной площадке устанавливают для людей опасные зоны и обозначают их знаками безопасности установленной формы. Такими зонами являются зоны вблизи от незаземленных токоведущих частей электроустановок, вблизи не огражденных перепадов по высоте на 1,3 м и более, в местах перемещения балок, машин и оборудования, в местах производства

погрузочно-разгрузочных работ. Проезды, проходы, погрузочно-разгрузочные площадки и рабочие места регулярно очищают от мусора (огарков электродов, кусков проволоки, стружки, предохранительных колец, которые снимают с торцов труб и др.). Проходы для рабочих, расположенные на стеллажах, уступах, откосах с уклоном более 20 градусов, оборудуют стремянками или лестницами с перилами. Стеллажи для сборки и сварки балок должны быть смонтированы по утвержденному проекту. Рабочая поверхность стеллажа должна быть горизонтальной.

Сама планировка производственной площадки тщательно продумывается с точки зрения безопасности труда.

На месте работ по подъему, перемещению балок не должны находиться лица, не имеющие прямого отношения к выполнению данных работ.

## 5.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет систему организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при работе на сварочном выпрямителе. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [19]. Все факторы приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.2.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении сварочных работ

Источник фактора	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)	Нормативные Документы
------------------	---------------------------------------	-----------------------

Продолжение таблицы 5.2.1

	Вредные	Опасные	Вредные факторы	Опасные факторы
Работа на сварочном выпрямителе	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Повышенный уровень статического электричества	СП 52.13330.2011	ГОСТ 12.1.019 - 79 (с изм. No1)
	Повышенный уровень электромагнитных излучений	Электрический ток	СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03	ГОСТ 12.1.038-82
	Повышенный уровень шума на рабочем месте		Р 2.2.2006-05	
	Отклонение параметров микроклимата в помещении		ГОСТ 12.1.005-88	

Далее более подробно рассмотрим опасные и вредные факторы, воздействующие на инженера, возникающие в связи с работой на сварочном выпрямителе.

### 5.2.1 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 [19]. Согласно [20] 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 [24]. 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 5.2.1.1.

Таблица 5.2.1.1 – Оптимальные показатели микроклимата

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

Таблица 5.2.1.1 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура, град. 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.

### 5.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Люди, которым приходится работать в условиях длительного шума, обычно имеют головные боли, раздражительность, сталкиваются со снижением памяти, повышенной утомляемостью, также у многих понижен аппетит, есть боли в ушах и т. д. Перечисленные факты снижают производительность, работоспособность человека, а также качество труда [21].

Шумовой фон помещения создают работающий сварочный выпрямитель и система принудительной вентиляции.

Во избежание негативных последствий от производственного шума, его необходимо регулировать в соответствие с нормами, которые указаны в ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Общие требования безопасности». Допустимые уровни звука и звукового давления для рабочего места разработчика-программиста согласно вышеуказанному ГОСТ 12.1.003-2014 представлены в таблице 5.2.2.1.

Таблица 5.2.2.1 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах

Вид трудовой деятельности/ Частоты	Уровни звука и звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Сварочные работы на выпрямителе. Рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятия.	107	95	87	82	78	75	71	69	80

Эквивалентный уровень шума – 80 дБА.

Для снижения уровня шума, производимого сварным выпрямителем, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от пыли, прочистка шлангов, замена деталей; также применяются звукопоглощающие материалы.

### **5.2.3 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. При недостаточном уровне освещённости, необходимо установить необходимое количество ламп искусственного освещения. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [21] коэффициент пульсации освещенности для лаборатории не должен превышать 10%. Виды освещения нормируются СП52.13330.2011 [22].

### **5.2.4 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 выпрямитель. Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой 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 [24] приведены в таблице 5.2.4.1.

Таблица 5.2.4.1 – 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.

### 5.2.5 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 выпрямителе 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 5.2.5.1 – 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
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.

### **5.2.6 Электрический ток**

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока [25] (ГОСТ 12.1.009- 76).

