

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки двутавровой балки

УДК 621.791.75:624.075.23-423.1

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Сухенко Игорь Анатольевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кулагин А.Е.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умеет контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий

ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико- механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен метрологически обеспечивать технологические процессы, использовать типовые методы контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
ДПК(У)-1	способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

ПРИКАЗ

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.01 Машиностроение</u>
ООП/ОПОП	<u>Оборудование и технология сварочного производства</u>
Отделение школы (НОЦ)	<u>Отделение электронной инженерии</u>

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Першина А.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Сухенко Игорю Анатольевичу

Тема работы:

Технология сварки двутавровой балки	
Утверждена приказом директора (ИШНКБ)	09.12.2021 №343-10/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i>	Разработка технологии сварки двутавровой балки Двутавровые балки имеют довольно широкое применение во всех сферах строительства, чаще всего они находят свое применение в промышленном и транспортном секторе, но также и в нефтегазовой отрасли.
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. Обзор литературы 2. Объект и методы исследования 3. Разработка технологии изготовления конструкции 3.1 Выбор способа сварки 3.2 Выбор сварочных материалов 3.3 Выбор разделки и подготовка сварочных кромок

	3.4 Расчет параметров автоматической сварки под слоем флюса 3.5 Подготовка сварочных материалов 3.6 Выбор необходимого оборудования 3.7 Технология сборки двутавровой балки 4. Деформация в конструкциях
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	План раскроя заготовок Конструктивные элементы кромок Конструктивные элементы сварного шва Сборка конструкции Схема выполнения сварных швов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
1-4 пп.	Киселёв А.С., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А., д.э.н. профессор ОСГН
6. Социальная ответственность	Авдеева И.И., старший преподаватель
Комплект технической документации	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	09.12.2021
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Сухенко Игорь Анатольевич		

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**

Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**

Уровень образования **бакалавриат**

Отделение школы **электронной инженерии**

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2021 /2022 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:	22.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.01.2022	Введение	8
06.01.2022	1. Литературный обзор	8
10.01.2022	2. Объект исследования	9
15.01.2022	3. Разработка технологии изготовления конструкции	9
20.01.2022	3.1. Выбор способа сварки	9
25.01.2022	3.2. Выбор сварочных материалов	9
05.02.2022	3.3. Выбор разделки и подготовка сварочных кромок	9
15.02.2022	3.4. Расчет параметров автоматической сварки	9
25.02.2022	3.5. Подготовка сварочных материалов	9
01.03.2022	3.6. Выбор необходимого оборудования	9
16.03.2022	3.7. Технология сборки двутавровой балки	9
25.03.2022	4. Деформация в конструкциях	9
15.05.2022	5. Финансовый менеджмент	10
25.05.2022	6. Социальная ответственность	10
25.04.2022	Заключение	10
01.05.2022	Комплект технической документации	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселев А.С.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.А. Першина	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Сухенко Игорю Анатольевичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 50000 руб. Оклад инженера – 20000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премимальный коэффициент руководителя 30% Премимальный коэффициент студента 30% Доплаты и надбавки руководителя 30%; Коэффициент дополнительной заработной платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 27%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры работ. Расчет трудоемкости выполнения работ; Разработка графика Ганта. Расчет материальных затрат; - расчет заработной платы (основная и Дополнительная);- отчисления на социальные цели;- накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСТН	Гасанов М.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Сухенко Игорь Анатольевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО		
1В81	Сухенко Игорь Анатольевич		
Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01Машиностроение: Оборудование и технология сварочного производства

Тема ВКР:

Технология сварки двутавровой балки	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<i>Объект исследования:</i> двутавровая балка <i>Область применения:</i> машиностроение, производство и сортировка металлопроката, сельскохозяйственная промышленность. <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение <i>Размеры помещения:</i> 5*5 м и более <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> УШМ, кислородный резак, автоматический вальцовочный станок, сварочный стенд, аппарат для автоматической сварки под слоем флюса, кантователь промышленный, дефектоскоп.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:	Федеральная служба по экологическому, технологическому, атомному надзору приказ (от 26 ноября 2020 г. N 461) Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения"; Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»; ТК РФ Статья 221. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты; СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:	Опасные факторы: 1. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним; 2. Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; 4. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 5. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов.

	6.Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, исходящими от автоматической сварки 7.Опасность подвергнуться влиянию статического электричества 8. Опасность поражения током из-за короткого замыкания Вредные факторы: 1. Повышенный уровень локальной и общей вибрации; 2. Повышенный уровень шума; 3.Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 4. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работника; 5. Монотонность труда; 6. Длительное сосредоточенное наблюдение; 7. Вредные вещества, выделяющиеся при сварке Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: знаки безопасности, герметизирующие, оградительные глушители шума дистанционного управления, предохранительные заземляющие средства для вентиляции и очистки воздуха, защитные костюмы, респираторы, сварочные маски, виброизолирующие рукавицы и перчатки, обувь, защитные очки										
3. Экологическая безопасность <u>при разработке проектного решения</u>	Воздействие на селитебную зону: СЗЗ не требуется Воздействие на литосферу: твердые металлические отходы, утилизация макулатуры, люминесцентных ламп, изношенных средств коллективной и индивидуальной защиты Воздействие на гидросферу: отходы эксплуатационных жидкостей, продукты жизнедеятельности персонала Воздействие на атмосферу: обильное пылевыведение во время процесса сварки, отсосе и сборе флюса, а также пересыпка для повторного его использования.										
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при эксплуатации</u>	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (обвал производственного здания) Наиболее типичная ЧС: обвал строительной конструкции при испытании, а также эксплуатации, в следствие неправильного распределения сварочных и остаточных напряжений.										
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику											
Задание выдал консультант: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Должность</th><th>ФИО</th><th>Ученая степень, звание</th><th>Подпись</th><th>Дата</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Старший преподаватель</td><td>Авдеева Ирина Ивановна</td><td>-</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата	Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата							
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-									
Задание принял к исполнению студент: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Группа</th><th>ФИО</th><th>Подпись</th><th>Дата</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1В81</td><td>Сухенко Игорь Анатольевич</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Группа	ФИО	Подпись	Дата	1В81	Сухенко Игорь Анатольевич				
Группа	ФИО	Подпись	Дата								
1В81	Сухенко Игорь Анатольевич										

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 108 страниц, 5 рисунков, 31 таблицу, и 28 источников.

Ключевые слова: автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса, двутавр, двутавровая балка, механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах, сварочные материалы, остаточные напряжения, разделка кромок, технология сборки и сварки.

Объектом исследования является технология сборки и сварки двутавровой балки из стали 10ХСНД с размерами 3000х250х270 мм., и толщиной стенки 10 мм.

Целью работы является разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки.

В процессе исследования были проведены расчеты параметров режима сварки, а также подобраны сварочные материалы, выбор сварочного оборудования.

В результате была разработана двутавровая балка с габаритными размерами 3000х250х270 мм.

Работа актуальна для большинства промышленных отраслей, так как, данная металлоконструкция предназначена для распределения нагрузки объекта, поставленного, подвешенного или же передвигаемого по поверхности.

Экономическая эффективность: повышение производительности и снижение затрат при выполнении сварочных работ.

Определения сокращения и нормативные ссылки

В представленной работе приведены следующие термины с соответствующими определениями.

Автоматическая сварка: автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса. Вид сварки.

Механизированная сварка: Механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов. Вид сварки.

Флюс: Материал, используемый при сварке для защиты зоны сварки от атмосферного воздуха. Сварочный материал.

Балка двутавровая: Стандартный профиль конструктивных элементов из черного проката. Конструктивный элемент.

Прихватка: прихваточный сварной шов, служащий для предварительного соединения элементов конструкции.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты

1. ГОСТ 9087-81. Флюсы сварочные плавные.
2. ГОСТ 19281-89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.
3. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные.
4. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные.

Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

5. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная.
6. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

7. ГОСТ Р 56906-2016. Бережливое производство. Организация рабочего пространства.

8. ГОСТ 12.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Термины и определения.

9. ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.

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

11. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

12. ГОСТ 26522-85. Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения.

13. ГОСТ 12.4.124-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.

14. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.

15. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). ШУМ. Общие требования безопасности.

16. СанПин 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

17. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

18. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

19. ГОСТ Р 56164-2014. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов при сварочных работах на основе удельных показателей.

20. ГОСТ 24297-2013. Верификация закупленной продукции.

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

I_{CB} – величина силы сварочного тока (А);

U_g – величина напряжения дуги (В);

$l_э$ – величина вылета электрода (мм);

$d_{эл}$ – диаметр электрода (мм);

V_{CB} – скорость сварки (см/с);

F_H – площадь наплавленного металла (мм²);

q_n – Величина погонной энергии (кДж/см);

$V_{п.п.}$ – скорость подачи электродной проволоки (м/ч);

$F_{эл.пр.}$ – площадь поперечного сечения проволоки (см²);

$\varphi_{пр}$ – коэффициент формы проплавления;

k' – коэффициент формы провара;

H_p – Глубина проплавления (мм);

e – ширина шва (мм);

f – высота валика сварного шва (мм);

S_b – Глубина проплавления вертикальной стенки (мм);

C – общая высота сварного шва (мм);

$T_{осн}$ – основное технологическое время сварки (ч);

$m_{пр}$ – расход сварочной проволоки (кг);

$m_{фп}$ – расход сварочного флюса (кг).

σ_T – предел текучести, МПа;

σ_B – предел прочности, МПа;

δ_5 – относительное удлинение, МПа;

Оглавление

Введение.....	17
1. Литературный обзор	19
1.1 Технологическая часть	19
2 Объект исследования	21
2.1 Характеристика основного металла.....	21
2.2 Особенности сварки конструкций из стали 10ХСНД	23
2.3 Входной контроль основного материала для изготовления двутаковой балки.....	24
3 Разработка технологии изготовления конструкции	27
3.1 Выбор способа сварки	27
3.1.1 Автоматическая сварка плавящимся электродом под слоем флюса	27
3.1.2 Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах	29
3.2 Выбор сварочных материалов	30
3.3 Выбор разделки и подготовка сварочных кромок.....	32
3.4 Расчет параметров автоматической сварки под слоем флюс	33
3.5 Подготовка сварочных материалов.....	38
3.6 Выбор необходимого оборудования	39
3.7 Технология сборки двутаковой балки	41
4 Деформации в конструкциях	44
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	46
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	47
5.1.3 SWOT-анализ.....	48

5.2 Планирование научно-исследовательских работ	51
5.2.1 Определение структуры работ в рамках научного исследования .	51
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	52
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	53
5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	54
5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	54
5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование	55
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	55
5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	58
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)....	58
5.3.6 Накладные расходы	59
5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	59
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
6 Социальная ответственность	62
6.1 Введение	62
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	62
6.2.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	62
6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны ...	64
6.3 Производственная безопасность	65
6.3.1 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующих на работающего при соприкосновении с ним.....	65
6.3.2 Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе	

движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы	66
6.3.3 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	67
6.3.4 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	68
6.3.5 Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, исходящими от аргонодуговой сварки	69
6.3.6 Опасность поражения током из-за короткого замыкания	70
6.3.7 Опасность подвергнуться влиянию статического электричества ...	70
6.3.8 Повышенный уровень локальной и общей вибрации	71
6.3.9 Повышенный уровень шума	72
6.3.10 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.....	73
6.3.11 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работника	73
6.3.12 Длительное сосредоточенное наблюдение	74
6.3.13 Монотонность труда	75
6.3.14 Вредные вещества, выделяющиеся при сварке	75
6.4 Экологическая безопасность	77
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	79
Заключение	82
Список используемых источников.....	83
Приложение А Комплект технологической документации.....	86
Приложение Б Комплект таблиц	98

Введение

Двутавровые балки имеют довольно широкое применение во всех сферах строительства, чаще всего они находят свое применение в промышленном и транспортном секторе, но также и в нефтегазовой отрасли. Балки двутаврового сечения бывают, как горячекатаные, так и сварные. К основной задаче относят, распределение нагрузки объекта, поставленного, подвешенного или же передвигаемого по поверхности, благодаря этому обеспечивается, равномерная нагрузка, уменьшается деформация, действующая непосредственно на объект, что в большей степени помогает предупредить появление повреждений.

Двутавр – металлическая конструкция, состоящая из вертикальной стенки, и двух полок. При серийном производстве балок двутаврового сечения производство выходит довольно дорогим, поэтому для повышения производительности труда и уменьшения стоимости готово продукта, выполняют серийное производство сварных профилей на поточных линиях, которые оснащают автоматизированными установками непрерывного действия.

По сравнению с другими металлопрокатными изделиями, балки двутаврового сечения отличаются наивысшими показателями жесткости и прочности, происходит это за счет равномерного распределения напряжений по всей площади двутавра, вследствие этого можно значительно снизить объем будущей металлоконструкции еще на стадии проектирования. Для сравнения можно взять цельнометаллический брус и двутавровый Н-образный профиль, сравнив их сопротивление на разрыв. В результате проведения эксперимента получаем идентичные значения, но нужно учитывать, что масса двутавровой балки в несколько раз меньше.

Во время сварки двутавровых балок, как и во время сварки любых металлоконструкций возникают напряжения, которые ведут к деформациям по типу продольного изгиба балки, скручивания и т.д. Во избежание появления вышеперечисленных сварных дефектов, в технологическом процессе сборки и сварки, необходимо назначать специальные операции.

В современном мире достаточное количество предприятий производят двутавровые балки, и каждая из них использует свои технологические решения, для снижения стоимости производства, и уменьшения дефектов готового продукта.

Таким образом возникает потребность в разработке оптимальной технологии сборки и сварки двутавра, для этого следует выбрать способ сварки, необходимые сварочные материалы, произвести расчеты параметров режима сварки и назначения сборочно-сварочных операций.

Целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки из стали 10ХСНД.

1. Литературный обзор

1.1 Технологическая часть

Листы из стали 10ХСНД толщиной 10 мм, длиной $L = 3000$ мм, высотой $H = 250$ мм, и шириной $b = 200$ мм. Тип соединения готовой конструкции – тавровое соединение (Приложение А).

Балка двутаврового сечения – это строительная металлоконструкция, изготовленная из листовой, стали, чаще всего выполненного из низколегированной или углеродистой стали, имеющей форму бруса, направленного вертикально или горизонтально. Они являются основными элементами рамных конструкций в машиностроении, основными элементами кранов, перекрытий, мостов. Различают симметричные и несимметричные двутавровые балки, при несимметричном сечении двутавра необходимо учитывать неравномерное распределение касательных напряжений в данном сечении, что может привести к появлению дефектов.

