

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Отделение электронной инженерии
 Направление 15.03.01 «Машиностроение»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Технология сборки и сварки стрелы консольного крана

УДК 621.791.01:621.873.132-049.1

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Коломеец Даниил Вячеславович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Арышева Галина Владиславовна	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

Томск – 2022 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения 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:	03.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2022 г.	Общая часть. Характеристика конструкции изделия	10
08.04.2022 г.	Требования нормативной документации. Оценка технологичности материала изделия. Заготовительное производство	15
15.04.2022 г.	Расчетно-технологическая часть. Анализ базовых технологических процессов. Сборочные операции. Технология сварки. Контроль качества	15
22.04.2022 г.	Производственно-технологическая часть. Обоснование выбора сварочного оборудования.	15
30.04.2022 г.	Выбор вспомогательного оборудования. Нормирование сборочно-сварочных работ.	15
23.05.2022 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2022 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2022 г.	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
15.03.01 «Машиностроение»
«Оборудование и технологии сварочного производства»
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

(Подпись) _____ (Дата) Першина А.А.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Коломеец Даниил Вячеславович

Тема работы:

Технология сборки и сварки стрелы консольного крана
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Стрела консольного крана, режим работы периодический, материал СтЗсп
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Обзор литературы; 2) выбор сварочных материалов; 3) расчет параметров режима сварки; 4) выбор источников питания; 5) расчет расхода сварочных материалов; 6) разработка технологии сборки, сварки; 7) обоснование выбора оптимального способа сварки.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ФЮРА.746000.001 Стрела консольного крана; ФЮРА.02190.00001 Комплект технологической документации для сборки и сварки стрелы консольного крана.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Коломеец Даниил Вячеславович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Коломеец Даниил Вячеславович

Институт	ИШНКБ	Кафедра	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей в соответствии со штатным расписанием НИ ТПУ.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - накладные расходы – 10%
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциальных потребителей результатов исследования, проведение SWOT-анализа, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
<i>2.Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.
<i>3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности проекта
Перечень графического материала:	
1.Оценка конкурентоспособности технических решений 2.Матрица SWOT 3.График проведения и бюджет НИ 4.Оценка сравнительной эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.03.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна			10.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Коломеец Даниил Вячеславович		10.03.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО		
3-1В71	Коломеец Даниил Вячеславович		
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Технология сборки и сварки стрелы консольного крана	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение - Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения - Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	<i>Объект исследования:</i> технология сборки и сварки стрелы консольного крана. <i>Область применения:</i> строительная, машиностроительная. <i>Рабочая зона:</i> отдельное помещение (лаборатория). <i>Размеры помещения:</i> 10*15 м. <i>Количество и наименования оборудования рабочей зоны:</i> углошлифовальная машина, сборочно-сварочный стенд, источники питания для сварки, балластный реостат, баллоны с защитным газом. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> сборочные и сварочные работы.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: - Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства: - Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	ПОТ РО 14000-003-98. Правила по охране труда при производстве котельных работ и металлических конструкций; ПОТ РО 14000-005-98. Положение. Работы с повышенной опасностью. Организация проведения; Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: - Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов - Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	Опасные факторы: 1. Опасные 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; 2. опасные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе поле тяжести: а) действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего; б) 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. 3. опасные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека. Вредные факторы: 1. Вредные производственные факторы, связанные со световой средой (некогерентными неионизирующими

	излучениями оптического диапазона электромагнитных полей) и характеризующиеся чрезмерными (аномальными) относительно природных значений и спектра характеристиками световой среды, затрудняющими безопасное ведение трудовой и производственной деятельности: а) недостаток необходимого естественного освещения; б) недостаток необходимого искусственного освещения; в) повышенная пульсация светового потока. 2. вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; 3. вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: специальная одежда, специальная обувь, средства защиты головы, средства защиты органов дыхания, средства защиты лица, средства защиты глаз, средства защиты органов слуха, предохранительные приспособления, средства защиты рук, защитные дерматологические средства, вентиляционное оборудование, фильтровентиляционное оборудование.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на литосферу: отходы производства и потребления; Воздействие на атмосферу: повышенное содержание вредных газов и аэрозолей, выделяющихся при сварке.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.) Наиболее типичная ЧС: пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2022 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Руководитель ООП, Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Коломеец Даниил Вячеславович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 81 страница, 1 рисунок, 40 таблиц, 52 формулы, 23 источника и 2 приложения.

Ключевые слова: стрела консольного крана, двутавровая балка, ручная дуговая сварка (РДС), механизированная сварка в среде защитных газов (МП), оптимизация производственного процесса.

Объект исследования: выбор наиболее оптимального способа сварки для стрелы консольного крана.

Цель работы: разработать технологический процесс сборки и сварки стрелы консольного крана.

Из проведённого анализа было определено, что более оптимальным способом из выбранных является ручная дуговая сварка, так как издержки на оборудование и сварочные материалы будут гораздо меньше, чем при механизированной сварке в среде защитных газов, хоть и затраты на время сварки у второго способа меньше.

Перед внедрением результатов в производство необходимо проверить их на практике и провести последующую корректировку, так как часть расчётов была проведена по приблизительным данным, а другая часть по рекомендуемым данным литературы, в которой часто находятся разноречивые данные.

После сравнения таких параметров как стоимость источников питания для сварки, расходы на сварочные материалы и потраченное время на производство, был сделан вывод, что ручная дуговая сварка является наименее затратным способ для производства стрелы консольного крана.

Область применения: строительная и машиностроительная отрасль.