Опасность поражения человека электрическим током существует во всех случаях, когда используются электрические установки и оборудование. Для предотвращения электрического поражения необходимо по возможности исключить причины поражения, к которым относятся:

- 1) случайные прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

2) появление напряжения на механических частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т.д.) в результате повреждения изоляции или других причин;

3) появление напряжения на отключённых токоведущих частях, на которых работают люди в результате ошибочного включения;

4) возникновения напряжения на поверхности земли или на опорной поверхности;

5) не целостность токоведущих кабелей;

б) включенный сеть во время перерыва.

Не следует прикасаться к оборудованию и токоведущим частям без права на то и принятия мер предосторожности.

Нельзя подходить к месту падения оборвавшегося провода до отключения электросети.

Нужно немедленно сообщать о неисправностях электрооборудования и электросети мастеру или диспетчеру.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации и ремонта электрифицированного оборудования применяют определенные меры защиты.

Заземление – необходимый способ обеспечения электробезопасности. Оно служит для снижения величины силы тока, протекающего через тело человека при соприкосновении его с металлическими частями электрооборудования. Электроустановки и электроинструмент напряжением свыше 42 В должны быть заземлены.

Для защиты людей от поражения электрическим током применяются средства изоляции человека от земли и токоведущих частей (изолирующие подставки, коврики, галоши и перчатки); инструменты и приспособления с изолированными ручками (штанги, монтерский инструмент); приборы для определения напряжения; переносные плакаты и знаки безопасности.

При повреждении изоляции для защиты людей от поражения электрическим током применяются: заземление, зануление, защитное

отключение. Пренебрежение вышеперечисленными средствами защиты может привести к тяжелым последствиям.

Согласно ПУЭ (7-е изд.) [19] данное производственное помещение относится к категории помещения – без повышенной опасности. Так как в ней учтены все необходимые правила по электробезопасности, это сухое помещение без повышенного напыления, температура воздуха нормальная, пол покрыт изоляционным материалом. Влажность воздуха не превышает 75%, отсутствует токопроводящая пыль, температура не превышает 35°C.

Все сотрудники проходят первичный инструктаж по электробезопасности.

### **5.2.7 Термическая опасность**

Для уменьшения концентрации вредных веществ на рабочих местах при производстве Термическая опасность – опасность, возникающая при горении, повышенной температуры поверхности или повышенной температуре вдыхаемого газа.

Термические опасности могут приводить к:

1) ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, например, пламенем или взрывом, а также излучением источников тепла;

2) ущерб здоровью из-за воздействия высокой или низкой температуры окружающей производственной среды;

3) ожог дыхательной системы путем вдыхания газа повышенной температуры.

Причины возникновения термической опасности:

1) нагрев свариваемых деталей путем электродуговой сваркой;

2) брызги расплавленного металла;

3) улечувание защитного газа.

Меры предосторожности от термической опасности:

- 1) использование спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- 2) принудительная вентиляция рабочей зоны;
- 3) защитные экраны.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС [24] - это нарушение нормальных

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 выпрямителем. 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.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация называют обстановку, которая возникает на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, стихийного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде.

В помещении предприятия возможно возникновение такой чрезвычайной ситуации как пожар.

Пожар представляет собой неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей.

При работе в помещении, причиной пожара могут послужить:

- 1) неисправность оборудования и электропроводки;
- 2) перегрузка сети, ведущая к нагреву токоведущих частей и загоранию изоляции;
- 3) короткое замыкание;
- 4) несоблюдение норм и правил пожарной безопасности;
- 5) вылет раскаленной капли на легковоспламеняющуюся поверхность.

### **5.4.1 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.

## **Заключение**

При написании выпускной квалификационной работы была разработана технология сборки и сварки двутавровой балки из стали 09Г2С. 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. Были составлены карты технической документации, а также прописана вся технология сборки и сварки.