Двутавровые сварные балки идентичного профиля имеют множество преимуществ, по сравнению с теми, которые получают при прокате, так как они обладают лучшим отношением воспринимаемой нагрузки к собственной массе, не ограничиваются производственным сортаментом по геометрическим параметрам, а также как говорилось ранее могут выполняться несимметричными.

Двутавровый профиль с поясными швами, выполненный чаще всего автоматами под слоем флюса, получил особенно широкое применение.

Чаще всего балки двутаврового сечения принято собирать из 3 листовых элементов. Во время подготовки листов, кроме основных операций, к которым относится правка, резка и зачистка кромок, необходимо также назначать технологические сборочно-сварочные операции, для получения необходимых геометрических параметров. Исходя из этого к выполняемым соединениям выдвигаются такие требования, как полное и надежное проплавление с допустимым формированием усиления и проплава сварного шва. Для этого

сварку производят с двух сторон, выполняя как правило первый слой на флюсовой подушке, учитывая высокую точность сборки под сварку.

Таким образом необходимо уделять особое внимание симметричности расположения и перпендикулярности полки и стенки. Для обеспечения необходимой точности при изготовлении балок двутаврового сечения, принято использовать кондукторы, непосредственно в которых будет осуществляться сборка и сварка.

Так как изготовление рассматриваемой металлической конструкции предназначено для серийного производства, а также работы в различных климатических условиях, необходимо чтобы она могла выдерживать все возложенные на неё усилия и быть устойчивой к разного рода динамическим нагрузкам.

2 Объект исследования

Объектом исследования в данной работе является технология сборки и сварки двутавровой балки, автоматической сваркой под слоем флюса из стали 10ХСНД, для мостового однобалочного крана.

Двутавровые балки имеют довольно широкое применение во всех сферах строительства, чаще всего они находят свое применение в промышленном и транспортном секторе, но также и в нефтегазовой отрасли.

Данная конструкция представляет собой Н-образное сварное соединение, состоящее из вертикальной стенки и двух полок.

2.1 Характеристика основного металла

При составлении технологического процесса на сборку и сварку будущей конструкции необходимо учитывать, как свойства основного материала, из которого будет состоять изделие, так и все возможные изменения, которые происходят во время процесса сварки в околошовной зоне сварного соединения.

Чаще всего данные изменения характеризуются технологическими параметрами применяемого метода сварки, к которым относятся такие параметры как, скорость сварки, характер нагрева и охлаждения, источник питания и т.д., состав сварочного флюса, используемых газов, температура окружающей среды, электроды, проволока. Также важную роль играет подготовка деталей под сварку – вид разделки кромок, подготовка поверхностей под сварку, положение в котором будет осуществляться сварка.

Сталь для изготовления конструкции, как правило выбирают исходя из климатических условий в котором, будет использоваться изделие, предъявляемым требованиям прочности и агрессивности окружающей среды.

Рассматриваемая конструкция в данной работе будет изготавливаться из стали 10ХСНД. Данная сталь является низколегированной конструкционной сталью, относящихся к группе хромокремненикелевых с медью сталей для

металлических конструкций, относится к перлитному классу, благодаря чему отлично сваривается.

Данная сталь, как правило применяется для изготовления сварных металлоконструкций, главным требованием которых, является повышенная прочность и коррозионная стойкость с ограничением массы и работы в интервале температур от - 70 до 450°C. Химический состав, механические и технологические свойства стали 10ХСНД по ГОСТ 19281-2014 приведены в таблице 1, 2, 3, 4. [1]

Таблица 1 – Химический состав марки стали 10ХСНД в % по анализу ковшевой пробы [1]

Марка стали	Массовая доля элементов, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V
				Не более					
10XCHД	Не более 0,12	0,80- 1,10	0,50- 0,80	0,030	0,035	0,60- 0,90	0,50- 0,80	0,40- 0,60	Не более 0,12

Таблица 2 – Механические свойства марки стали 10ХСНД при испытании на растяжение сортового и фасонного проката [2]

Класс прочности	Размеры проката по сечению, мм	Марка стали	Механические свойства, не менее		
			Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , %
345	До 20,0 включ. Св. 20,0 до 140,0 » *	10ХСНД	345	480	21

Продолжение таблицы 2

375	До 20,0 включ. Св. 20,0 до 50,0 » *	10ХСНД	375	510	21
390	До 20,0 включ. Св. 20,0 до 50,0 » *	10ХСНД	390	530	18

Таблица 3 – Механические свойства марки стали 10ХСНД при испытании на растяжение толстолистового, широкополосного универсального проката и гнутых профилей [2]

Класс прочности	Толщина продукции, мм	Марка стали	Механические свойства, не менее		
			Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , %
375	До 50,0 включ.	10ХСНД	370	510	20
390	До 50,0 включ.	10ХСНД	390	510	19

Таблица 4 – Технологические свойства стали 10ХСНД [1]

Свариваемость	Без ограничений
Склонность к отпускной хрупкости	Малосклонна
Флокеночувствительность	Нечувствительна

2.2 Особенности сварки конструкций из стали 10ХСНД

Свариваемость металла – это свойства металлов образовывать сварное соединение, отвечающее определённым требованиям обусловленными конструкцией и будущей эксплуатацией изделия, при соблюдении необходимой технологии.

Сталь 10ХСНД не имеет ограничений по свариваемости, так как является конструкционной низколегированной, и относится к перлитному классу. Как правило, образование холодных трещин в ЗТВ, вызванных формированием закалочных структур, не вызывает затруднений, но в сталях, содержащих большое количество углерода и повышенное содержание легирующих элементов, а именно марганца и хрома, повышается вероятность возникновения холодных трещин, в особенности с увеличением скорости охлаждения (увеличение толщины металла, сварка при низких температурах и т.д.). Для предупреждения данных дефектов сварных соединений выполняют, подогрев металла в пределах 120-200°С, перед процессом сварки. Так для получения необходимых механических свойств сварных соединений к которым относится высокая прочность и пластичность, применяют предварительную и последующую термическую обработку. [3]

Сварка низколегированных сталей требует определенных навыков сварки, так как очень трудно добиться необходимой ударной вязкости металла шва и участка температурной обработки около границы сплавления.

Исходя из этого к параметрам режима сварки низколегированных сталей предъявляют более жесткие требования. Сварку следуют назначать с минимальным изменением параметров режима, для получения качественного сварного соединения.

2.3 Входной контроль основного материала для изготовления двутавровой балки

Согласно ГОСТ 24297-2013:

- Верификацию закупленной продукции проводят с целью проверки соответствия качества продукции установленным требованиям и предупреждения запуска в производство или эксплуатацию несоответствующей продукции;

- Верификацию закупленной продукции осуществляет персонал, ответственный за ее проведение и имеющий соответствующие полномочия;
- Перечни продукции, подлежащей верификации, должны содержать:
 1. Наименование, марку и тип закупаемой продукции;
 2. Обозначение НД, требованиям которой должна соответствовать продукция;
 3. Контролируемые свойства, параметры и точки их контроля;
 4. Вид контроля, методы контроля, объем образцов (выборки или пробы), контрольные нормативы и решающие правила;
 5. Средства измерения или испытаний, или их технические характеристики.
- Верификация закупленной продукции должна проводиться в специально отведенном месте, оборудованном всеми необходимыми средствами измерений, контроля и испытаний, обеспеченном методиками измерения, контроля или испытаний продукции, а также необходимой НД на продукцию;
- Методы и средства контроля и испытаний, применяемые при верификации закупленной продукции, следует выбирать с учетом требований, предъявляемых к точности измерения параметров или свойств продукции, установленных в НД на конкретный вид, а также в ГОСТ 8.009 [5]
- При поступлении на верификацию продукции без сопроводительной документации, удостоверяющей ее качество, в отдельных случаях верификация может быть осуществлена на соответствие действующей НД на данный вид продукции с обязательным оформлением акта о ее фактическом качестве и комплектности с указанием отсутствующих документов;
- Верификацию продукции по параметрам или свойствам, не установленным в НД, договорах или контрактах на поставку, допускается проводить без согласования с поставщиком и без права предъявления по ним претензий поставщику (например, для отработки технологии производства продукции);

- Персонал, ответственный за верификацию продукции, должен проверить [4]:

1. Комплектность и качество сопроводительной документации, удостоверяющей качество продукции (сертификата, паспорта, удостоверения о качестве и т.д.), с регистрацией в журнале верификации;

2. Внешний вид продукции, состояние поверхности, упаковку, маркировку, наличие механических и прочих повреждений.

3 Разработка технологии изготовления конструкции

3.1 Выбор способа сварки

Так как выбор способа сварки, как правило зависит от геометрических параметров будущего сварного изделия. В данной работе рассматривается сварная двутавровая балка длиной $L=3000$ мм, высотой $H = 250$ мм, и шириной $b=200$ мм, так как швы данной конструкции имеют достаточно большую протяженность, целесообразнее всего будет использование механизированных и автоматизированных способов сварки. Свариваемость стали также влияет на выбор способа сварки. В представленной работе будет рассмотрена автоматическая сварка плавящимся электродом под слоем флюса, а также механизированная сварка в среде защитных газов.

3.1.1 Автоматическая сварка плавящимся электродом под слоем флюса

В процессе автоматической сварки осуществляется полный контроль всех важных процессов. Благодаря автоматизации процесса, а также полного контроля выполняемой конструкции, она получила достаточно широкое распространение на производствах и предприятиях, для которых основной задачей является массовое изготовление различных металлоконструкций.

Сущность процесса автоматической сварки под слоем флюса: в область сварки подается сварочная проволока, между концом которой и изделием происходит возбуждение дуги, в это же время сварочный трактор в область сварки подает флюс, который покрывая расплавленную область, защищает сварной шов от влияния газовых смесей. [6]

При автоматической сварке под слоем флюса обычно автоматизируют не только подачу электродной проволоки в зону горения дуги, но и возбуждение, устойчивое поддержание горения дуги, перемещение дуги относительно изделия со скоростью сварки, заварку конечного кратера и разрыв дуги.

Взаимодействия, происходящие между расплавленным металлом и шлаковой коркой, помогают получить металл сварочного шва с необходимым химическим составом. При автоматической сварке под слоем флюса, также, как и при механизированной сварке в защитных газах, токоподвод сварочной проволоки находится на небольшом расстоянии от сварочной дуги, в отличие от ручной дуговой сварки покрытыми электродами, это позволяет использовать достаточно большие сварочные токи (достигающие до 2000А) без риска перегрева основного металла.

Применение автоматической сварки под слоем флюса по сравнению с ручной электродуговой сваркой имеет ряд преимуществ, которые приведены ниже.

Преимущества автоматической сварки под слоем флюса:

- Основное преимущество данного метода, практически весь процесс автоматизирован;
- Минимальные потери сварочного электрода;
- Использование сварочных токов большой мощности, существенно ускоряет процесс сварки;
- Минимальное образование оксидных пленок, за счет использования сварочного флюса;
- Отсутствие брызгов расплавленного металла, что приводит к экономии, а также производительности процесса;
- Низкий уровень сварочных деформаций;

Недостатки автоматической сварки под слоем флюса:

- Пространственная ограниченность способа сварки;
- Необходима тщательная подготовка кромок сварного соединения, а также высокоточная сборка деталей под сварку;
- Дорогостоящее сварочное оборудование.

3.1.2 Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах

Сущность процесса механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов заключается в автоматической подаче сварочной проволоки с постоянной скоростью, а сварочная горелка перемещается вдоль шва вручную сварщиком, что в отличие от автоматической сварки под слоем флюса позволяет сваривать труднодоступные места.

Механизированную дуговую сварку плавящимся электродом разделяют на сварку в инертных и активных газах (в международной системе MIG/MAG). [7]

Сварка в инертных газах предусматривает использование инертного газа, к которым, как правило относятся гелий, аргон и азот. Инертные газы благодаря своему большому весу, стремительно вытесняют воздух, не вступая в химическую реакцию с основным металлом шва, позволяя выполнять качественные сварные швы. [7]

Активные газы, к которым относится углекислый газ и кислород, защищают зону сварки от воздуха, растворяясь в жидком металле шва, вступая с ними в химическое взаимодействие.

Преимущества механизированной дуговой сварки плавящимся электродом:

- Сварка данным методом позволяет сваривать, как тонколистовой, так и толстолистовой прокат;
- Высокоэффективная защита расплавленного металла;
- В отличие от автоматической сварки под слоем флюса, возможность сварки в различных пространственных положениях;
- Возможность наблюдения и контроль, процесса формирования сварочного шва;
- Возможность тонкой настройки параметров режима сварки;
- Отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака.

Недостатки механизированной дуговой сварки плавящимся электродом:

- Необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги;
- Возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла;
- Потери металла на разбрызгивание, при котором брызги прочно соединяются с поверхностями шва и изделия;
- Наличие газовой аппаратуры (баллоны, газовые редукторы и т.д.)
- Необходимость водяного охлаждения горелок.

Подводя итог можно сказать, что механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов, отлично подходит для формирования высококачественного сварного шва, однако для массового и автоматизированного процесса сварки двутавровых балок не годится. В данном случае лучше воспользоваться автоматической сваркой под слоем флюса, учитывая габаритные размеры изготавливаемой металлоконструкции.

3.2 Выбор сварочных материалов

Для получения качественных сварных соединений и возможности протекания процессов сварки, принято использовать сварочные материалы, к которым как правило относятся: присадочные материалы, покрытые электроды, сварочная проволока, флюсы, защитные газы и т.д.

Основная роль присадочных материалов заключается в правильном формировании геометрии сварного шва, обеспечении высокого качества сварного соединения, необходимых эксплуатационных характеристик, а также минимизировании сварочных дефектов.

Добиться высокого качества сварочной проволоки и прочих присадочных материалов, можно соблюдая правила хранения и транспортировки. Как правило сварочную проволоку поставляют в виде барабанных мотков, которые покрыты консервирующей смазкой.