В будущем планируется внедрение технологии в производство.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия»;
2. ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»;
3. ГОСТ 9466-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия»;
4. ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»;
5. ГОСТ 19903-74 «Прокат листовой горячекатаный. Сортамент»;
6. ГОСТ 27772-80 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия»;
7. РД 34.15.132 – 96 «Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов».

Оглавление

	С.
Введение	12
1 Обзор литературы о производстве консольных кранов	13
1.1 Описание сущности ручной дуговой сварки	14
1.2 Описание сущности механизированной сварки	15
2 Объект и методы исследования	17
3 Экспериментальная часть	18
3.1 Сварочные материалы	18
3.1.1 Электроды для РДС	19
3.1.2 Проволока для МП	20
3.1.3 Защитный газ для МП	21
3.2 Расчет параметров режима сварки	22
3.2.1 Расчет режима для РДС	22
3.2.2 Расчет режима для МП	25
3.3 Выбор источников питания для сварки	28
3.3.1 Выбор источника питания для РДС	29
3.3.2 Выбор источника питания для МП	30
3.4 Ориентировочная оценка химического состава и механической характеристики шва	31
3.4.1 Ориентировочная оценка для МП	31
3.4.2 Ориентировочная оценка для РДС	34
3.5 Расход сварочных материалов	35
3.5.1 Расчет расхода покрытых электродов	35
3.5.2 Расчет количества электродной проволоки	36
3.5.3 Расчет объема газа при сварке в защитных газах	36
3.6 Описание технологии сборки и сварки	37
3.7 Требования к материалам, оборудованию, персоналу	40
3.7.1 Требования к основным материалам	40
3.7.2 Требования к сварочным материалам	40
3.7.3 Требования к оборудованию	42
3.7.4 Требования к персоналу	43
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
4.1 Предпроектный анализ	46
	10

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	46
4.1.2 Оценка конкурентных технических решений	47
4.1.3 SWOT – анализ	48
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	52
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	52
4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	52
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	56
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта	59
5 Социальная ответственность	63
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	63
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	64
5.2 Производственная безопасность при эксплуатации	65
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования	67
5.2.2 Обоснования мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	71
5.3 Экологическая безопасность при эксплуатации	73
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	74
Вывод по разделу	74
Заключение	77
Список использованных источников	78
Приложение А ФЮРА.746000.001 Стрела консольного крана	
Приложение Б ФЮРА.02190.00001 Комплект технологической документации для сборки и сварки стрелы консольного крана	

Введение

В настоящий момент одной из важнейших задач остаётся оптимизация производственного процесса при изделия разнообразных конструкций.

В соответствии с техническим заданием, следует исследовать и выбрать наиболее эффективный и менее затратный метод производства стрелы консольного крана с использованием ручной дуговой сварки (РДС) и механизированной сварки в среде защитных газов (МП). Следовательно, необходимо рассмотреть издержки на материалы, сварочное оборудование и затраты на время сварки при использовании этих двух методов сварки и найти наиболее оптимальный способ. Это и должно помочь оптимизировать производственный процесс изготовления стрелы консольного крана.

Цель данной работы: разработать технологический процесс сборки и сварки стрелы консольного крана.

Для решения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- выбор сварочных материалов;
- расчет параметров режима сварки;
- выбор источников питания;
- расчет расхода сварочных материалов;
- разработка технологии сборки, сварки;
- выбор оптимального способа сварки.

1 Обзор литературы о производстве консольных кранов

Доля сварочной работы в производстве сварных конструкций занимает около 30% от общей трудоемкости ее изготовления. При сваривании конструкций из различных металлов и их сплавов используют различные возможные методы и способы сварки.

Электродуговая сварка является основным видом сварки в подъемно-транспортном машиностроении по объему применения. В большинстве случаев в производстве используется ручная электродуговая сварка, полуавтоматическая и автоматическая сварка под слоем флюса и в среде защитных газов. Электродуговую сварку возможно выполнять угольным или металлическим электродами. Чаще всего используется сварка металлическим электродом, при использовании которого образуется и горит сварочная дуга при прохождении сварочного тока между электродом и свариваемым изделием. В основном сварку ведут на переменном токе, поскольку в таком случае электроэнергия расходуется меньше, и применяют, при этом довольно простую аппаратуру [1].

Для получения качественного сварного шва при ручной электродуговой сварке, а также для защиты расплавленного металла от вредоносного влияния атмосферы применяются электроды с защитными покрытиями. При полуавтоматической и автоматической сварке этой цели служат флюсы и углекислый газ [1].

В цехах различных промышленных и металлургических предприятий широко используют консольные стационарные краны. С их помощью монтажные работы намного упрощаются. Помимо этого, консольные краны используют и в производственном процессе при ремонтных и сборочных работах. Исходя из того, что потребность применения консольных кранов в машиностроительном производстве очень велика, необходимо проектировать такие краны со всем разнообразием технических характеристик: вылет стрелы, грузоподъемность, размеры зоны обслуживания, режим работы и др.

1.1 Описание сущности ручной дуговой сварки

Тепло генерируется в процессе образования электрической дуги, которое необходимо для расплавления основного металла (а также электродного стержня). Чтобы поддерживать электрическую дугу, на электрод и свариваемую деталь подают электроэнергию от источника питания. Расплавы основного и электродного металла смешиваются в образующейся при этом сварочной ванне. После затвердевания сварочной ванны получается сварной шов. Стальной электрод содержит специальное покрытие, когда оно плавится, то создает защиту самой сварочной ванны в виде шлака, который всплывает на поверхность шва, и газового облака. Защита необходима для того, чтобы защитить сварочную ванну от взаимодействия с азотом и прочими газами, содержащимися в воздухе [1].