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

Кроме того, была проведена экономическая оценка данной технологии в сравнении с конкурентными разработками на рынке. В ходе выполнения этой оценки было установлено, что наша технология превосходит по ресурсоэффективности и ресурсосбережению аналогичные разработки примерно на 3-5%, а значит имеет конкурентное преимущество на рынке.

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

## Список используемых источников

1. ГОСТ 19281-89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004491>
2. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И.Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
3. Федосов С.А. Основы технологии сварки /С.А.Федосов, И.Э.Оськин [Электронный ресурс]: СПб.:Лань, 2011. - 125 с. Режим доступа [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2021](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2021)
4. Сварка и свариваемые материалы: справ. издание: в 3-х т. Т.1 Свариваемость материалов [Текст]/ под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 528 с.
5. Гуревич, С.М. Справочник по сварке металлов / СМ. Гуревич. - Наукова думка, 1981. – 608 с.
6. ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы конструктивные элементы и размеры. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004491>
7. Сварочное оборудование. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.lincolnweld.ru>.
8. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005429>
9. Быковский, О.Г. Справочник сварщика: справочник / О.Г. Быковский, В.Р. Петренко, Пешков В.С. – М.: Машиностроение, 2011. – 336с.
10. ГОСТ 9087-81 Флюсы сварочные плавленные. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004707>
11. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной. - Москва: Академия 1997. - 315с.

12. Смирнов М. А. Основы термической обработки стали / М. А. Смирнов, В. М. Счастливец, Л. Г. Журавлев. - Екатеринбург: УрО РАН, 1999. - 494 с.
13. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004491>
14. Волкова Л. Методика проведения SWOT-анализа [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://m-arket.narod.ru/S\\_StrAn/SWOT.html](http://m-arket.narod.ru/S_StrAn/SWOT.html)
15. Криницына З.В. Ресурсоэффективность отрасли: Учебное пособие / З.В. Криницына. – Томск, издательство Томского политехнического университета, 2013. – 182с.
16. Методическая поддержка центров коммерциализации технологий/под ред. А.Бретта, О.Лукшин. – М.:ЦИПРА РАН 2006. – 368 с.
17. Шепеленко Г.И. Экономика, организация и планирование производства на предприятии: Учебное пособие / Г.И. Шепеленко. – 2-е изд., доп. и переработ. – Ростов-на-Дону: МарТ, 2000. – 544 с.
18. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N426-ФЗ «О специальном оценке условий труда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL:http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156555](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555).
19. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004491>
21. 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.

22. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Минздрав России, 2003. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004491>

23. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ) М.: Стандартиформ, 2008.

24. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004707>

25. ГОСТ 12.1.009-76. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004491>

## **Приложение А**

Комплект технологической документации



Дцбл.			
Взам.			
Подл.			

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


ФЮРА.02190.011

5

1

Разраб. Мачкалян А.А. 10.03.2020

Проверил. Киселев А.С.