Для сварки низколегированных конструкционных сталей принято использовать сварочные проволоки СВ-08Г2С, СВ-10НЮ, СВ10-НМА, так как при использовании данных материалов достигается наивысшие показатели стойкости металла шва к сварочным дефектам, к которым относятся образования пор и кристаллизационные трещины. [8]

Химический состав сварочных проволок СВ-08Г2С и СВ-10НМА представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав сварочной проволоки СВ-08Г2С и СВ-10НМА, %, согласно ГОСТ 2246-70 [9]

Марка проволоки	Химический состав						
	S	P	C	Mn	Ni	Cr	Si
	Не более						
СВ-08Г2С	0,025	0,030	0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	Не более 0,20	Не более 0,25
СВ-10НМА	0,025	0,020	0,07-0,12	0,12-0,35	0,40-0,70	Не более 0,20	1,00-1.50

В данной работе была выбрана сварочная проволока СВ-10НМА, так как эта марка отлично подходит для автоматической сварки под слоем флюса низколегированных сталей повышенного уровня прочности, а также рассчитана для сварки металлоконструкций ответственного назначения.

подавляющая часть металлов и сплавов во время сварки активно взаимодействуют с атмосферой, в особенности это касается расплавленного металла. Так в результате взаимодействия с окружающей средой наблюдаются процессы окисления металла шва, что приводит к ухудшению и разупрочнению сварного соединения, именно поэтому необходимо применять защиту расплавленного металла шва от воздействия окружающей среды, в качестве которой может применяться шлаковая, газовая, а также комбинированная защита.

Благодаря устойчивому горению дуги наиболее широкое применение при сварке низколегированных конструкционных сталей получил сварочный флюс

ОСЦ-45, предназначенный для автоматической дуговой сварки под слоем флюса. К основным преимуществам данного флюса можно отнести устойчивость к ржавчине, устойчивость к появлению трещин и пор, благодаря формированию достаточно плотных сварных швов, что особенно важно для изготовления ответственных металлоконструкций. [10]

Химический состав сварочного флюса ОСЦ-45 согласно ГОСТ 9087-81 приведен в таблице 6. [11]

Таблица 6 – Химический состав ОСЦ-45 согласно ГОСТ 9087-81, %, [12]

SiO_2	MnO	CaF_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	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

3.3 Выбор разделки и подготовка сварочных кромок

По ГОСТ 8713-79 «Сварка под флюсом. Соединения сварные» [12], был выбран тип сварного соединения. Так как толщина свариваемых деталей равна 10 мм, а выбранным способом сварки является автоматическая дуговая сварка под слоем флюса, что обеспечит полную проплавляемость металла шва, следовательно, нет необходимости выполнять скос кромок. На рисунке 1 представлены конструктивные элементы и размеры с условным обозначением типа сварного соединения ТЗ.

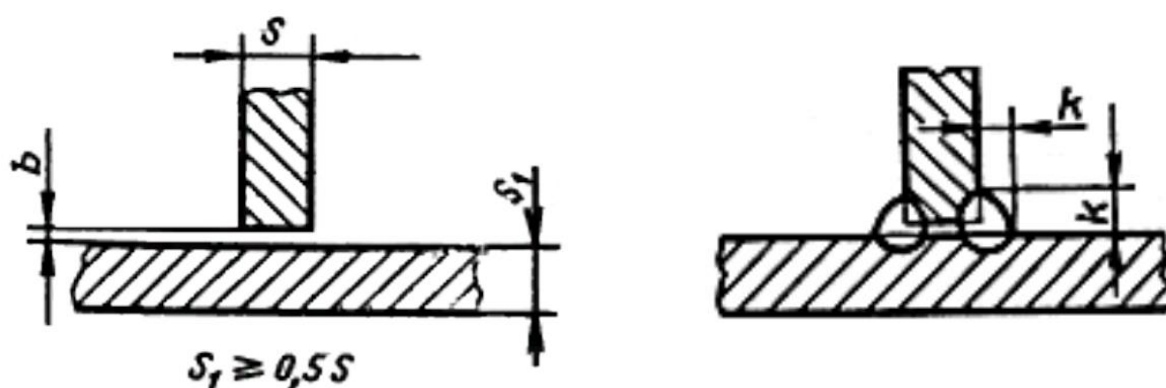


Рисунок 1 – конструктивные элементы и размеры

3.4 Расчет параметров автоматической сварки под слоем флюса

Режимы сварки – это совокупность параметров, влияющих непосредственно на процесс сварки и формирование качественно сварного соединения, они подразделяются на основные и дополнительные параметры. Правильно подобранные режимы сварки обеспечивают не только требуемое качество сварного соединения, но и необходимые геометрические параметры металлоконструкции.

Основные параметры режима автоматической дуговой сварки под слоем флюса: сварочный ток, полярность, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки, напряжение дуги.

К дополнительным параметрам относятся: состав и строение флюса, вылет электродной проволоки, пространственное положение в котором выполняется сварка металлоконструкции, угол наклона электрода.

Так как практически все параметры зависят напрямую от диаметра электродной проволоки, расчет параметров режима сварки необходимо выполнять именно с него.

При автоматической дуговой сварки под слоем флюса угловые швы сваривают как правило в лодочку. Следовательно, угловые швы, а именно швы тавровых, нахлесточных и угловых соединений, свариваемых в положении в

лодочку, можно рассматривать как стыковые швы с углом разделки кромок равным 90°

Режимы сварки угловых швов следует выбирать с учетом особенности их формирования. При получении плоских или выпуклых швов ширина шва всегда должна быть равна расстоянию по горизонтали между свариваемыми деталями. Если ширина шва будет больше этого расстояния, то неизбежны подрезы. [13]

Глубокие и узкие швы склонны к образованию горячих трещин из-за неблагоприятных условий кристаллизации. Практикой установлено что угловые швы формируются удовлетворительно на режимах, при которых плотность тока в электроде находится в пределах, указанных в таблице 7.

Таблица 7 – Допускаемые плотности и диапазоны сварочного тока при сварке угловых швов

Диаметр электрода, мм	2	3	4	5
Плотность тока, А/мм ²	60...150	50...85	35...60	30...40
Сварочный ток, А	190...470	350...600	440...810	590...780

При выборе диаметра электродной проволоки следует учитывать, что угловые швы с малым катетом можно получить лишь при использовании электродной проволоки малого диаметра. Максимальных катет углового шва, который можно получить за один проход, практически не зависит от диаметра электродной проволоки и равен 10 мм. В таблице 8 приведены рекомендуемые диаметры электродной проволоки. [13]

Таблица 8 – Рекомендуемые диаметры электродной проволоки при сварке угловых швов [12]

Катет шва, мм	3...4	5...7	8...10
---------------	-------	-------	--------

Продолжение таблицы 8

Диаметр электрода, мм	2	2-3 (4)	2-5
--------------------------	---	---------	-----

Расчеты:

1. По ГОСТ 8713-79 для автоматической дуговой сварки плавящимся электродом под слоем флюса изделий толщиной 10 мм, диаметр электродной проволоки $d_э$ применяется равным = 3 мм. Катет шва при этом будет иметь значение $K = 5$ мм [12].

2. Выбрав диаметр электродной проволоки, необходимо определить допускаемую плотность тока по таблице 7. Принимаем значение $j = 70$ А/мм²

Расчётная величина сварочного тока:

$$I_{CB} = \frac{\pi d_э^2 \cdot j}{4}, \quad (1)$$

где $d_э$ – диаметр электрода в мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм² [12].

$$I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 3^2 \cdot 70}{4} = 494,5 \text{ А.}$$

3. Определение площади наплавленного металла, которая обеспечит получение шва с плоской поверхностью:

$$F_n = \frac{K^2}{2} = \frac{5^2}{2} = 12,5 \text{ мм}^2, \quad (2)$$

4. Расчет напряжения на дуге

$$U_g = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{CB}}{\sqrt{d_э}}, \quad (3)$$

$$U_g = 20 + \frac{0,05 \cdot 494,5}{\sqrt{3}} = 34 \text{ В.}$$

5. Определение вылета электрода – $l_э$

При сварке под флюсом $l_э = 10 d_э$, мм.

$$l_э = 10 \cdot 3 = 30 \text{ мм.} \quad (4)$$

6. Скорость сварки

$$V_{CB} = \frac{A}{I_{CB}}, \quad (5)$$

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

$$V_{CB} = \frac{13 \cdot 10^3}{494,5} = 26,29 \frac{M}{ч} = 0,73 \frac{CM}{с}.$$

7. Расчет погонной энергии:

$$q_n = \frac{I_{CB} \cdot U_g \cdot \eta_u}{V_{CB}}, \quad (6)$$

где $\eta_u = 0,80-0,85$ – Эффективный КПД для автоматической сварки под слоем флюса.

$$q_n = \frac{494 \cdot 34 \cdot 0,85}{0,73} = 19556 \text{ кДж / см}.$$

8. Определение скорости подачи электродной проволоки

$$V_{n.n.} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{CB}}{\pi \cdot \gamma \cdot d_g^2}, \quad (7)$$

где $\alpha_p = 10 - 13$ - Коэффициент расплавления, г/А·ч,

$\gamma = 7,8$ – плотность наплавленного металла, г/см³,

$$V_{n.n.} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 494}{3,14 \cdot 7,8 \cdot 3^2} = 107,5 \text{ м / ч}.$$

9. Площадь поперечного сечения проволоки:

$$F_{эл.пр} = \frac{\pi \cdot d_g^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,065 \text{ мм}^2 = 0,07065 \text{ см}^2. \quad (8)$$

10. Определение коэффициента формы проплавления:

$$\varphi_{np} = \kappa' (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \frac{d_g \cdot U_d}{I_{CB}}, \quad (9)$$

где κ' - коэффициент формы провара, рассчитываемый по формуле (10) при $j < 120 \text{ А/мм}^2$ на постоянном токе обратной полярности

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925}, \quad (10)$$

$$k' = 0,367 \cdot 70^{0,1925} = 0,83,$$

$$\varphi_{np} = 0,83 \cdot (19 - 0,01 \cdot 494) \frac{3 \cdot 34}{494} = 2,409.$$

11. Определение глубины проплавления:

$$\text{При сварке под флюсом } h_p = 0,076 \sqrt{\frac{q_n}{\varphi_{np}}}, \text{ мм} \quad (11)$$

Где q_n - погонная энергия сварки, Дж/см.

$$h_p' = 0,076 \sqrt{\frac{19556}{2,409}} = 6,84 \text{ мм.}$$

12. Расчет ширины шва:

$$e = h_p' + \varphi_{np} = 6,84 + 2,409 = 9,249 \text{ мм.} \quad (12)$$

13. Расчет высоты валика сварочного шва:

$$f = \sqrt{F_n}, \quad (13)$$

$$f = \sqrt{F_n} = \sqrt{12,5} = 3,5 \text{ мм.}$$

14. Расчет глубины проплавления вертикальной стенки:

$$S_b = (0,8 - 1,0) \cdot h_p'. \quad (14)$$

где S_b - применяется равным $0,8 h_p'$ при плотностях тока близки к нижнему пределу (таблица 3.4.1) и $S_b = h_p'$ при плотностях тока по верхнему пределу. Так как в расчетных значениях $I_{CB} = 494$ А возьмем значение $S_b = 0,9 h_p'$

$$S_b = (0,8 - 1,0) \cdot h_p' = 0,9 \cdot 6,84 = 6,156 \text{ мм}$$

15. Расчет общей высоты сварного шва:

$$C = h_p' + f = 3,5 + 6,84 = 10,34 \text{ мм} \quad (15)$$

16. Основное технологическое время сварки

$$T_{осн} = \frac{2 \cdot L}{1000 \cdot V_{CB}}, \quad (16)$$

Где L – общая длина односторонних сварных швов, мм;

$$T_{осн} = \frac{2 \cdot L}{1000 \cdot V_{CB}} = \frac{2 \cdot 12000}{1000 \cdot 26,29} = 0,91 \text{ ч.}$$

17. Расход сварочной проволоки:

$$m_{np} = a_p \cdot I_{CB} \cdot T_{осн} = 13 \cdot 10^{-3} \cdot 494 \cdot 0,91 = 5779,82 = 5,8 \text{ кг.} \quad (17)$$

18. Расход сварочного флюса обычно составляет около 20% по массе от расхода сварочной проволоки и рассчитывается по формуле:

$$m_{\phi n} = 0,2 \cdot m_{np} = 0,2 \cdot 5,8 = 1,16 \text{ кг.} \quad (18)$$

После проведения всех расчётов необходимо выбрать высоту слоя сварочного флюса и грануляцию частиц по таблице 9.

Таблица 9 – Рекомендуемая высота слоя флюса и грануляция частиц при сварке под флюсом [14]

Сварочный ток, А	200	400	600	800	1000	1200
------------------	-----	-----	-----	-----	------	------

Продолжение таблицы 9

Высота слоя, мм	25...35	25...35	35...40	35...40	45...60	45...60
Грануляция частиц, мм	0,25...1,60			0,40...2,50		

Получив все расчётные значения, можно получить форму шва, которая представлена на рисунке 2.

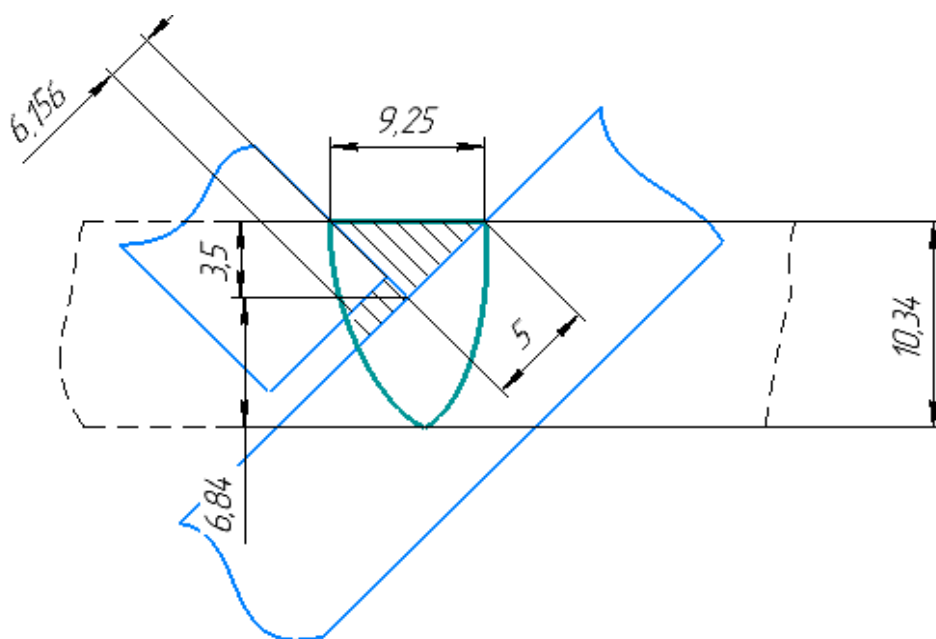


Рисунок 2 – Расчётная форма шва углового таврового соединения.