Процесс ручной дуговой сварки выглядит следующим образом: между электродом и основным металлом горит дуга, под действием теплоты путём расплавления дуги электрода и основного металла образуется сварочная ванна, через дуговой промежуток с электродного стержня переносятся в ванну капли жидкого металла, электродное покрытие расплавляется вместе с металлическим стержнем, образуя газовую защиту и жидкую шлаковую пленку на поверхности расплавленного металла. На конце электродного стержня появляется втулка из покрытия в виде конуса. Она способствует направленному движению газового потока и защите сварочной ванны. Это происходит из-за того, что большая часть теплоты образуется на торце электродного стержня. Сварочная ванна охлаждается и затвердевает после того, как пройдёт дуга, образуя тем самым сварной шов. На поверхности шва после затвердевания жидким шлаком образуется твердая шлаковая корка. Эту корку после сварки необходимо удалять [1].

Преимущества ручной дуговой сварки:

1. Можно сваривать многие различные металлы;
2. Быстрый переход к другим видам материалов;

3. Возможно проводить сварку в труднодоступных местах;
4. Возможен процесс сварки во любом положении в пространстве;
5. Простота в эксплуатации оборудования;
6. Термическое влияние распространяется в малой зоне.

Недостатки ручной дуговой сварки:

1. Отсутствует возможность регулирования скорости продвижения электрода и глубины проплавления металла, из-за этого, при сварке тонкого материала, проблематично получить качественный шов;
2. Невысокая производительность;
3. Качество сварного шва зависит от квалификации сварщика;
4. Длительный срок, затрачиваемый на подготовку квалифицированных сварщиков.

1.2 Описание сущности механизированной сварки

Технологические свойства сварочной дуги существенно зависят от физических и химических свойств используемых защитных газов, электродного и свариваемого металлов, параметров и других условий сварки. Это обуславливает многообразие способов сварки в защитных газах. Необходимо рассмотреть процесс механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродам по наиболее существенным признакам.

Механизированная сварка плавящимся электродом осуществляется в инертных газах Ar и He (MIG) и их смесях $Ar + He$, в активном газе CO_2 (MAG), а также в смесях инертных и активных $Ar + O_2$, $Ar + CO_2$, $Ar + CO + O_2$ и активных газов $CO_2 + O_2$. В качестве электродных проволок используют сплошные, изготовленные из нелегированных и легированных сталей и цветных металлов (Ni, Si, Mg, Al, Ti, Mo), а также несплошные порошковые и активированные. Главным образом сварка плавящимся электродом осуществляется на постоянном токе, а также используется сварка импульсным током. Существуют и другие возможности ведения сварки, например: сварка на нормальном и увеличенном вылете, со свободным и принудительным

формированием шва, без колебаний и с колебаниями электродной проволоки, в атмосфере и под водой, в стандартную и нестандартную узкую щелевую разделку кромок и др., которые также находят свою область применения [2].

Принципиальная схема сварочных работ при ведении механизированной сварки, практически ничем не отличается от схемы, которая присутствует при ведении ручной дуговой сварки.

Преимущества МП:

1. Высокая производительность и легкость автоматизации и механизации процесса;
2. Отсутствие операций по удалению шлака;
3. Возможно ведение сварки во всех пространственных положениях;
4. Низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

Недостатки МП:

1. Необходимо применять защитные меры против тепловой и световой радиации дуги;
2. Не исключена возможность нарушения газовой защиты при сдувании струй газа потоком воздуха;
3. Расход металла на разбрызгивание, при котором брызги соединяются с поверхностями шва и изделия;
4. Присутствие газовой аппаратуры и, в отдельных случаях, потребность водяного охлаждения горелок.

2 Объект и методы исследования

Исходными данными работы являются основные размеры стрелы консольного крана. По этим данным необходимо разработать технологию производства стрелы консольного крана с помощью ручной дуговой сварки и механизированной сварке в защитных газах и выбрать наиболее оптимальный способ для внедрения в производство.

Стрела консольного крана представляет собой двутавровую балку из стенки и двух полок, листовой прокат которой поставляется по ГОСТ 19903-74, материал СтЗсп. Чертеж стрелы с необходимыми размерами и обозначенными сварными швами приведен в приложении А. Химический состав и механические свойства состав стали стЗсп представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав СтЗсп по ГОСТ 380-2005, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Sr	N	Cu	As
0,14- 0,22	0,15- 0,3	0,4- 0,65	До 0,3	До 0,05	До 0,04	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,008

Таблица 2 - Механические свойства стали СтЗсп по ГОСТ 535-2005

Временное сопротивление,	Предел текучести	Ударная вязкость при -20°C	Относительное удлинение
390 Н/мм ²	255 Н/мм ²	29 Дж/см ²	26 %

Технические характеристики СтЗсп с учетом модификаций – универсальны. Одно из важных достоинств марки – хорошая свариваемость.

Сплав позволяет применять ручные и автоматические дуговые способы сварки (под флюсом и газом), а также электрошлаковый и контактно-точечный методы.

3 Экспериментальная часть

3.1 Выбор сварочных материалов

Чтобы сварить стрелу консольного крана нужно выбрать необходимые материалы для сварки, которые в свою очередь будут обеспечивать равнопрочность сварного соединения. Стрела консольного крана представляет собой двутавровую балку, изготовленную из листового проката марки ст3сп, которая является низколегированной сталью мартенситного класса.