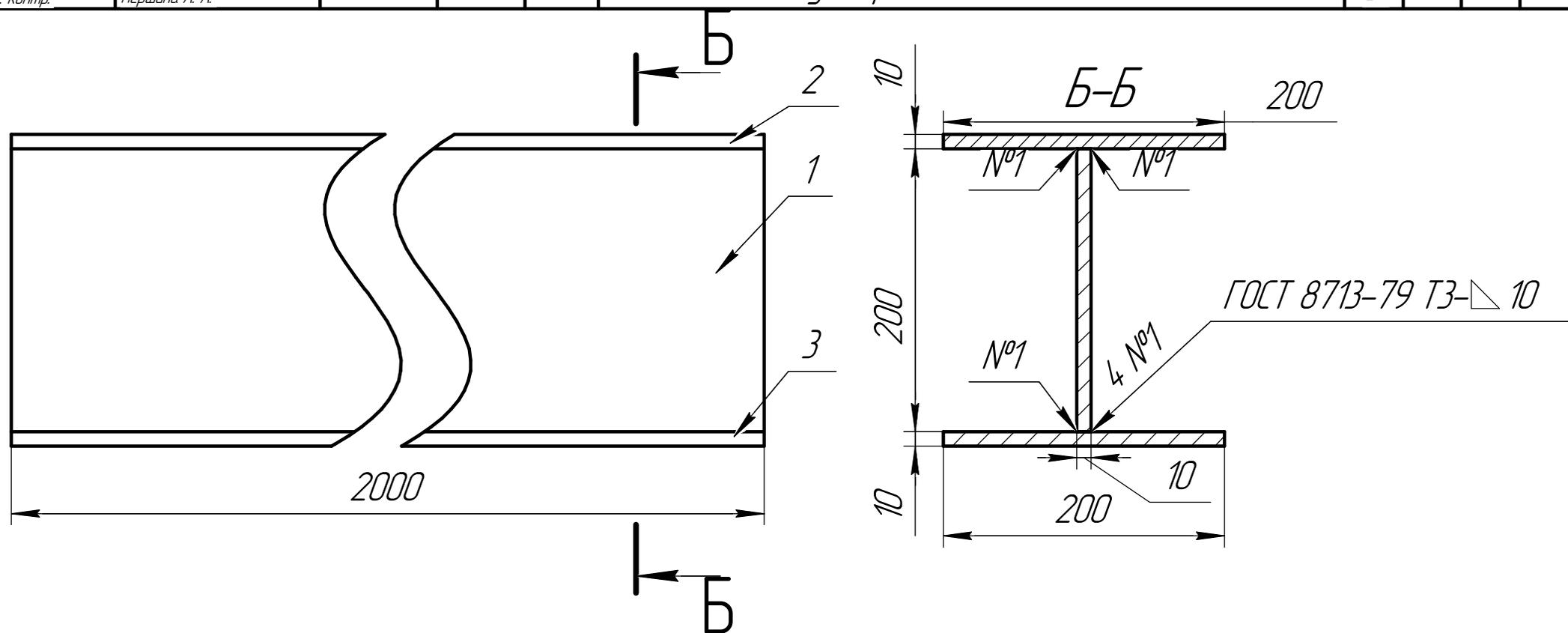
ТПУ

ФЮРА.20190.001

Н. контр. Першина А.А.

Двуглабое соединение

У



1. Вертикальная стенка
2. Верхняя полка
3. Нижняя полка

Дцбл.			
Взам.			
Подл.			

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

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

ФЮРА.02190.011

5

2

Разраб. Мачкалян А.А. 10.03.2020

Проверил. Киселев А. С.