3.5 Подготовка сварочных материалов

Для формирования качественных сварных соединений необходимо не только подготовка свариваемых деталей под сварку, но и соответствие сварочных материалов к требованиям спецификации, которые к ним предъявляются. Так при поступлении сварочной проволоки необходимо тщательно проверить ее на отсутствие ржавчины, окалины, а также следов смазки

и других возможных загрязнений. Сварочный флюс перед использованием необходимо прокалить в печи:

- Для плавящихся флюсов температура прокаливания 300-350°C время выдержки 1,5 часа;
- Для керамических флюсов температура прокаливания 300°C время выдержки 2 часа.

3.6 Выбор необходимого оборудования

Сварку изготавливаемой металлоконструкции выполняют на постоянном токе обратной полярности, так как данная полярность обеспечивает большую глубину проплавления. Выбор сварочного оборудования, как правило начинается с подбора необходимого источника питания, для сравнения возьмем два источника питания компании Lincoln Electric: Idealarc DC-655 и Idealarc DC-1200, сравнение данных источников питания представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристика рассматриваемых источников питания

Наименования источника питания	Idealarc DC-655	Idealarc DC-1200
Номинальный сварочный ток, А	815 А	1500 А
Напряжение дуги, В	44 В	44 В
Диапазон регулировки сварочного тока, А	50-815 А	200-1200 А
ПВ, %	650 А – 100% 815 А – 60%	1200 А – 100% 1500 А – 60%
Габаритные размеры (высота, ширина, длина), мм	699 x 564 x 965 мм	1580 x 559 x 965 мм

Продолжение таблицы 10

Вес, кг	116 кг	742 кг
---------	--------	--------

Исходя из характеристик, представленных в таблице 10 выбираем Idealarc DC-655, так как по сравнению со своим конкурентом он обладает значительно меньшими габаритными размерами и весом. Регулировка сварочного тока, находящаяся в пределах 50...815 А, указанная на сайте производителя и номинальный сварочный ток в 815А полностью удовлетворяет требованиям изготовления металлоконструкции.

Оптимальное оборудование для Idealarc DC-655, описанное в руководстве по эксплуатации, содержит:

- Автоматические механизмы подачи проволоки типа NA-3, NA-5;
- Комплект цифровых амперметра и вольтметра;
- Комплект аналоговых амперметра и вольтметра;
- Блок подключения двух механизмов;
- Транспортировочная тележка (K817P, K842)

DC-655 можно устанавливать на транспортировочную тележку производства «Линкольн Электрик» типа K817P или K842. [15]

В качестве автоматического механизма подачи проволоки на постоянном токе для сварки под слоем флюса (сварочного трактора) была выбрана модель LT-7 Tractor. Данная модель отличается простой эксплуатацией и легким управлением, для работы с ним достаточно одного оператора. К основным преимуществам можно отнести: регулировка скорости перемещения в диапазоне 0,12-1,8 м/мин, возможность сварки стыковых, горизонтальных, угловых, нахлесточных соединений с левой или правой стороны трактора для удобства управления и контроля режимов сварки., возможность установки блока управления с левой или правой стороны устройства.

3.7 Технология сборки двутавровой балки

В соответствии с поступившим техническим заданием, необходимо подготовить основной материал к сборке, вырезать заготовки соблюдая заданные геометрические параметры будущей металлоконструкции, осуществить зачистку и подготовку кромок. Поместить подготовленную конструкцию на сборочно-сварочный стенд, для последующей компоновки и выполнения сварочных прихваток.

Когда листы полностью подготовлены и помещены на стенд, необходимо выставить вертикальную стенку ровно по середине полки, соблюдая зазор равный $0^{+2,00}$ мм; после чего выполнить наложение сварочных прихваток механизированной сваркой в среде защитных газов. Прихватки должны располагаться на равном расстоянии друг от друга в местах последующего наложения сварного шва.

Длина прихваток должна быть не менее 50 мм и расстояние между ними не более 500 мм, а в конструкциях из стали с пределом текучести 440 МПа длина прихваток должна быть не менее 100 мм, расстояние между прихватками не более 400 мм. Высота прихватки должна составлять 0,3 - 0,5 высоты будущего шва, но не менее 3 мм. [16]

Следовательно, учитывая геометрические параметры изготавливаемой конструкции будет в пределах 60-80 мм, а расстояние между ними 400 мм, катет шва прихваток не должен превышать значение катета основного шва – $K = 5$ мм, так как во время выполнения основного шва они должны быть полностью переплавлены. Когда процесс сварки будет завершен, с основного шва необходимо удалить сварочный шлак, и брызги металла если они имеются.

Так как основной процесс сварки данной конструкции выполняется автоматической дуговой сваркой плавящимся электродом под слоем флюса рекомендуется использование вводных и выводных планок, для избежание непроваров корня шва в начале сварки, а также более точной настройки параметров режима сварки. В связи с тем, что в конце шва могут образовываться

такие сварочные дефекты, как: поры и трещины, сварку следует начинать и заканчивать исключительно с использование технологических сварочных планок, общий вид и габаритные размеры которых представлены на рисунке 3. После сварки основной металлоконструкции планки необходимо удалить.

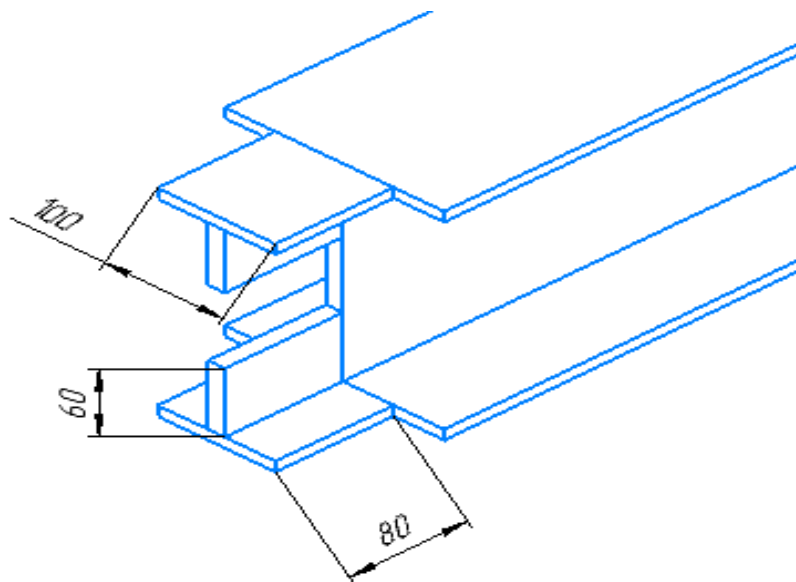


Рисунок 3 – Габаритные размеры технологических планок

Так как технологические планки играют роль элементов скрепления, их необходимо приваривать той же электродной проволокой, которая будет использоваться для сварки основного шва, соблюдая полный провар, так как непровар во время сварки технологических планок, может гарантировать образование продольных горячих трещин, распространяющихся в дальнейшем на основной шов.

Когда процесс сборки и наложения сварочных прихваток завершен, конструкция поступает на сварочный стенд, где она укладывается в положении в «лодочку». Данное положение позволяет значительно облегчить сварку поясных швов конструкции, повысить качество сварного шва.

Сварка поясных швов металлоконструкций в определенном порядке, позволяет максимально минимизировать появление сварочных деформаций. В данной работе сварка поясных швов выполняется в соответствии с рисунком 4.

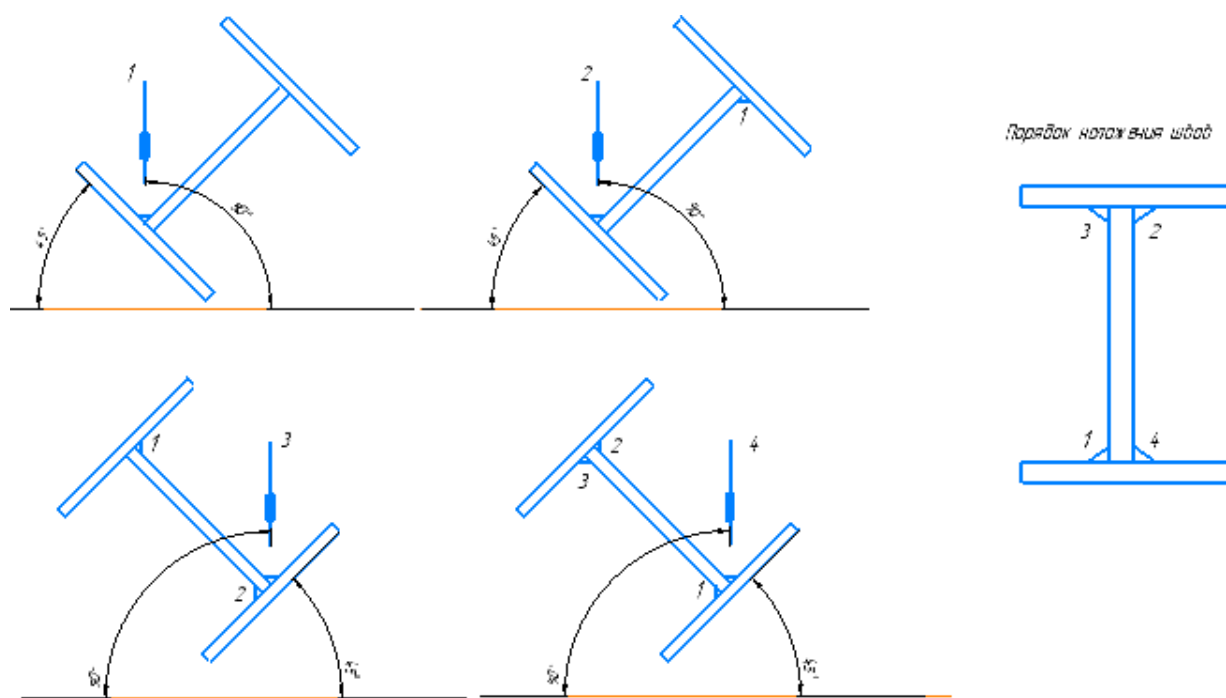


Рисунок 4 – Порядок наложения поясных швов.

4 Деформации в конструкциях

Во время сварки двутавровых балок могут возникать деформации, которым относится: изгиб и укорочение. Они как правило зависят от геометрических параметров швов, подобранных режимов сварки и последовательности наложения.

Так как остаточные деформации накапливаются во время всего цикла сборки и сварки, и как правило их величина зависит от последовательности наложения поясных швов, правильная последовательность их наложения может уменьшить остаточные напряжения и возможное возникновение дефектов. [17]

Для сравнения можно рассмотреть несколько вариантов последовательности наложения поясных швов, двутавровой балки и выяснить какой из них будет наиболее эффективным.

Первым вариантом следует рассмотреть наложение смежных поясных швов двутавровой балки. Данный вариант удобен в плане энергоёмкости производства, так как требует меньшего количества операций кантования. При данном варианте исполнения швы накладывают поочередно или одновременно с двух сторон стенки. Изгибающий момент продольных внутренних усилий выполняемых швов будет действовать в плоскости вертикальной стенки двутавра. Так как верхняя полка присоединена к стенке только прихватками, они не могут оказать противодействия изгибу. После чего балку с помощью кантователя переворачивают и выполняют вторую пару смежных швов. В этом случае вертикальная стенка может изогнуться в своей плоскости, в случае если первый пояс вертикальной стенки будет сварен с нижним поясом, так как момент инерции стенки слишком велик по отношению к собственному моменту инерции поясного листа, вследствие чего нижний пояс получит вогнутость. Затем если выполнить сварку вертикальной стенки с верхним поясом, произойдет увеличение прогиба, полученного от сварки швов нижнего пояса и вертикальной стенки. [18]

Во втором варианте исполнения сварные швы выполняются в крестообразном порядке. Такой вариант выполнения позволяет снизить остаточные деформации поясных швов, так как внутренние усилия только первого поясного шва будут вызывать изгиб, внутренние усилия оставшихся 3-х поясных швов будут действовать на соединение, вызывая исключение прогибов противоположным расположением. При крестообразном выполнении сварных швов остаточные напряжения практически не наблюдаются. Недостатком данного выполнения является увеличение числа кантовок двутавровой балки, что значительно увеличивает трудоемкость производства. Первый (А) и второй вариант (Б) выполнения представлены на рисунке 5 соответственно. [18]

Так как в данной работе используется автоматическая сварка под слоем флюса, и изделия свариваются в положении в лодочку, что обеспечивает равномерный нагрев полки, и стенки таврового соединения, а также хороший провар углового шва, оправдано использовать именно второй вариант выполнения с увеличением количества кантовок, исключая остаточные деформации.

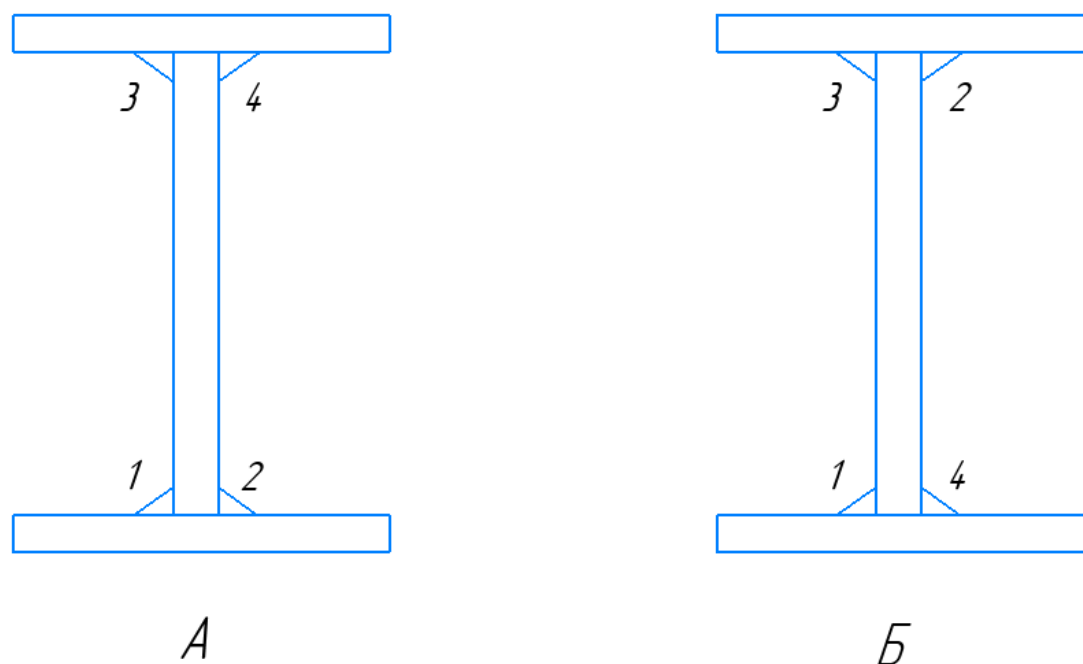


Рисунок 5 – Порядок наложения поясных швов.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

5.1.1 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 получении данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в исследовании и технологии сборки и сварки двутавровой балки для мостового однобалочного крана.