Под низкоуглеродистыми сталями обычно понимают стали, содержащие не более 0,25% углерода, 0,9% марганца 0,4% кремния и незначительное количество других элементов. Углерод повышает закаливаемость стали. Увеличить твердость и износостойкость стали можно, подвергнув её закалке и отпуску. Тем не менее, углерод, содержащийся в углеродистых сталях, способствует образованию при сварке кристаллизационных горячих трещин и малопластичных закалочных образований и трещин в околошовных зонах. Металл основного металла отличается по свойствам от самого шва, а углерод снижает устойчивость швов к образованию трещин, усиливая отрицательное влияние серы и фосфора [3].

Низкоуглеродистые стали свариваются отлично. Для правильного выбора электродов нужного типа и марки, обязательно нужно учитывать следующие требования:

1. Оптимальный химический состав шовного металла;
2. Равнопрочное сварное соединение с основным металлом;
3. Устойчивость сварных соединений при вибрационных и ударных нагрузках, повышенных и пониженных температур;
4. Бездефектный сварной шов.

3.1.1 Выбор электродов для РДС

Для того, чтобы сварить металлоконструкцию, берутся электроды диаметром от 2,5 мм до 6 мм. Диаметр электрода нужно выбирать исходя из толщины свариваемого металла, а также в зависимости от положения шва в пространстве. Для сваривания корневых слоев шва и для подварки шва с обратной стороны необходимо брать электроды с диаметром от 2,5 мм до 4 мм [3].

Для того, чтобы подобрать подходящий электрод, необходимо проанализировать несколько отечественных и импортных марок, сравнив их химический состав и механические свойства наплавленного металла, представленные в таблицах 3 и 4:

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла в процентах, по паспортным данным по РД 34.15.132.

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

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла при комнатной температуре по ГОСТ 9467-75

Тип и марка электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение, d ₅ , %	Ударная вязкость, Дж/см ² (кгс и м/см ²)
	не менее		
УОНИ-13/45	410(42)	22	147(15)
УОНИ-13/55	490(50)	20	127(13)
АНО-20	470(48)	30	137(14)
ТМУ-46	460(47)	24	-
ОЗС-23	450(46)	20	98(10)

При сварке углеродистых и низколегированных сталей важной особенностью электрода является временное сопротивление. По нему можно определить соответствие прочности металла сварного шва и свариваемой стали. Но не стоит забывать, что при использовании электродов, имеющих временное сопротивление больше, чем у свариваемой стали, сварочные напряжения концентрируются в сварных швах, что негативно отразится на пригодности сварной конструкции [3]. Исходя из всего вышеперечисленного наиболее подходящим электродом является УОНИ 13/45, потому что он имеет самое близкое значение временного сопротивления к стали Ст3сп: 390 кгс/мм².

3.1.2 Выбор проволоки для МП

При механизированных способах сварки используют проволоку в виде непрерывного плавящегося электрода, намотанного на специальные кассеты [3].

Чтобы выбрать наиболее подходящую проволоку, необходимо рассмотреть несколько марок наших и импортных проволок, сравнив химический состав наплавленного металла, который приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав наплавленного металла, по паспортным данным ГОСТ 2246-70

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

В низколегированных сталях металл шва содержит небольшое количество азота. Объясняется это его малой концентрацией в пламени. Остающийся в швах в значительных количествах водород может привести к появлению там пор. Ещё

к появлению пор в сварном шве приводит окисление FeO с помощью углерода с образованием CO. Чтобы этого избежать, необходимо брать проволоку с более низким содержанием углерода. Выгорание марганца и кремния может стать результатом понижения пластичности металла шва. Чтобы повысить механические свойства метало-шва используется горячая проковка и последующая термообработка. [3]. Исходя из всего вышеперечисленного, наиболее подходящей проволокой в данном случае будет являться Св-08Г2С.

3.1.3 Выбор защитного газа для МП

Защитный газ является существенным компонентом, который повышает производительность и качество сварочного процесса. Защитный газ необходим, чтобы защитить затвердевающий расплавленный сварочный шов от окисления, а также от влаги, имеющейся в воздухе, и примесей, которые понижают сопротивляемость шва коррозии и приводят к образованию пор и ослаблению прочности шва, влияя на геометрию сварного соединения. Так же защитный газ охлаждает сварочный пистолет [3].

Для того, чтобы подобрать подходящий газ необходимо рассмотреть несколько видов защитных газов и газовых смесей для низколегированных сталей, сравнив их особенности. Особенности защитных газов и смесей представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Особенности защитных газов и газовых смесей [4].

Защитный газ	Особенности в процессе сварки
Ar	Великолепная передача материала электрода во время сварки деталей толщиной до 25 мм. Устойчивая дуга.
75%Ar + 25%CO ₂	Хорошая прочность, легкое набрызгивание по контуру сварного соединения. Устойчивая дуга.
60%He + 5%CO ₂ + 35%Ar	Большая ударная вязкость, очень маленькая реакционная способность.
CO ₂	Высокая скорость сварки, большая глубина проплавления.
Ar + 1 – 5%O	Высокая стабильность дуги, очень хорошее слияние контура валика сварного шва, более жидкая управляемая сварочная ванна, очень мало прожогов, скорость сварки выше, чем при сварке с чистым аргонem

Исходя из всего вышеперечисленного в таблице 6 для сварки двутавровой балки из стали Ст3сп подходит любой газ или смесь. Чтобы оптимизировать и уменьшить затраты на производственный процесс мы могли бы взять самый дешёвый из вышеперечисленных газов углекислый газ, но взяв вместо него смесь с аргоном, мы можем уменьшить брызгообразование, чем сократим время на очистке сварных швов после сварки.