ТПУ

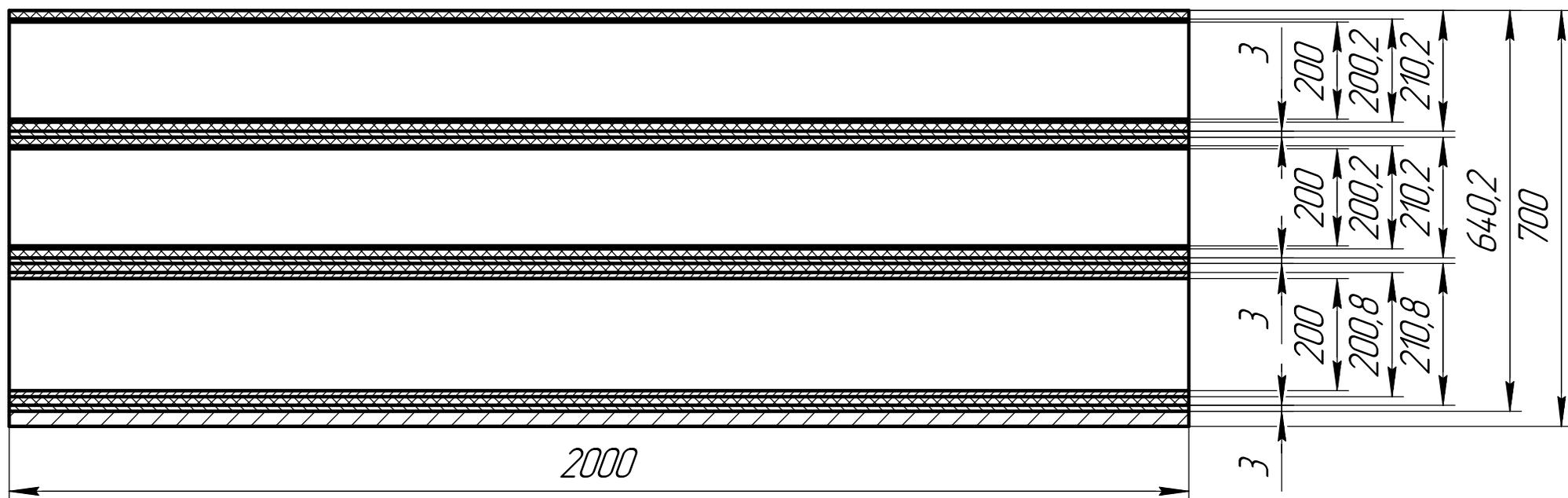
ФЮРА.20190.002

Н. контр. Першина А. А.

Раскрой листа под двутавровую балку

У

Изготовление стенки и полок с припусками на фрезерование торцов, плазменную резку и усадку при сварке  
005/010/015



Обозначение припусков:

-  - на фрезерование
-  - на плазменную резку
-  - на усадку при сварки
-  - отходы

Примечание: данный раскрой является оптимальным, так как общая потеря металла составляет 8,54 %.

Дцбл.			
Взам.			
Подл.			



ФЮРА.02190.011

5

3

Разраб.	Мачкалян А.А.	10.03.2020
Проверил	Киселёв А.С.	

ТПУ

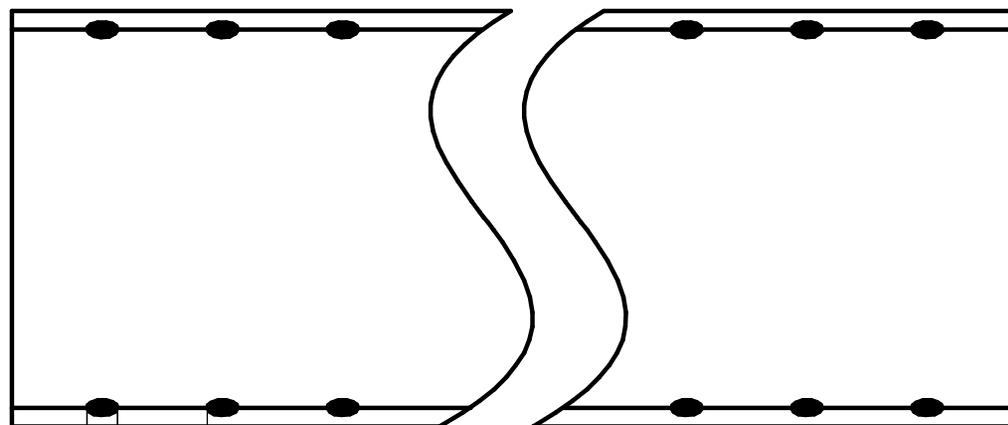
ФЮРА.20190.003

Н. контр. Першина А.А.

Сборка двутаврового соединения 1

У

Сборка 025



100

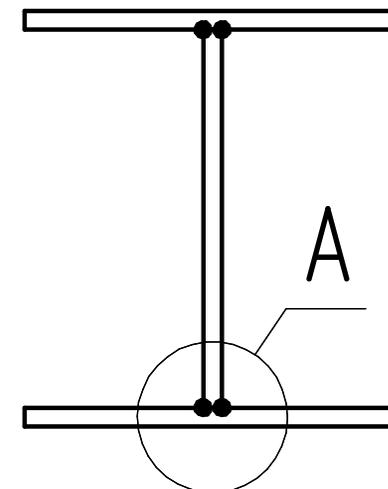
120

40

48 прихваток

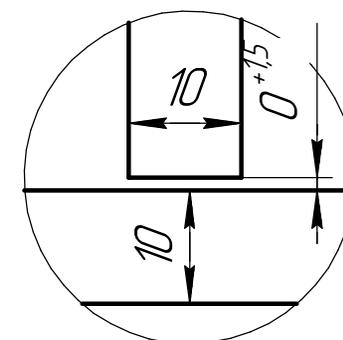
Обозначение

ТЗ



A

A



Дцбл.			
Взам.			
Подл.			