Для получения достоверной информации о потребителях необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – это группа клиентов на доступном для обслуживания рынке бизнеса, на который бизнес направляет свои маркетинговые усилия и ресурсы.

В свою очередь, сегмент рынка – это обособленно выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определёнными общими признаками.

Сегментация рынка – это процесс объединения потенциальных клиентов в группы на основании схожих характеристик таких как возраст, пол, место проживания, профессия и многое другое.

Наиболее удобно будет выделить из общей массы два наиболее характерных критерия: размер компании и отрасль, в которой будет производится сегментация рынка

Таблица 11 – Сегментирование рынка

	Сфера использования	
	Краностроение	Мостостроение

Продолжение таблицы 11

Размер организации	Крупные	1	2
	Средние	3	
	Малые	4	

1. Втормет Подъемно-транспортное оборудование (Втормет-ПТО);
2. ОАО «Волгомост»;
3. Производственная компания «Уралтехнология»;
4. ООО «Грузоподъем».

Как видно из таблицы 11, наиболее возможными и перспективными рынками сбыта в отраслях краностроения и мостостроения будут предприятия крупной и средней мощности, однако и мелкие организации могут быть заинтересованы в получении данной разработки, так как она является коммерчески привлекательной и более ресурсоэффективной.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, выполняемых на рынке, необходимо проводить регулярно, так как рынок сбыта находится в постоянном движении. Данный анализ позволяет систематически вносить коррективы в научное исследование, тем самым, помогая компании постоянно противостоять своим конкурентам. В настоящее время в России можно выделить два наиболее крупных и влиятельных предприятия в области производства двутавровых балок: ООО «Ростовский завод металлоконструкций ЮТМ» РЗМК ЮТМ, ООО «Дзержинский завод металлоконструкций».

В таблице 12 представлен анализ конкурентных технических решений. Продукт проведения исследовательской работы обозначен как Бф; Бк1 – «Ростовский завод металлоконструкций»; Бк2 - «Дзержинский завод металлоконструкций»

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
Производительность балок	0,2	3	5	4	1,3	1,4	1,2
Универсальность технологии	0,3	3	4	3	0,9	1,2	0,9
Долговечность	0,4	3	5	4	1,4	1,5	1,4
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,2	4	4	5	0,8	0,8	1
Предполагаемый срок эксплуатации	0,3	3	4	2	0,9	1,2	0,6
Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого	1	25	29	26	6,7	7,1	6,7

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (19)$$

где K – конкурентоспособность вида;

B_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл каждого вида транспорта (по пятибалльной шкале).

Исходя из анализа данных, представленных в таблице 2 можно сделать вывод, что разработанная в ходе исследовательской работы двутавровая балка может составить конкуренцию уже изготавливаемым на российском рынке производителям. Главными достоинствами разработки является отличная производительность и срок службы по отношению к затратам на цену изготовления.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны технологии сборки и сварки двутавровой балки автоматической сваркой под слоем флюса и технологий-конкурентов проведем SWOT–анализ в таблице 13.

Таблица 13 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокое качество получаемой продукции; С2. Огромная область применения; С3. Низкая стоимость производства; С4. Квалифицированный персонал; С5. Актуальность проекта.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Необходимость нескольких источников питания; Сл2. Сложная настройка оборудования; Сл3. Отсутствие оборудования для испытаний образца Сл4. Сложность в поиске квалифицированных кадров.
Возможности: В1. Регулирование производительности; В2. Получение высококачественных сварных соединений; В3. Повышение стоимости конкурентных разработок; В4. Частичная автоматизация производства; В5. Создание новых технологий.		
Угрозы: У1. Падение спроса при появлении новых конкурентов У2. Отсутствие спроса вследствие, применения новой технологии; У3. Неточность при составлении комплекта технологической документации.		

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта. Данное соответствие или несоответствие помогут

выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	+	0	+	–
	B3	0	0	+	0	0
	B4	+	–	+	+	–
	B5	+	–	+	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C1C2C3C4, B4C1C2C4C5.

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	–	–	0	–
	B2	–	+	+	–
	B3	+	+	+	+
	B4	–	+	–	–
	B5	–	–	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B2Сл1Сл2Сл3Сл4, B3Сл2Сл3Сл4, B5Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5.

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1С2С3, У2С2С4, У3С1С2С5.

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	–	–	–	–
	У2	–	+	+	+
	У3	–	–	–	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У3Сл1Сл3Сл4.

Общий SWOT-анализ представлен в таблице 18 (Приложение В)

5.2 Планирование научно-исследовательских работ.

5.2.1 Определение структуры работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в следующем порядке:

1. определение структуры работ в рамках научного исследования;
2. определение участников каждой работы;
3. установление продолжительности работ;
4. построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы выпускной квалификационной работы	Руководитель
	2	Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер

Продолжение таблицы 19

Теоретическая подготовка	3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер
	4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	Инженер
	5	Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	Инженер
Проведение расчетов и их анализ	6	Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер
	7	Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	Инженер
	8	Анализ полученных результатов	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Подведение итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер
	10	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, инженер

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющие данные работы.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоёмкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (20)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{ч_i}, \quad (21)$$

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

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (22)$$

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

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

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

Коэффициент календарности в 2022 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (23)$$

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.

Временные показатели проведения научного исследования и календарный план график представлены в таблицах 20, 21 (Приложение В)

5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- 1.материальные затраты НТИ;
- 2.основная заработная плата исполнителей темы;
- 3.дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- 4.отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 5.накладные расходы.

.1 Расчет материальных затрат НТИ.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \times N_{\text{расх}i} \quad (24)$$

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, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.). Материальные затраты

.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 23 – Затраты на специальное оборудование

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы, З _м , руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	90000	90000	90000	103 500	103 500	103 500
Принтер	шт.	1	1	1	17000	17000	17000	19550	19550	19550
Сварочный трактор	Шт.	1	1	1	400000	400000	400000	460000	460000	460000
Кислородный резак	шт.	1	1	1	7000	7000	7000	8050	8050	8050
Итого								591100	591100	591100

Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (25)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (15% от $Z_{\text{осн}}$)

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_{\text{р}}, \quad (26)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}}, \quad (27)$$

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

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

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}}, \quad (28)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

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

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 26525 \times (1 + 0,15 + 0,3) \times 1,3 = 50000 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 15384 \times (1 + 0 + 0) \times 1,3 = 20000 \text{ руб.}$$

Таблица 24 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель темы	Инженера
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	65	65
- праздничные дни	15	15
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	0
- невыходы по болезни	0	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	190	200

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{50000 \times 10,4}{257} = 2223 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{20000 \times 11,2}{252} = 889 \text{ руб.}$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: $T_p = 16$ раб. Дней

Студент: $T_p = 68$ раб. Дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$З_{\text{осн}} = 2525 \times 16 = 35568 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера составила:

$$З_{\text{осн}} = 889 \times 68 = 60452 \text{ руб.}$$

Таблица 25 – Расчёт основной заработной платы научного руководителя и инженера

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб.дней	$З_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	26525	0,15	0,3	1,3	50000	2223	16	35568
Инженер	15384	0	0	1,3	20000	889	68	60452
Итого $З_{\text{осн}}$, руб.								96020

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}}, \quad (29)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимается равным 0,15;

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

Дополнительная заработная плата научного руководителя составила:

$$З_{\text{доп}} = 35568 \times 0,15 = 5335,2 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата инженера составила:

$$З_{\text{доп}} = 47127 \times 0,15 = 9067,8 \text{ руб.}$$

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (30)$$

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

Таблица 26 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	35568	5335,2
Инженер	60452	9067,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,27	
ИТОГО	11043,864+18770,346=29814,21	

5.3.6 Накладные расходы

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{м}} + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}}) \times k_{\text{нр}}, \quad (31)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы составили:

$$\begin{aligned} З_{\text{накл}}^{\text{исп1}} &= [13593,17 + (35568 + 5335,2) + (60452 + 9067,8) + 29814,21] \\ &\times 0,16 = 24612 \text{ руб;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} З_{\text{накл}}^{\text{исп2}} &= [13393,17 + (35568 + 5335,2) + (60452 + 9067,8) + 29814,21] \\ &\times 0,16 = 24580 \text{ руб;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} З_{\text{накл}}^{\text{исп3}} &= [13493,17 + (35568 + 5335,2) + (60452 + 9067,8) + 29814,21] \\ &\times 0,16 = 24596 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 27 – Расчет бюджетного затрат на ВКР

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	13593	13393,17	13493,17
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	96020	96020	96020
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14403	14403	14403
4. Отчисления на социальные нужды	29814,21	29814,21	29814,21
5. Накладные расходы	24612	24580	25496
6. Бюджет затрат НТИ	178442,21	178210,38	179226,38

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (32)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.1}} = \frac{178442,21}{178442,21} = 1; I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.2}} = \frac{178210,38}{178442,21} = 0,998; I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.3}} = \frac{179226,38}{178442,21} = 1.$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i, \quad (33)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов выполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,2	4	4	5
5. Надежность	0,25	5	3	4
6. Материалоемкость	0,15	4	5	3
Итого	1	4,65	3,65	3,9

$$I_{p-исп1} = 0,1 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 5 + 0,15 \times 4 = 4,65;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \times 3 + 0,15 \times 4 + 0,15 \times 3 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 3 + 0,15 \times 5 = 3,65.$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \times 4 + 0,15 \times 4 + 0,15 \times 3 + 0,2 \times 5 + 0,25 \times 4 + 0,15 \times 3 = 3,9.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,65}{1} = 4,65,$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,65}{0,998} = 3,657,$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}} = \frac{3,9}{1} = 3,9.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}}, \quad (34)$$

Таблица 29 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,998	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,65	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	4,65	3,657	3,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,78	0,84

Автоматическая сварка под слоем флюса обозначена в таблице как исполнение 1, ручная дуговая сварка покрытыми электродами как исполнение 2, механизированная сварка в защитных газах как исполнение 3.

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

6 Социальная ответственность

6.1 Введение

В данном разделе ВКР рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В рамках данной работы пойдет речь о таких разделах социальной ответственности как производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях, а также рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на объектах с участием строительных конструкций.

Объектом исследования является технология сборки и сварки двутавровой балки для мостового однобалочного крана, данная конструкция относится к машиностроительной промышленности. Общий размер цеха составляет 300 м². Рабочее место на сварочном участке, занимает площадь 50 м². Следует отметить, что площадь одного рабочего места сварщика должна быть не меньше 4,5 м².

В ходе изволения бака для хранения серной кислоты будут протекать следующие процессы:

- Разметка листов
- Раскрой листов на 3 полки
- Правка листов для дальнейшего изготовления конструкции
- Сварка заготовок

6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные правовые нормы трудового законодательства

Целями трудового законодательства являются установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан, создание

благоприятных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей. [20]

Согласно статье 21 Трудового кодекса Российской Федерации «Основные права и обязанности работника», каждый работник имеет право на:

- Заключение, изменение и расторжение трудового договора в порядке и на условиях, которые установлены настоящим Кодексом, иными федеральными законами;
- Своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы;
- Полную достоверную информацию об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте, включая реализацию прав, предоставленных законодательством о специальной оценке условий труда;

Работник обязан: бережно относиться к имуществу работодателя (в том числе к имуществу третьих лиц, находящемуся у работодателя, если работодатель несет ответственность за сохранность этого имущества) и других работников; незамедлительно сообщить работодателю либо непосредственному руководителю о возникновении ситуации, представляющей угрозу жизни и здоровью людей, сохранности имущества работодателя (в том числе имущества третьих лиц, находящегося у работодателя, если работодатель несет ответственность за сохранность этого имущества).

Согласно статье 219 Трудового кодекса Российской Федерации каждый работник имеет право на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда. Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом, получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов, отказ от выполнения работ в случае возникновения

опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности, обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии требованиями охраны труда за счет средств работодателя, обучение безопасным методам и приемам труда за счет работодателя.

Согласно статье 100 Трудового кодекса Российской Федерации «Режим рабочего времени» Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику, неполная рабочая неделя), работу с ненормированным рабочим днем для отдельных категорий работников, продолжительность ежедневной работы (смены), в том числе неполного рабочего дня (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе.

6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном подразделе рассмотрим организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны сварщика.

Требования к размещению постов для сварки, организации рабочих мест изложены в ГОСТ 12.3.003-86, согласно которому рабочие места для проведения сварки под слоем флюса должны соответствовать следующим требованиям:

1. Сварка под флюсом на стационарных постах должна осуществляться при наличии приспособления для механизированной засыпки флюса в сварочную ванну, флюсоотсоса с бункером-накопителем и фильтра (при возврате воздуха в помещения).
2. При сварке под флюсом полуавтоматами должны применяться передвижные или переносные флюсоотсасывающие аппараты.

3. При удалении шлака вручную работающий должен быть снабжен необходимыми средствами индивидуальной защиты.

4. Не допускается проведение сварки при неработающей местной вытяжной вентиляции;

5. При выполнении сварочных работ в одном помещении с другими работами должны быть приняты меры, исключающие возможность воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих.

6. Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами;

7. Ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также стационарными многопостовыми источниками питания, должна быть не менее 1,5 м и тд.;

8. Органы управления сварочными процессами на поточно-механизированных и конвейерных линиях следует объединять (или располагать в непосредственной близости) с пультами управления грузоподъемными транспортными средствами.