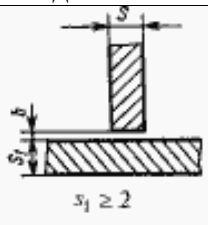
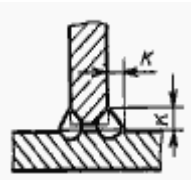
3.2 Расчет параметров режима сварки

3.2.1 Расчет режима для РДС

Для определения режима сварки сначала нужно выбрать диаметр электрода, который берётся при сварке стыковых швов в зависимости от толщины листа, а при сварке швов тавровых и угловых соединений от катета шва.

В соответствии с ГОСТ 5264-80 при ручной дуговой сварке установлены следующие геометрические размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва, которые приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Геометрические размеры подготовки кромок и сварного шва по ГОСТ 5264-80.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	b	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.
ТЗ			От 2 до 3	0	+1
			Св. 3 до 15		+2
			Св. 15 до 40		+3

Расчет производится согласно формулам и рекомендациям [6]

Так, при листах толщиной 10 мм, катет шва равен 9 мм. Для этого катета рекомендованы электроды диаметром от 5 до 6 мм.

Для того, чтобы определить число проходов при сварке угловых и тавровых соединений общая площадь наплавленного металла считается по формуле:

$$F_{\text{н}} = \frac{K_y \cdot K^2}{2} = \frac{1,25 \cdot 9^2}{2} = 60,6 \text{ мм}^2, \quad (1)$$

где K – катет шва;

K_y – коэффициент, учитывающий усиление шва (при $K=9$, $K_y = 1,25$).

Сварка будет вестись за два прохода: корень заварить электродом $d = 3$ мм. Второй проход выполнить электродом диаметром $d = 5$ мм.

Площадь металла, наплавленного за один проход, при котором обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять:
для первого прохода (при проварке корня шва)

$$F_1 = (6 \div 8)d_s = (6 \div 8) \cdot 3 = 18 \div 24 \text{ мм}^2, \quad (2)$$

для второго прохода

$$F_1 = (8 \div 12)d_s = (8 \div 12) \cdot 5 = 40 \div 60 \text{ мм}^2.$$

Определение величины сварочного тока:

При ручной дуговой сварке сила тока выбирается в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока. Для каждого прохода будет своя сила тока:

$$I_{\text{св}}^1 = \frac{\pi d_s^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} 13 = 90 \text{ А}, \quad (3)$$

$$I_{\text{св}}^2 = \frac{\pi d_s^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} 10 = 200 \text{ А},$$

где j - допускаемая плотность тока (при $d_s = 5$, $j = 10 \text{ А/мм}^2$, при $d_s = 3$, $j = 10 \text{ А/мм}^2$).

Определение напряжения на дуге:

Напряжение на дуге при дуговой сварке покрытыми электродами изменяется в пределах от 20 до 34 В. При проектировании технологических процессов сварки напряжение выбирается на основании рекомендаций справочников и паспорта на данную марку электрода.

Определение скорости сварки:

$$V_{св}^1 = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{12 \cdot 90}{3600 \cdot 0,2 \cdot 7,8} = 0,1 \frac{см}{с} = 3,6 \frac{м}{ч}, \quad (4)$$

$$V_{св}^2 = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{12 \cdot 200}{3600 \cdot 0,4 \cdot 7,8} = 0,17 \frac{см}{с} = 6,12 \frac{м}{ч},$$

где α_n – коэффициент наплавки (12 г/А);

γ – плотность стали (7,8 г/см³).

Определение погонной энергии:

$$q_n^1 = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{90 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,11} = 18 \frac{кДж}{см}, \quad (5)$$

$$q_n^2 = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{200 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,17} = 23,5 \frac{кДж}{см},$$

где η_u – эффективный КПД для ручной дуговой сварки ($\eta_u = 0,8$).

Определение глубины проплавления:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\pi \cdot V_{св} \cdot c_p \cdot T_{пл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \cdot 90 \cdot 25}{3,14 \cdot 0,1 \cdot 4,9 \cdot 1500}} = 0,75 \text{ см}, \quad (6)$$

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

c_p – объемная теплоемкость (4,9 Дж/см³ · град).

Следовательно, при ручной дуговой сварке глубина провара:

$$H_{np} = (0,5 \div 0,7)r = 0,37 \div 0,5 \text{ см}. \quad (7)$$

Определение мгновенной скорости охлаждения:

Мгновенную скорость охлаждения металла при заданной температуре определяют по формуле [5]:

$$\omega = 2\pi\lambda c_p \frac{(T - T_0)^3}{\left(\frac{q}{V} \cdot \delta\right)^2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,39 \cdot 4,9 \frac{(500 - 25)^3}{\left(\frac{1800}{0,1} \cdot 1\right)^2} = 3,9 \frac{°C}{с}, \quad (8)$$

где T_0 – начальная температура изделия, $^{\circ}\text{C}$;

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

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

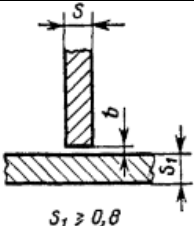
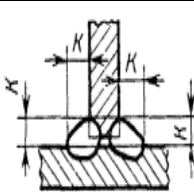
В ходе данных расчётов были выбраны режимы для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, которые обеспечивают формирование геометрии шва согласно ГОСТ 5264-80.

3.2.2 Расчет режима для МП

Основные параметры режима механизированной сварки в защитных газах, оказывающие значительное влияние на формирование шва, являются сила сварочного тока, плотность тока в электроде, напряжение дуги, скорость сварки, род тока и его полярность. При определении режима сварки необходимо выбрать такие параметры, которые обеспечат получение швов заданных размеров, форм и качества [3].

При сварке в аргоне плавящимся электродом в соответствии с ГОСТ 14771-76 установлены следующие размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва, показанные в таблице 8.