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

ФЮРА.02190.011      5      4

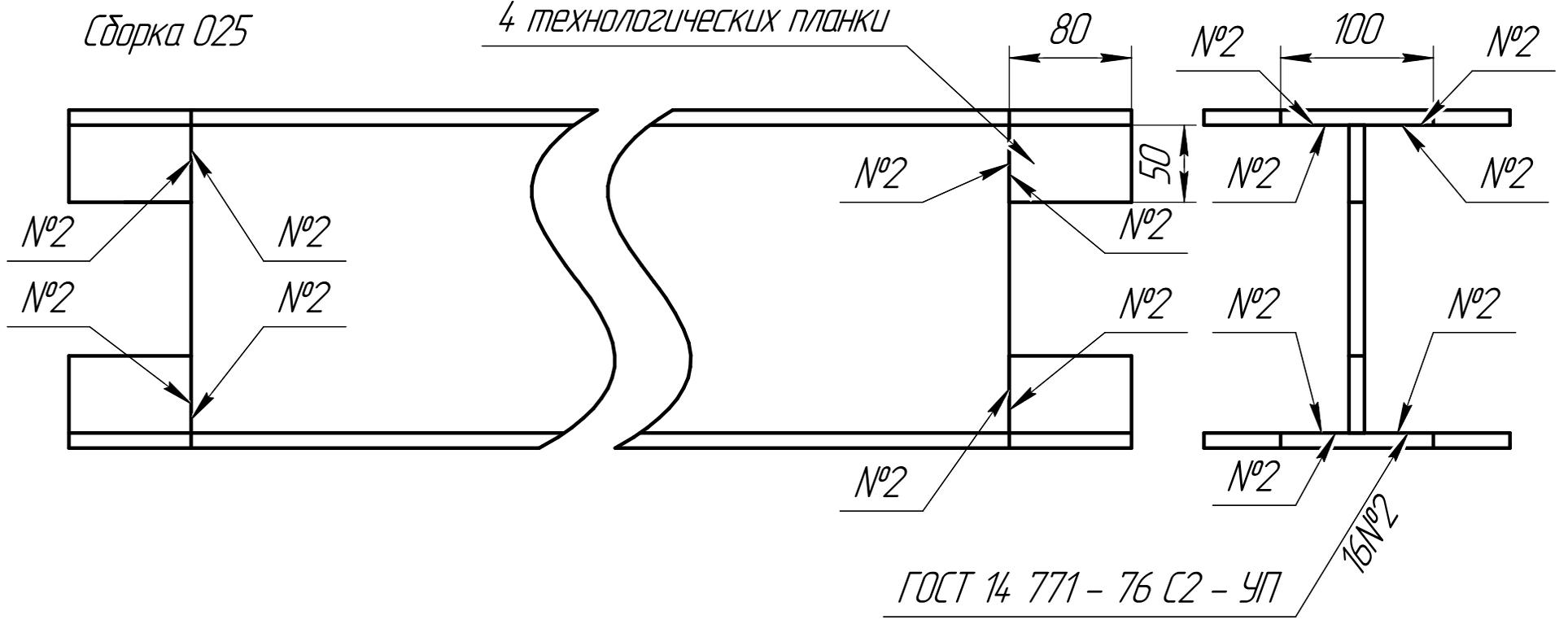
Разраб.	Мачкалян А.А.	10.03.2020
Проверил	Киселёв А.С.	
Н. контр.	Першина А.А.	

ТПУ		Сборка двутаврового соединения 2		У	

ФЮРА.20190.004

Сборка 025

4 технологических планки



Дцбл.			
Взам.			
Подл.			