6.3 Производственная безопасность

Для всех методов дуговой сварки плавлением в той или иной степени существует возможность опасных и вредных воздействий на сварщика в связи с факторами, отображёнными в ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. На основании данного ГОСТа были выявлены опасные и вредные производственные факторы, которые представлены в таблице 30 (Приложение В).

.3.1 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например,

острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующих на работающего при соприкосновении с ним;

Основные причины травматизма при сборке и сварке: неисправный инструмент: кувалды, молотки, гаечные ключи, зубила и т.п., отсутствие защитных очков при очистке швов от шлака; отсутствие спецодежды и других защитных средств.

Меры безопасности в этом случае: все указанные средства и инструменты следует периодически проверять; от рабочих необходимо требовать соблюдения всех правил по технике безопасности, включая работу в спецодежде, рукавицах; (где это необходимо) и т.д. Вывешивать в местах, где рабочие наиболее подвержены данному фактору, таблички\плакаты, напоминающие рабочим о применении средств индивидуальной защиты.

Различают, организуют и своевременно (по мере необходимости в зависимости от конкретных обстоятельств) проводят:

- вводный инструктаж;
- первичный и повторный инструктажи на рабочем месте;
- внеплановый инструктаж;
- целевой инструктаж. [21]

Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним

работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование.

Также должны находиться предупредительные таблички и надписи. [22]

6.3.3 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;

Горячие и холодные поверхности машин и механизмов, доступные оператору, являются причиной риска ожогов и обморожений. Для предотвращения термических ожогов кожного покрова необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги. [23]

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Для защиты от лучистой энергии рабочих, не связанных со сваркой, наплавкой или резкой металлов, сварочные посты должны ограждаться экранами из несгораемых материалов высотой не менее 1,8 м.

Для защиты от соприкосновения с влажной, холодной землей и снегом, а также с холодным металлом при наружных работах и в помещении сварщики должны обеспечиваться теплыми подстилками, матами, подколенниками и подлокотниками из огнестойких материалов с эластичной прослойкой.

Соблюдать регламентированный график труда и отдыха на открытой территории.

6.3.4 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов;

При сварке плавлением используют источники тока с напряжением холостого хода $U_{xx} = 45 - 80$ В, при постоянном токе $U_{xx} = 55 - 75$ В при переменном токе. Поэтому источником возникновения данного опасного фактора является источник питания сварочной дуги.

Наиболее типичные травмы, в результате воздействия на человека данного фактора является поражение электрическим током.

При сварке каждый сварочный аппарат должен быть оснащен отдельным заземляющим проводом непосредственно с заземляющей магистралью, все части автоматов и полуавтоматов должны быть надежно заземлены, плавкие предохранители должны соответствовать паспортным данным, шкафы, пульта должны иметь дверцы с блокировкой, отключающей первичное напряжение при их открытии.

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

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают: защитное заземление; зануление; системы защитного отключения; защитное разделение сетей; предохранительные устройства.

Непосредственно перед работой, в обязательном порядке нужно пройти инструктаж по охране труда и пожарной безопасности. А также получение наряда-допуска.

Сварщикам присваивается группа по электробезопасности не ниже II.

6.3.5 Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, исходящими от аргонодуговой сварки;

Излучения сварочной дуги оказывают вредное воздействие на электросварщика и окружающих людей. Горение дуги сопровождается ярким световым и невидимым ультрафиолетовым и инфракрасным излучениями. Видимые световые лучи действуют на глаза, поражая сосудистую и сетчатую оболочку глаза, при длительном воздействии ослабляют зрение.

Невидимые ультрафиолетовые лучи оказывают вредное влияние на глаза, поражая сетчатку и роговую оболочку их, и кожу человека. Длительное воздействие этих лучей вызывает слезотечение, боли и рези в глазах, светобоязнь, открытые участки кожи получают ожоги, аналогичные солнечным.

Невидимые инфракрасные (тепловые) лучи при длительном воздействии вызывают ожоги кожи и заболевание глаз человека. Даже кратковременное (10–20 с) на расстоянии до 1 м действие сварочной дуги на незащищенные глаза является опасным для зрения. Длительное воздействие дуги в течение нескольких часов может привести к более тяжелым последствиям (электроофтальмия, катаракта).

Опасное действие лучей сварочной дуги на незащищенные глаза и кожу человека проявляется на расстоянии до 10 м. Опасность может представлять даже отражение дуги от стен и поверхностей, освещение лица человека в профиль.

Воздействие излучения сварочной дуги вредно не только для сварщиков, но и для подручных рабочих-сборщиков. Для предотвращения опасного поражения глаз обязательно применение защитных стекол – наиболее темных для сварщиков и более светлых для вспомогательных рабочих, что должно обеспечить значительное поглощение вредных излучений, связанных с горением дуги.

Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи закрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла.

Щитки изготавливают из изоляционного металла – фибры, фанеры и по форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ 12.4.254-2013). [24]

Для ослабления резкого контраста между яркостью дуги и малой яркостью темных стен (кабины) последние должны быть окрашены в светлые тона (серый, голубой, желтый) с добавлением в окраску окиси цинка с целью уменьшения отражения ультрафиолетовых лучей дуги, падающей на стены.

При работе вне кабины для защиты зрения окружающих, работающих сварщиков и вспомогательных рабочих должны применяться переносные щиты и ширмы.

6.3.6 Опасность поражения током из-за короткого замыкания

Короткое замыкание в цепи происходит по причине замыкания двух проводов под напряжением, между которыми случайно оказалось очень малое сопротивление. Если в момент замыкания человек находится рядом с источником, то он может получить ожоги, повреждения тканей и органов.

Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи для человека устанавливаются ГОСТ 12.1.038-82. [25]

Для предотвращения развития короткого замыкания самым эффективным методом является установка автоматического выключателя или же плавких предохранителей, регулярный осмотр электропроводки. Для работника предусмотрены СИЗ: диэлектрические ботинки и перчатки, каски, изолирующие подставки и коврики.

6.3.7 Опасность подвергнуться влиянию статического электричества

Для устранения вредных и опасных проявлений статического электричества применяют такие меры, как: заземление корпусов производственного оборудования; заземление емкостей для хранения и

транспортировки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей; антистатическая обработка поверхностей; введение антистатических веществ в состав изделий; увеличение влажности обрабатываемых материалов и окружающей среды; ионизация среды; уменьшение скорости обработки материалов.

Заземление является обязательным и применяется даже в ущерб технологическому процессу. Этот способ является традиционным и наиболее широко распространен. Заземляются корпуса аппаратов и механизмов, наконечники сливных шлангов, автотранспорт для перевозки горюче смазочных материалов (бензовозы) и т.д.

6.3.8 Повышенный уровень локальной и общей вибрации

Основным источником вибраций является электросварочное оборудование. Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к утомлению, неврологическому поражению и сосудистым нарушениям.

Уменьшить влияние вибрации можно несколькими способами:

- воздействием на источник возбуждения (посредством снижения или ликвидации вынуждающих сил);
- отстройкой от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- динамическим гашением колебаний — присоединением к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибрации объекта в точках присоединения системы;
- изменением конструктивных элементов машин и строительных конструкций.
- рациональная организация режима труда и отдыха;
- создание комплексных бригад с взаимозаменяемостью профессий.

6.3.9 Повышенный уровень шума

Влияние повышенного уровня шума как в цехе, так и за его пределами неблагоприятно для трудовой деятельности работника. На всех этапах производственного цикла рабочего сопровождает различная техника или оборудование, издающая повышенный уровень шума.

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 [26] допустимый уровень шума составляет 80 дБА.

На рабочих местах промышленных предприятий защита от шума должна обеспечиваться строительно–акустическими методами:

- применением ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией;
- применением звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей);
- применением акустических экранов;
- применением глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и в аэрогазодинамических установках;
- Применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.274-2014 (СТ СЭВ 5803–86) «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний».

Для защиты от шума также широко применяются различные средства индивидуальной защиты: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; шлемы и каски; костюмы (ГОСТ 12.1.029– 80. ССБТ «Средства и методы защиты от шума»). [27]

6.3.10 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.

Места, где производятся сварочные работы, должны быть достаточно хорошо освещены дневным или искусственным светом. Хорошее освещение рабочих мест снижает утомляемость глаз, работающих и является одним из условий повышения производительности труда. Освещенность рабочих мест должна быть не менее 50—100 люксов. Согласно СП 52.13330.2016. [28]

Чтобы уменьшить поглощение света стенками кабин, их окрашивают в светлые матовые тона. Рекомендуется применять цинковые белила, желтый крон, титановые белила. Перечисленные красители хорошо поглощают ультрафиолетовые лучи.

При сварке внутри емкостей освещение осуществляется светильниками направленного света, установленными вне свариваемого объекта, или ручными переносными светильниками, оборудованными защитной сеткой.

6.3.11 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работника.

Недостаток влажности может негативно сказаться на организме, приводя к обезвоживанию и растрескиванию кожи и слизистых оболочек, последующему заражению болезнетворными микроорганизмами. Повышенная относительная влажность приводит к перегреву организма. Длительное воздействие высокой температуры при высокой влажности может вызвать гипертермию, или накопление тепла и перегревание организма, а низкая температура, особенно при высокой влажности, может вызвать гипотермию или гипотермию.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 21, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года. Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения

температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин, приведенных ниже.

Таблица 31 – оптимальные и допустимые значения микроклимата для категории работ IIб:

Процессы	Влажность, %	Температура, Цельсия	Скорость, м/с
Оптимальные:			
Холодный	60-40	17-19	не более 0,2
Теплый	60-40	19-21	не более 0,2
Допустимые:			
Холодный	15-75	15-22	не более 0,5
Теплый	15-75	16-27	не более 0,5

Средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест:

- устройства для поддержания нормируемой величины барометрического давления;
- вентиляции и очистки воздуха;
- кондиционирования воздуха; локализации вредных факторов;
- отопления;
- автоматического контроля и сигнализации;
- дезодорации воздуха.

6.3.12 Длительное сосредоточенное наблюдение

Активный контроль производственного процесса приводит к снижению работоспособности, увеличению травматизма, что ведет к снижению

эффективности труда. Здесь тоже необходимо заменить физическую работу умственной, соблюдать время труда и отдыха.

6.3.13 Монотонность труда

Монотонность труда - однообразная работа, характеризующаяся выполнением не очень сложных однотипных и заданных по ритму операций, которая вызывает ряд неблагоприятных последствий как снижение работоспособности, рост травматизма, заболеваемости, которые приводят к значительному снижению эффективности труда в целом. Для того чтобы снизить монотонность труда необходимо сменять физическую работу на умственную, соблюдать время работы и отдыха с помощью регламентированных перерывов.

6.3.14 Вредные вещества, выделяющиеся при сварке

Высокая температура дуги (6000 - 7000°C) неизбежно приводит к тому, что часть сварочной проволоки, покрытий и флюсов переходят в парообразное состояние. Эти пары, попадая в атмосферу цеха, конденсируются и превращаются в конденсационный аэрозоль, частицы которого по дисперсности близки к дымам и легко попадают в дыхательные пути сварщиков. Эти аэрозоли являются основной профессиональной опасностью для сварщиков. Количество пыли в зоне дыхания сварщика зависит главным образом от процесса сварки и свариваемых материалов, но в некоторой степени определяется и типом конструкции. Химический состав пыли дуговой сварки зависит от сварочных процессов и типа основы и сварочных материалов.

Помимо пыли, при дуговой сварке накапливаются и выделяются газообразные продукты – образуются оксиды азота, оксиды; при сварке электродом с покрытием «Б» и под флюсом — фторсодержащими соединениями.

Наибольшую опасность для здоровья сварщиков представляют аэрозоли марганца, так как отравление марганцем может проявляться и стойким параличом нервной системы. Острое отравление парами цинка и свинца вызывает литейную лихорадку, отравление ангидридом хромовой кислоты вызывает бронхиальную астму. Длительное накопление пыли в легких может вызвать пневмокониоз.

Все указанные поражения могут возникнуть, если сварку выполняют с грубым нарушением правил техники безопасности и охраны труда, касающихся обеспечения общей и местной вентиляции, применении индивидуальных средств защиты (масок, респираторов), особенно при сварке цветных металлов и их сплавов, а также при сварке в тесных, замкнутых отсеках при недостаточной вентиляции т.п.

К вентиляции во время сварочных работ предъявляются строгие требования. Для улавливания сварочных аэрозолей в стационарных и, по возможности, нестационарных местах необходимо применять местную вытяжку в виде вытяжного шкафа, вертикальной или наклонной плиты с равномерным выхлопом, стола с под решетчатой вытяжкой и т.п. При сварке крупногабаритных серийных конструкций на лестницах, манипуляторах и т. д. местную вытяжную вентиляцию необходимо встраивать непосредственно в эти устройства.

При автоматической сварке под флюсом, сварке в среде инертных газов, при электрошлаковой сварке применяют аппараты с локальным отводом газов. Если в цехе расход сварочных материалов превышает 0,2 г/ч на 1 м³ объема здания, должна быть устроена механическая, общеобменная вентиляция.

При работе на нестационарных сварочных постах в замкнутых и полузамкнутых пространствах (отсеках) следует применять местные отсасывающие устройства типа эжекторов, высоковакуумных установок с обеспечением объема удаляемого воздуха от одного сварочного поста 400 – 500 м³/ч, но не менее 100 – 150 м³/ч, что обеспечивает допустимый уровень загрязненности воздуха. Максимальная разовая предельно-допустимая

концентрация (ПДК) аргона ввоздухе рабочего места сварщика составляет 27000 мг/м³

6.4 Экологическая безопасность

Основные источники загрязнения окружающей среды в сварочном производстве:

- Твердые отходы (огарки вольфрамового электрода, присадочная проволока, офисная бумага и тд.);
- Газообразные отходы (аргон, углекислый газ, пыль, аэрозоли окисей металлов, выделяющихся в процессе сварки и тд.);
- Жидкие отходы (бытовые отходы, образующиеся в результате влажной уборки помещений, при использовании водопровода);

Предприятие относится к объектам IV категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Для утилизации твердых отходов на производстве используют несколько контейнеров для разделения металлических отходов и бытовых отходов. Металлические отходы выбрасываются в отдельную тару, которая после заполнения направляется в соответствующие службы для сортировки по типу металла и переработки, а бытовые отходы хранятся в специальной таре, которая затем вывозится в город специализированными службами для утилизации. Нормативы накопления твердых коммунальных отходов на территории г. Томск, утверждённые приказом Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области от 20.07.2018 №129 для научно – исследовательских, проектных институтов и конструкторских бюро предусмотрено: на 1 м² площади 3.4642 кг 0.0819м³ отходов в месяц, 41.57 кг 0.9831 м³ в год. Таким образом, обеспечивается защита литосферы от твердых отходов.