Таблица 8 – Геометрические размеры подготовки кромок под сварку и сварного шва по ГОСТ 14771-76.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	b	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.
ТЗ			От 6 до 20	0	+1,5
			Св. 22 до 40		+2

Расчет производится согласно формулам и рекомендациям [6]

Выбирается диаметр электродной проволоки согласно рекомендации равным 1,6 мм, катет шва принимаем равным $k=10$ мм.

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла:

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2. \quad (9)$$

Определение силы сварочного тока по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi d_э^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} 80 = 350 \text{ А}, \quad (10)$$

где j - допускаемая плотность тока (при $d = 1,6$, $j = 80 \text{ А/мм}^2$).

Определение оптимального напряжения дуги:

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot I_{св}}{d_э^{0,5}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 350}{1,6^{0,5}} = 30 \text{ В}. \quad (11)$$

Определение коэффициента провара:

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

$$\psi_{np} = \frac{K'(19 - 0,01 \cdot I_{св})d_э \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (12)$$

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

$$K' = 0,367 \cdot j_э^{0,1925} = 0,367 \cdot 80^{0,1925} = 0,915. \quad (13)$$

Следовательно, коэффициент провара равен:

$$\psi_{np} = \frac{0,915(19 - 0,01 \cdot 350) \cdot 2 \cdot 30}{350} = 0,62.$$

Зная глубину провара и коэффициент формы провара, определяют ширину шва:

$$e = \psi_{np} \cdot F_n = 0,62 \cdot 50 = 3,1 \text{ мм}. \quad (14)$$

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

$$g = \frac{e}{\psi_е} = \frac{3,1}{7} = 0,4 \text{ мм}. \quad (15)$$

Определение скорости сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma}. \quad (16)$$

Коэффициент наплавки определяем по формуле:

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

где α_p – коэффициент расплавления проволоки;

ψ – коэффициент потерь.

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{св}} \frac{l}{d_3^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{350} \frac{10}{2^2} = 9,26 \frac{с}{А}, \quad (18)$$

где l – вылет электродной проволоки, согласно рекомендациям, он равен 10 мм;

$$\begin{aligned} \psi &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j_3 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j_3 \\ &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 80 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 80 = 9,6\%. \end{aligned}$$

Коэффициент наплавки равен:

$$\alpha_n = 9,26(1 - 0,096) = 8,4 \frac{с}{А}.$$

Следовательно, скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{8,4 \cdot 350}{3600 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 0,3 \frac{см}{с} = 10,8 \frac{м}{ч}.$$

Определение скорости подачи электродной проволоки:

$$V_{н.э.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{F_{эл} \cdot \gamma \cdot 3600} = \frac{9,26 \cdot 350}{0,314 \cdot 7,8 \cdot 3600} = 0,39 \frac{см}{с} = 14 \frac{м}{ч}, \quad (19)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки ($3,14 \text{ мм}^2$).

Определение погонной энергии:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{350 \cdot 30 \cdot 0,84}{0,3} = 3806 \frac{Дж}{см}, \quad (20)$$

где η_u – эффективный КПД для механизированной сварки ($\eta_u = 0,84$).

Определение глубины провара:

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

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q_n}{\pi \cdot e \cdot c_p \cdot T_{нл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3806}{3,14 \cdot 0,31 \cdot 4,7 \cdot 1500}} = 1,3 \text{ см}, \quad (22)$$

$$H_{np} = (0,5 \div 0,7)1,3 = 0,65 \div 0,91 \text{ см.}$$

В ходе данных расчётов выбрали режимы для механизированной сварке в среде защитных газов, которые обеспечивают формирование геометрии шва согласно ГОСТ 14771-76.

3.3 Выбор источников питания для сварки

При выборе необходимого источника питания необходимо обращать внимание на базовые характеристики [7]:

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

3.3.1 Выбор источника питания для РДС

Для ручной дуговой сварки были выбраны электроды УОНИ 13/45, которые по ГОСТ 9466-75 пригодны для сварки на постоянном токе.

Характерной чертой источников питания сварочного тока для ручной дуговой сварки покрытыми электродами является крутопадающая внешняя статическая характеристика. Данная характеристика обеспечивает стабильность тока при колебаниях длины дуги и обеспечивает устойчивый процесс сварки.

Она достигается при большом внутреннем сопротивлении источника по отношению к сопротивлению дуги [5].

В связи с текущей политической ситуацией в мире и возможными проблемами приобретения моделей европейского производства, необходимо рассмотреть сварочные инверторы для ручной дуговой сварки отечественного и Китайского производства, сравнить их технические характеристики и выбрать наиболее подходящий из приведенных в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики сварочных инверторов для РДС

Техническая характеристика	Тип источника питания			
	Форсаж-180 (Россия)	Сварог REAL ARC 220 (Россия)	AuroraPRO STICKMATE 185 (Китай)	Gigant WM MMA-250 (Китай)
Диапазон регулирования выходного тока, А	15-180	15-220	10-180	30-250
Напряжение холостого хода, В	70	62	64	60
Потребляемая мощность, кВА	7,8	8	7,6	7,7
Минимальное входное напряжение, В	140	140	160	140
Питающее сетевое напряжение	1 фаза 140-250 В, 50/60 Гц	1 фаза 160-270 В, 50 Гц	1 фаза 230 В, 50/60 Гц	1 фаза 220 В, 50/60 Гц
Диаметр электрода, мм	1.6-4.0	1.6-5.0	1.6-4.0	1.6-6.0
Габаритные размеры, мм	295x155x160	381x137x285	315x145x250	350x210x280
Цена, руб.	16530	13090	14100	13606

Из рассмотренных сварочных инверторов подходят под режимы, рассчитанные в пункте 3.2.1, отечественный инвертор Сварог и Китайский Gigant. В связи с незначительной разницей в цене выберем сварочный инвертор Gigant WM MMA-250, так как он имеет больший диапазон регулирования сварочного тока и диаметра электрода. Также его плюсами выступают меньшая масса и габариты.