ФЮРА.02190.011

5

5

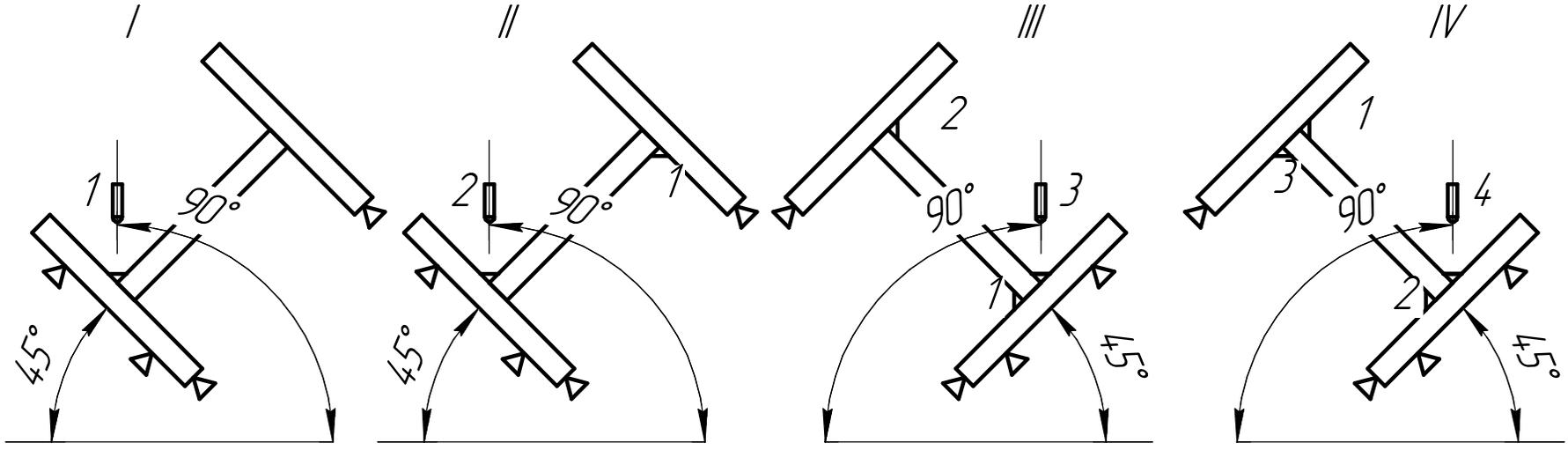
Разраб.	Мачкалян А.А.	10.03.2020
Проверил.	Киселев А.С.	

ТПУ

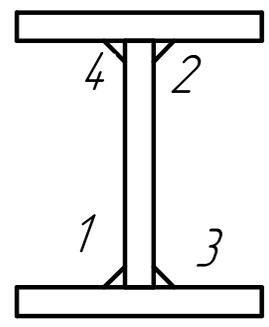
ФЮРА.20190.005

Н. контр.	Першина А.А.	Порядок выполнения швов						У		
-----------	--------------	-------------------------	--	--	--	--	--	---	--	--

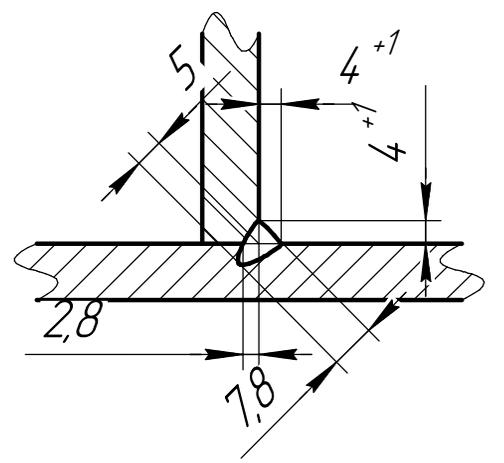
Сварка ОЗО



Порядок наложения швов



Сварной шов



Примечание: сварку осуществлять согласно ОСТ 36-58-81  
сварку осуществлять способом напроход