Газообразные отходы перед выбросом проходят обязательную очистку в фильтровентиляционных системах, защищающих атмосферу от загрязнения. В

связи с этим каждый сварочный пост должен быть оборудован вытяжкой с фильтром для сбора аэрозолей и пыли, выделяющихся в процессе сварки. Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30 % вредных веществ.

Жидкие отходы сбрасываются в городскую канализацию и поступают в центральные очистные сооружения городских очистных сооружений, защищая гидросферу от возможного загрязнения. Макулатура сдается в пункты приема макулатуры специальными службами.

Люминесцентные лампы:

В соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов, утвержденным приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242, лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства, имеющие код 4 71 101 01 52 1, отнесены к отходам I класса опасности (чрезвычайно опасные отходы) и передаются для утилизации только в специализированные организации, имеющие лицензию для данного вида деятельности.

Опасность отработанных и деформированных ламп обусловлена значительным негативным воздействием ртути и ее паров на человека и другие живые организмы. Последствия для здоровья человека могут быть самыми разными: от головных болей и утомляемости до летального исхода.

Просто выбрасывать такие источники света в мусорный бак нельзя, так как ртуть сначала проникает в почву, затем в воду, а впоследствии это вещество может отравить растения и попасть в организм человека. В связи с этим, зная требования обращения с отходами, содержащими ртуть, можно уменьшить количество вредных веществ, проникающих в почву, и обеспечить экологическую безопасность.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во время сварочных работ основной возможной чрезвычайной ситуацией является вероятность возникновения пожара и обвал конструкции. Вероятность возникновения пожара обусловлена скоплением пыли вокруг сварочного поста, сварочного автомата и в материнской плате источника питания сварочного автомата. Вероятность возникновения обвала строительной конструкции может быть обусловлена, остаточными сварочными напряжениями, а также неправильным распределением грузоподъемности при испытаниях.

Чтобы избежать данные ЧС нужно соблюдать требования безопасности.

На предприятии, а в частности в сборочно-сварочном цехе должен быть план эвакуации, составленный с учетом действующего законодательства и всех нормативно-правовых документов.

В сборочно-сварочном цехе должны быть медицинские аптечки, исправные инструменты и оборудование, предохранительные сигналы и устройства, защитные приспособления.

Работать с применением неисправных инструментов и оборудования запрещено.

С целью предотвращения возможности возникновения пожаров и взрывов требуется:

- Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети;
- Следить за чистотой на рабочем месте, вытирать скопившуюся пыль;
- Следить за чистотой источника питания и его материнской платы, снимать крышку и пылесосить скопившуюся пыль, а также просыпавшийся флюс;

- Все сотрудники должны быть ознакомлены с планом пожарной эвакуации и знать где находятся средства первичного тушения очага возгорания (огнетушители);

- При возникновении аварии или аварийной ситуации работники должны:

- Прекратить работу, отключить электрогазосварочное оборудование и обесточить помещение;

- Выключить приточно-вытяжную вентиляцию и закрыть окна;

- Немедленно сообщить о пожаре руководителю работ и в пожарную охрану, указав точное место его возникновения;

- Оповестить окружающих и при необходимости вывести людей из опасной зоны;

- Приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.

Места проведения сварочных работ должны быть обеспечены средствами первичного пожаротушения. В цехах обычно используются следующие огнетушители:

- Огнетушитель порошковый ОП-3(з);

- Огнетушитель углекислотный ОУ-1.

При возникновении пожара, возгорания вблизи рабочего места электрогазосварщик совместно с другими членами бригады должен отодвинуть газовые баллоны, шланги и другое сварочное оборудование на безопасное расстояние от места возгорания.

Тушение горящих объектов, находящихся на расстоянии менее 2 м от токоведущих частей контактной сети, допускается только углекислотными и порошковыми огнетушителями.

В случае выявления неисправностей газового оборудования, оборудования или приборов в процессе эксплуатации работы должны быть

немедленно остановлены, а руководитель работ должен быть проинформирован о происшествии.

Вывод по разделу СО:

В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» были учтены следующие пункты: «Правовые и организационные вопросы безопасности», «Охрана труда», «Экологическая безопасность», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».

Категория помещения по электробезопасности соответствует второму классу – «помещения с повышенной опасностью».

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать не ниже II группы допуска по электробезопасности. Присвоение II группы по электробезопасности производится путём обучения в учебном центре по программе не менее 72 часов. Подготовка может проводиться на предприятии силами своих специалистов и должна быть не менее 20 часов. Определяя продолжительность подготовки, нужно учитывать теоретическое и практическое обучение, в том числе стажировку на рабочем месте. В присутствии сотрудника II группы могут работать сотрудники I группы.

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности – категория Г. Категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду – IV категория.

Заключение

Во время выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология сварки двутавровой балки с геометрическими параметрами 3000x250x270 и толщиной стенки 10 мм. Изготавливаемая металлоконструкция полностью выполнена из стали 10ХСНД.

Для выполнения работы была проанализирована справочная литература, рассмотрены особенности сварки стали 10ХСНД, были выбраны необходимые сварочные материалы и сварочное оборудование, произведен расчет параметров режима сварки, назначены необходимые сборочно-сварочные операции. Рассмотрены сварочные деформации заданной конструкции, и предложены методы их уменьшения, оформлен комплект технологической документации, включающей в себя все необходимые рекомендации для изготовления данной металлоконструкции.

В ходе выполнения раздела финансовый менеджмент, были рассмотрены вопросы ресурсоэффективности и ресурсосбережения, которые показывают, что для изготовления двутавровых балок лучше всего подходит метод автоматической сварки плавящимся электродом под слоем флюса.

В разделе социальная ответственность был выполнен анализ процесса производства и эксплуатации двутавровой балки на предмет влияния опасных и вредных производственных факторов, как на сварщиков, так и на окружающую среду. Предложены меры и мероприятия для снижения их действия на рабочего, а также для предотвращения и ликвидации, в случае возникновения, чрезвычайных ситуаций.

Список используемых источников

1. Сталь 10ХСНД конструкционная низколегированная для сварных конструкций [Электронный ресурс] – Электрон. дан., 2012. URL: <https://enginiger.ru>. (Дата обращения: 15.03.2022).
2. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2015 М.
3. Особенности сварки разных видов низколегированной стали. Лучший способ сварки, его технология [Электронный ресурс] – Электрон. дан., 2021. URL: <https://texresyrs.ru>. (Дата обращения 20.03.2022).
4. ГОСТ 24291-2013. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля. – М.: Стандартиформ. 2019.
5. ГОСТ 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. – М.: Стандартиформ. 2006.
6. Автоматическая сварка под флюсом [Электронный ресурс] – Электрон. дан., 2017. URL: <https://osvarka.com>. (Дата обращения 25.03.2022).
7. MIG и MAG сварка, что это и как расшифровать [Электронный ресурс] – Электрон. дан., 2013. URL: <https://weldering.com>. (Дата обращения 2.04.2022).
8. Сварка конструкционных низкоуглеродистых и низколегированных сталей [Электронный ресурс] – Электрон. дан., 2019. URL: <http://svartek.ru>. (Дата обращения 2.04.2022).
9. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. – М.: Стандартиформ. 2008.
10. Флюсы для сварки [Электронный ресурс] – Электрон. дан., 2013. URL: <https://msd.com.ua>. (Дата обращения 5.04.2022).
11. ГОСТ 9087-81. Флюсы сварочные плавленые. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
12. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартиформ, 2007.

13. Катаев Р.Ф. Расчет основных параметров режима механизированный дуговой сварки плавящимся электродом: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Р.Ф. Катаев. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 37 с.
14. Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса: методические указания к практической работе / В.Д. Александров, В.Б. Безрук, Б.А. Кудряшов [и др.]. – Москва: Мади, 2014. – 28 с.
15. Lincoln Electric DC-655 IM602. Руководство по эксплуатации. Для машин с кодовыми номерами: 10501-10510. – 49 с.
- 16.РД 34.15.132-96 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.
17. СТО 01393674-745-2006. Методика расчета и технологии правки деформаций в стальных конструкциях мостов. – М.: ОАО ЦНИИС, 2006.
18. ГОСТ Р 58966-2020. Балки стальные двутавровые сварные. Технические условия. Сортамент – М.: Стандартиформ, 2020.
19. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г.Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шапалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 – 36 с.
20. ГОСТ 12.0.002- 2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения. – М.: Стандартиформ. 2020.
21. ГОСТ 12.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения (с Поправкой). – М.
22. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартиформ. 2019.
23. ГОСТ 12.4.254-2013 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия - М.: Стандартиформ, 2019

24.ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.

25. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

26. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2019

27 ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

28. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* –М.: Стандартинформ, 2017.

Приложение А

(Обязательное)

Комплект технологической документации

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Сухенко И.А.		
Н.контр.	Першина А.А.		

ТІУ

ФЮРА.20190.002

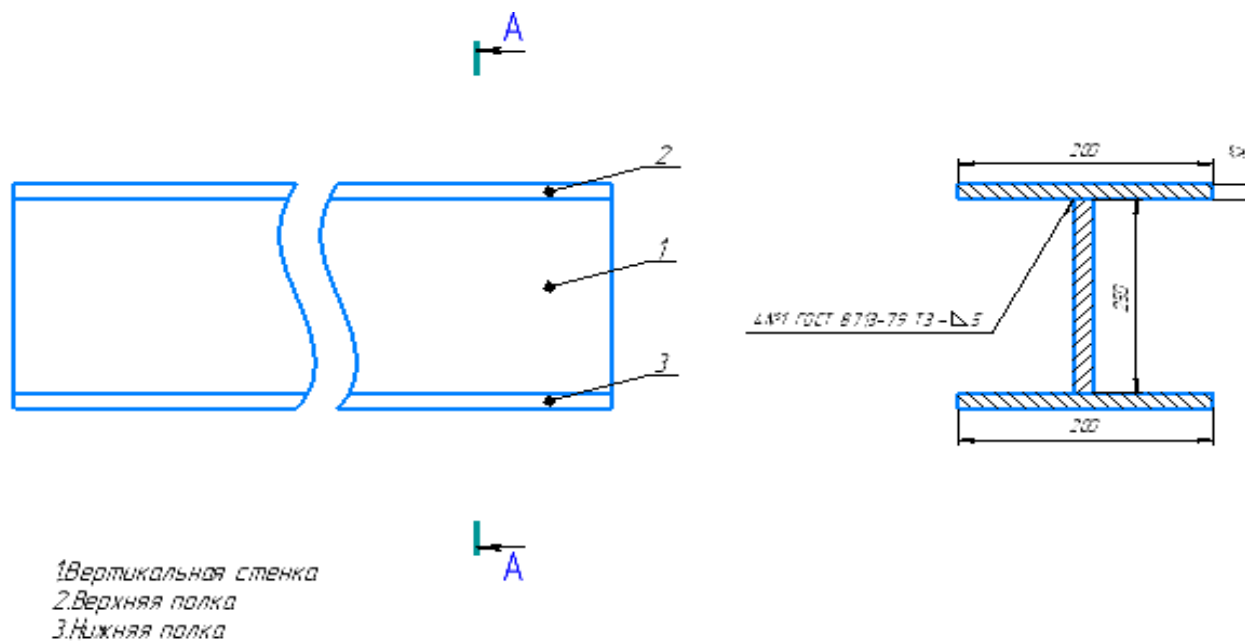
Технология сборки и сварки двутавровой балки

y

Раскрой



Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
																ФЮРА 02190.1B81099							
Разраб.	Сухенко И.А.									ТПУ						ФЮРА.20190.001							
																Сборка и сварка двутавровой балки				у			
Н.контр.	Першина А.А.																						



$$\mathbf{y}$$

4 Технологические планки

ГОСТ 14771-76 С2-УП

ФЮРА 02190.1В81099				

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Сухенко И.А.		
Н.контр.	Першина А.А.		

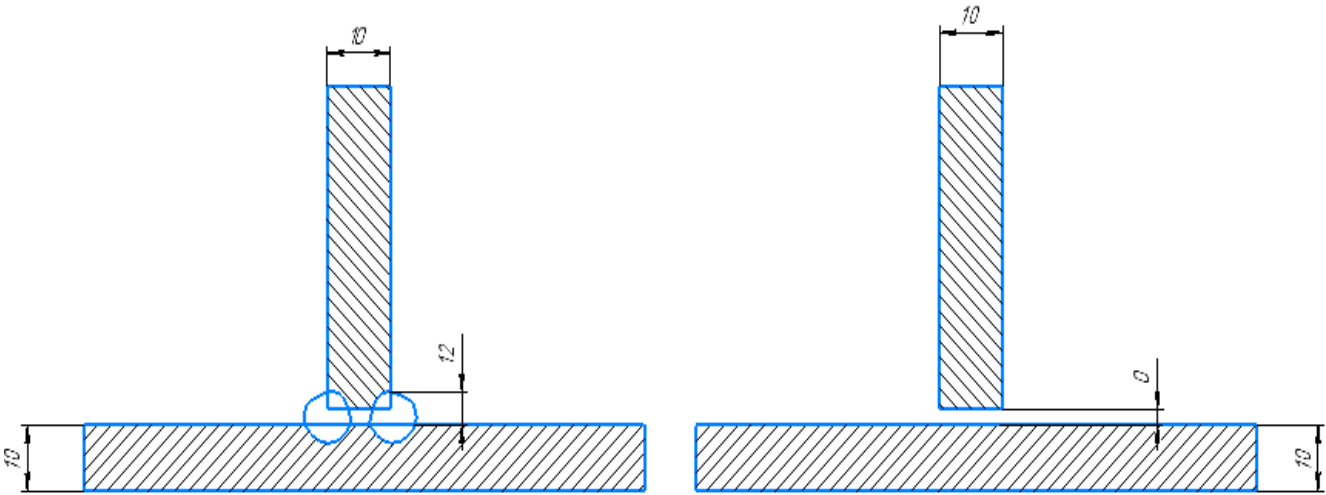
ТПУ



ФЮРА.20190.03

Сборка и сварка двутавровой балки

У			
---	--	--	--



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

ФЮРА 02190.1В81099

Разраб.	Сухенко И.А.		
Н.контр.	Першина А.А.		