3.3.2 Выбор источника питания для МП

Для механизированной сварки используем проволоку Св-08Г2С, которые по ГОСТ 2246-70 пригодны для сварки на постоянном токе.

Характерной чертой источников сварочного тока для механизированной сварки является жесткая внешняя статическая характеристика. Такая характеристика обеспечивает стабильность тока при колебаниях длины дуги и устойчивость процесса сварки. Она достигается при большом внутреннем сопротивлении источника по отношению к сопротивлению дуги [5].

Необходимо также рассмотреть несколько видов сварочных инверторов для механизированной сварки в среде защитных газов разных производителей из России и Китая, сравнить их технические характеристики и выбрать наиболее подходящий из приведенных в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики сварочных инверторов для МП

Техническая характеристика	Тип источника питания			
	Кедр MultiMIG-3500S (Россия)	Сварог MIG 350 (Россия)	ATLASWELD MIG-350 (Китай)	Foxweld Invermig 350 (Китай)
Диапазон регулирования выходного тока, А	40-350	50-350	50-350	20-350
Напряжение холостого хода, В	63	32	50	-
Максимальная мощность, кВт	14,4	13	11,16	11,2
ПВ на максимальном токе, %	100	60	60	60
Габаритные размеры, мм	630x260x435	630x285x870	910x400x670	530x270x424
Масса, кг	32,5	43,5	58	26
Цена, руб.	145080	166500	120900	133751

Из рассмотренных в таблице 10 источников питания при изготовлении стрелы консольного крана ручной механизированной сваркой в среде защитных газов мы будем использовать сварочный инвертор Российского бренда, но

Китайского производства ATLASWELD MIG-350. Его минус – габариты, но, так как нам его необходимо только доставить в лабораторию для сварочных и сборочных работ, а после этого его не нужно никуда выносить, то этот показатель не играет особой роли. При примерно равных с другими рассмотренными инверторами характеристиках, его цена значительно ниже.

3.4 Ориентировочная оценка химического состава и механической характеристики шва

Влияние химических элементов, входящих в основной металл, является значительным фактором для образования сварного соединения, который необходимо учитывать при разработке технологии сварки. Так же подбором химического состава сварочных материалов можно регулировать химический состав и механические свойства металла шва в самых широких пределах [6].

Содержание рассматриваемого элемента в металле шва определяется на основании правила смешения по формуле, [6]:

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

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

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

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

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

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

γ_0 – доля участия основного металла в металле шва.

3.4.1 Ориентировочная оценка для МП

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n}, \quad (24)$$

где F_{np} – площадь проплавления основного металла;

F_n – площадь наплавленного металла.

$$F_{np} = \frac{\pi \cdot \psi_{np} \cdot H^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,62 \cdot 8^2}{4} = 48,67 \text{ мм}^2. \quad (25)$$

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{48,67}{48,67 + 50} = 0,49.$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка [6].

Для того что бы определить содержание конкретного элемента в шве, представим в таблицах 11 и 12 химический состав Ст3сп и проволоки Св-08Г2С.

Таблица 11 - Химический состав Ст3сп по ГОСТ 380-2005, в %

С	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	N	Cu	As
0,14- 0,22	0,4- 0,65	0,15- 0,3	До 0,3	До 0,04	До 0,05	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,008

Таблица 12 - Химический состав наплавленного металла проволокой Св-08Г2С в процентах по паспортным данным по РД 34.15.132

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

Определяем химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом в среде аргона по формуле 23:

$$[C]: R_{ш} = 0,18 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,07 = 0,12\%,$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,23 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,82 = 0,53\%,$$

$$[Mn]: R_{ш} = 0,53 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 1,9 = 1,23\%,$$

$$[Ni]: R_{ш} = 0,3 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,25 = 0,27\%,$$

$$[S]: R_{ш} = 0,05 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,025 = 0,037\%,$$

$$[P]: R_{ш} = 0,04 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,03 = 0,021\%,$$

$$[Cr]: R_{\text{ш}} = 0,3 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,2 = 0,25\%,$$

$$[N]: R_{\text{ш}} = 0,008 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,008 = 0,008\%.$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла швов позволило установить коэффициенты влияния каждого химического элемента и составить эмпирическое выражение для расчета ожидаемых механических характеристик металла шва низколегированной стали. Поэтому для конструкционных сталей рекомендуется использовать эмпирические зависимости [6].

Предел прочности:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ши}} &= 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 23,9Cr + 7,7Ni \\ &= 4,8 + 50 \cdot 0,44 + 25,2 \cdot 1,23 + 17,5 \cdot 0,53 + 23,9 \cdot 0,25 + 7,7 \cdot 0,27 \\ &= 53,9 \text{ МПа.}\end{aligned}\tag{26}$$

Относительное удлинение шва:

$$\begin{aligned}\delta_{\text{ш}} &= 50,4 - (21,8C + 15Mn + 49Si + 5,8Cr + 2,4Ni) \\ &= 50,4 - (21,8 \cdot 0,44 + 15 \cdot 1,23 + 49 \cdot 0,53 + 5,8 \cdot 0,25 + 2,4 \cdot 0,27) \\ &= 21,6 \%. \end{aligned}\tag{27}$$