ТПУ

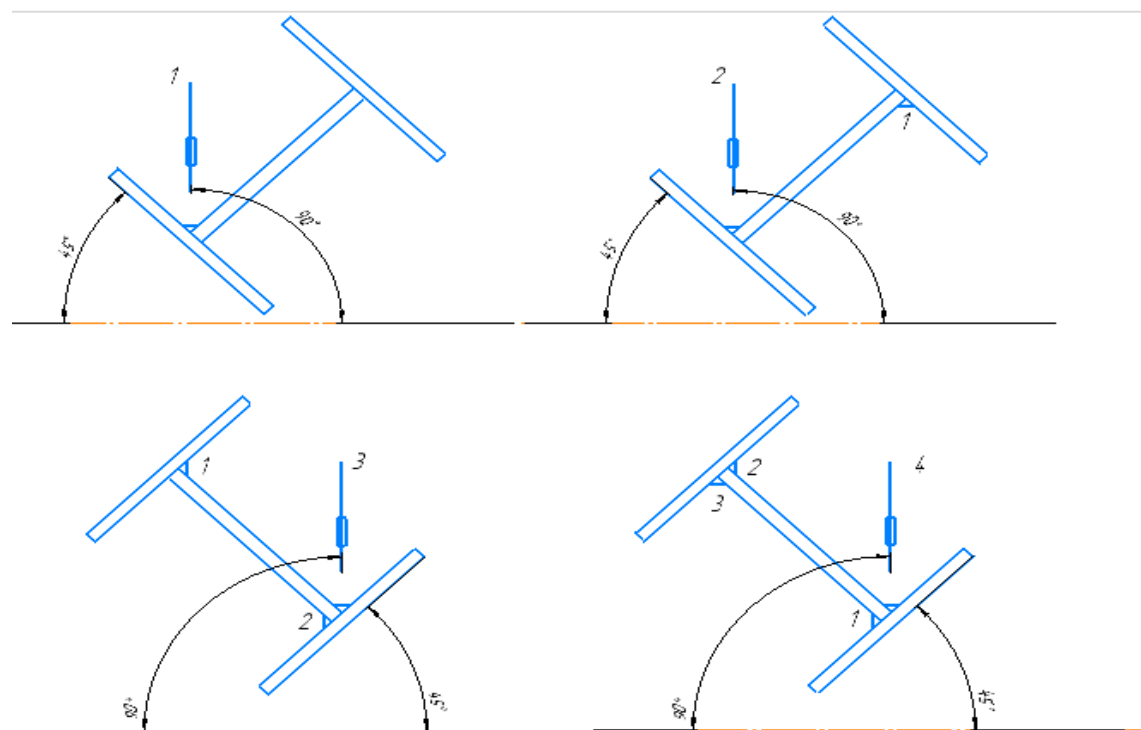
ФЮРА.20190.005

Сборка и сварка двутавровой балки

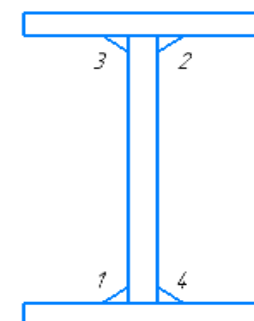
у

Сварка

Сварка 035



Порядок наложения швов



										ГОСТ 3.1118-82 форма 2															
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
										ФЮРА.20190.1В81099					4		1								
Разраб.	Сухенко И.А.														ФЮРА 10190.003										
Н.контр.	Першина А. А.									Сборка и сварка двутавровой балки										у					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа															
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.									
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.										
А01	1	1	1	005	Разметка					ИОТ №1 ТИ-129-2002															
Б02	Разметочная плита					3	слесарь	5	1	1															
К/М03	Лист сталь 10ХСНД, 10х3000х700					ГОСТ 19903-2015																			
О04	Разметить контуры верхней, нижней полок и стенки согласно эскизу ФЮРА 20190.001																								
Т05	Линейка, чертилка, мел																								
06																									
А07	1	1	1	010	Резка					ИОТ №1, ГОСТ 14792-80															
Б08	Машина для резки листов СГ-30 I					3	слесарь	5	1	1															
К/М09	Лист сталь 10ХСНД, 10х3000х700					ГОСТ 19903-2015																			
О10	Отрезать заготовки выдерживая размеры согласно эскизу ФЮРА 20190.001																								
Т11	Кислородный резак, баллоны кислорода и пропана																								
12																									
А13	1	1	1	015	Правка					ИОТ №1, СП 53-101-98															
Б14	Правильная машина МЛЧ-1725					3	слесарь	5	1	1															
															92										
МК		Маршрутная карта													10										

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
																ФЮРА.20190.1В81099		2		
																		ФЮРА 10190.004		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.					
К/М15	Заготовки из стали 10ХСНД					ГОСТ 19903-2015														
О16	Выполнить правку на правильной машине с параллельным расположением валков																			
Т17	Правильная машина																			
18																				
А19	1	1	1	020	Фрезерование					ИОТ №1, ГОСТ Р ИСО 3855-2013										
Б20	Универсальный фрезерный станок JET JTM-1050LTS					3	слесарь	5	1	1										
К/М21	Заготовка из стали 10ХСНД толщиной 10 мм					ГОСТ 19903-2015														
О22	Произвести обработку торцов листа согласно эскизу ФЮРА 20190.001																			
Т23	Фреза																			
24																				
А25	1	2	1	025	Зачистка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76, РД 34.15.132 96										
Б26	УШМ HAMMER USM1200E					3	слесарь	4	2	1	1									
К/М27	Заготовки из стали 10ХСНД: 10x250x200, 10x200x200 мм					ГОСТ 19903-2015														
028	Зачистить листы под сборку на ширину не менее 20 мм с двух сторон																			
Т29	Рулетка, чертежный инструмент																			
МК		Маршрутная карта															93		10	

										ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
															ФЮРА.20190.1В81099					3					
																				ФЮРА 10190.005					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции										Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала										Обозначение,код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
А30	1	2	1	030	Сборка										ИОТ №1, ГОСТ 14771-76, РД 34.15.132 96										
Б31	Сварочный полуавтомат Lincoln Electric Powertec 365s										3	сварщик	4	2	1	1									
К/М32	Заготовки из стали 10ХСНД: 10х250х200 мм, 10х200х200 мм										ГОСТ 19903-2015														
К/М33	Проволока СВ-10НМА, Ø 3 мм										ГОСТ 2246-70														
К/М34	Углекислый газ										ГОСТ 8050-85														
О35	Собрать соединения на прихватках: длина- 150 мм, расстояние между прихватками- 300 мм,																								
О36	Приварить технологические планки согласно эскизу ФЮРА 20190.004																								
Т37	Сборочно-сварочный стенд для сварки двутавровых балок, молоток, зубило, щетка, защитная маска																								
38																									
А39	1	2	1	035	Сварочная										ИОТ №1, ГОСТ 14771-76, РД 34.15.132 96										
Б40	Кантователь										2	слесарь	5	1	1	2									
Б41	Сварочный трактор LT-7 Tractor										1	сварщик	5	1	1	2									
К/М42	Собранная на прихватках сварочная балка										ОСТ 36-58-81														
К/М43	Сварочная проволока СВ-10НМА, Ø 3 мм										ГОСТ 2246-70														
К/М44	Сварочный флюс ОСЦ-45										ГОСТ 9087-81														
О45	Выполнить сварку согласно эскизу ФЮРА 20190.005																								
Т46	Молоток, зубило, щетка																								
А47	1	2	1	040	Визуально-измерительный контроль										ИОТ №1, ГОСТ Р ИСО 17637-2014										
Б48	Двутавровая балка из стали 10ХСНД										1	Дефект.	4	1	1	1									
О49	Произвести ВИК сварных соединений согласно ГОСТ										ГОСТ 17637-2014														
94																									
МК		Маршрутная карта																		10					

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
																	ФЮРА.02190.1В81099	2	
																	ФЮРА 60190.002		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lз	Пл	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn				
Б16	Кантователь								1	Слесарь	5	1	1	2					
Б17	Сварочный тракторк LT-7 Tractor								1	Сварщик	5	1	1	2					
К/М18	Собранная на прихватках двугавровая балка								ОСТ 36-58-81										
К/М19	Сварочная проволока СВ-08НМА, Ø 3 мм								ГОСТ 2246-70										
К/М20	Сварочный флюс ОСЦ-45								ГОСТ 9087-81										
О21	1.Выполнить сварку подготовленной конструкции соблюдая порядок наложения швов согласно эскизу ФЮРА 20190.005. Начинать и заканчивать сварку необходимо с технологических планок, обеспечить полный провар корня шва.																		
РС22	Л	1			5-10	О	34-36В	420-440А	30-35 м/ч										
О23	2.Удалить вводные и выводные планки после сварки конструкции																		
О24	3.Зачистить металл от шлака и брызгг																		
Т25	Молоток, зубило, щетка																		
97																			
ОК		Операционная карта																60	

Приложение Б
(обязательное)
Комплект таблиц

Таблица 20 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожі}$, чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Выбор темы выпускной квалификационной работы	1	1	1	3	3	3	2	2	2	Руководитель	2	2	2	2	2	2
Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	2	2	2	4	4	4	3	3	3	Руководитель, инженер	1	1	1	1	1	1
Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	7	6	6	14	12	12	10	8	8	Руководитель, инженер	5	4	4	7	6	6
Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Инженер	12	12	12	18	18	18
Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	13	13	13	19	19	19	15	15	15	Инженер	15	15	15	22	22	22
Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	6	5	5	12	10	10	8	7	7	Руководитель, инженер	4	3	3	6	4	4
Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	9	9	9	16	16	16	12	12	12	Инженер	12	12	12	18	18	18
Анализ полученных результатов	14	14	14	17	17	17	15	15	15	Инженер	15	15	15	22	22	22
Подведение итогов выпускной квалификационной работы	2	1	2	5	3	4	3	2	3	Руководитель, инженер	2	1	2	3	1	3
Согласование и проверка работ с научным руководителем	2	2	2	10	10	10	5	5	5	Руководитель, инженер	2	2	2	3	3	3

Таблица 21 - Календарный план-график проведения ВКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал.дн и	Продолжительность работ												
				Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор темы выпускной квалификационной работы	Руководитель	2													
2	Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	1													
3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	7													
4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	Инженер	18													
5	Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	Инженер	22													
6	Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	6													
7	Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	Инженер	18													
8	Анализ полученных результатов	Инженер	22													

Продолжение таблицы 21

9	Подведение итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	3														
10	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, инженер	3														

– Руководитель
 – Инженер

Таблица 18 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокое качество получаемой продукции; С2. Огромная область применения; С3. Низкая стоимость производства; С4. Квалифицированный персонал; С5. Актуальность проекта.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Необходимость нескольких источников питания; Сл2. Сложная настройка оборудования; Сл3. Отсутствие оборудования для испытаний образца Сл4. Сложность в поиске квалифицированных кадров.
Возможности: В1. Регулирование производительности; В2. Получение высококачественных сварных соединений; В3. Повышение стоимости конкурентных разработок; В4. Частичная автоматизация производства; В5. Создание новых технологий.	-Возможность широкой области применения, дает прекрасную возможность наладить партнерские отношения со всеми типами отраслей, и тем самым сохранить финансовую стабильность.	-Методика нуждается в усовершенствовании, т. к. в ней есть некоторые негативные моменты, такие как невозможность предвидеть все риски, низкая скорость продвижения новых технологий в области разработки технологии сварки. -При реализации функциональной стратегии сократятся все негативные моменты, напрямую зависящие от затрат. -Целесообразность в создании новых технологий сварки состоит в том, чтобы повысить положительные стороны и минимизировать негативные.

Продолжение таблицы 18

Угрозы: У1. Падение спроса при появлении новых конкурентов У2. Отсутствие спроса вследствие, применения новой технологии; У3. Неточность при составлении комплекта технологической документации.	-При появлении новых конкурентов на рынке следует ожидать падение спроса и, как в следствие этого, снижение финансового положения, и, возможно, сосредоточение только на определенных потребителях. -Несмотря на большие возможности проекта, имеется потенциальная возможность неточности при составлении комплекта технологической документации.	-Все вышеперечисленные негативные моменты напрямую связаны с неточностью при составлении комплекта технологической документации, поэтому технология нуждается в усовершенствовании.
---	--	--

Таблица 22 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы, Зм, руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3

Продолжение таблица 22

Бумага	лист	200	100	150	2	2	2	400	200	300
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	400	400	400	400	400	400
Карандаш	шт.	1	1	1	10	10	10	10	10	10
Сварочная проволока	кг	1	1	1	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Сварочный флюс	кг	1	1	1	103,17	103,17	103,17	103,17	103,17	103,17
Лист стали	Шт.	1	1	1	9380	9380	9380	9380	9380	9380
Итого								13593,17	13393,17	13493,17

Таблица 30 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте.

№ п/п	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1	Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	ГОСТ Р 56906-2016 Национальный стандарт Российской Федерации. Бережливое производство. Организация рабочего пространства
2	Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;	ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
3	Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, способных вызвать ожоги тканей организма человека;	ГОСТ Р 51337-99 Группа Г07. Государственный стандарт Российской Федерации безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей.

Продолжение таблицы 30

4	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов;	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
5	Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, исходящими от автоматической сварки;	ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля..
6	Опасность поражения током из-за короткого замыкания	ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках
7	Опасность подвергнуться влиянию статического электричества.	ГОСТ 12.4.124-83 СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА
8	Повышенный уровень локальной и общей вибрации;;	ГОСТ 12.1.012 – 2004 ССБТ
9	Повышенный уровень шума;	ГОСТ 12.1.003 – 2014
10	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;	СанПиН 1.2.3685– 21

Продолжение таблицы 30

11	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работника;	СанПиН 1.2.3685– 21 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
12	Длительное сосредоточенное наблюдение;	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
13	Монотонность труда	Р 2.2.2006-05 Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового кодекса. Критерии и классификация условий труда.

Продолжение таблица 30

14	Вредные вещества, выделяющиеся при сварке	ГОСТ 32423-2013 классификация опасности смесевой химической продукции по воздействию на организм ГОСТ Р 56164-2014 выбросы загрязняющих веществ в атмосферу
----	---	--