Ударная вязкость шва при $T = 293 \text{ K}$:

$$\begin{aligned}KCU_{\text{ш}} &= 23,3 - (25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 2,4Cr + 1,6Ni) \\ &= 23,3 - (25,7 \cdot 0,44 + 6,4 \cdot 1,23 + 8,4 \cdot 0,28 + 2,4 \cdot 0,21 + 1,6 \cdot 0,29) \\ &= 11,5 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}.\end{aligned}\tag{28}$$

Предел текучести шва:

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73 \cdot \sigma_{\text{ши}} = 0,73 \cdot 41,9 = 30,6 \text{ МПа.}\tag{29}$$

Относительное поперечное сужение:

$$\psi_{\text{ш}} = 2,32 \cdot \delta_{\text{ш}} = 2,32 \cdot 21,6 = 50,1 \%. \tag{30}$$

Согласно рекомендациям приведенных в [6] данные эмпирической зависимости следует использовать для легирующих сталей, а СтЗсп является конструкционной, которая содержит только обычные примеси. Следовательно, расчеты механических характеристик металла шва будут неверны. Поэтому в

таблице 13 приведём типичные механические свойства наплавленного металла по РД 34.15.132.

Таблица 13 – Типичные механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08Г2С по ГОСТ 9467-75

Материал	Проволока	Температура испытаний, °С	σ _т	σ _р	δ	ψ	а _н , кгс·м/см ²
			МПа		%		
Ст3сп	Св-08Г2С	20	490	642	45	21	13

3.4.2 Ориентировочная оценка для РДС

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n},$$

$$F_{np} = 0,73 \cdot e \cdot H = 0,73 \cdot 6 \cdot 5 = 21,9 \text{ мм}^2, \quad (31)$$

где e – ширина валика (примем 6 мм).

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{21,9}{21,9 + 60,6} = 0,26.$$

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

Для того что бы определить содержание конкретного элемента в шве, представим в таблицах 14 и 15 химический состав Ст3сп и проволоки Св-08Г2С.

Таблица 14 - Химический состав Ст3сп в процентах по ГОСТ 380-2005

С	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	N	Cu	As
0,14-0,22	0,4-0,65	0,14-0,3	До 0,3	До 0,04	До 0,05	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,008

Таблица 15 - Химический состав наплавленного металла электродом УОНИ 13/45 по ГОСТ 9467-75, в %

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

Определяем химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом ручной дуговой сварки по формуле 23:

$$\begin{aligned}
 [C]: R_{ш} &= 0,18 \cdot 0,26 + (1 - 0,26) \cdot 0,09 = 0,13\%, \\
 [Si]: R_{ш} &= 0,23 \cdot 0,26 + (1 - 0,26) \cdot 0,25 = 0,24\%, \\
 [Mn]: R_{ш} &= 0,53 \cdot 0,92 + (1 - 0,26) \cdot 0,63 = 0,6\%, \\
 [S]: R_{ш} &= 0,05 \cdot 0,26 + (1 - 0,26) \cdot 0,03 = 0,035\%, \\
 [P]: R_{ш} &= 0,04 \cdot 0,26 + (1 - 0,26) \cdot 0,04 = 0,04\%.
 \end{aligned}$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла шва так же, как и для механизированной сварки подсчитать по формулам [6] невозможно. Следовательно, в таблице 16 приводим типичные механические свойства наплавленного металла по РД 34.15.132.

Таблица 16 - Типичные механические свойства наплавленного металла электродом УОНИ 13/45

Материал	Электрод	Температура испытаний, °С	σ _т	σ _р	δ	ψ	а _н , кгс·м/см ²
			МПа		%		
Ст3сп	УОНИ 13/45	20	450	612	48	22	15

3.5 Расход сварочных материалов

3.5.1 Расчет расхода покрытых электродов

Необходимый расход покрытых электродов при ручной дуговой сварке можно посчитать по формуле [6]:

$$G_{э} = G_n(1,6 \dots 1,8), \quad (32)$$

где G_n – масса наплавленного металла, определяемая по формуле:

$$G_n = F_n \cdot l_{ш} \cdot \gamma_n, \quad (33)$$

где F_n – площадь наплавки;

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

γ_n – плотность наплавленного металла.

$$G_n = 0,6 \cdot 1200 \cdot 7,8 = 5616 \text{ г},$$

$$G_{э} = 5616 \cdot 1,6 = 9547,2 \text{ г}.$$

Следовательно, для выполнения двух проходов электродами УОНИ 13/45 при изготовлении стрелы консольного крана, цена будет равна около 1450 рублей.

3.5.2 Расчет количества электродной проволоки

Для механизированных способов сварки плавящимся электродом в среде защитных газов количество электродного металла определяется в зависимости от количества наплавленного металла и коэффициента потерь при сварке ψ_n .

$$G_э = G_n(1 + \psi_n), \quad (34)$$

$$G_n = 0,5 \cdot 1200 \cdot 7,8 = 4680 \text{ з},$$

$$G_э = 4680(1 + 0,096) = 5129,3 \text{ з}.$$

Следовательно, для выполнения шва электродной проволокой Св-08Г2С при изготовлении стрелы консольного крана, цена будет равна около 970 рублей.

3.5.3 Расчет объема газа при сварке в защитных газах

Для того чтобы определить общий объем газа, необходимо учесть время на выполнение сварного шва. Зная длину провариваемого участка и скорость перемещения сварочной горелки, можно определить время для выполнения сварного соединения

$$t = \frac{l_{ув}}{V_{св}} = \frac{1200}{0,3} = 4000 \text{ с}. \quad (35)$$

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

$$Q_э = t \cdot Q_{min} = 66,6 \cdot 20 = 1332 \text{ л}, \quad (36)$$

где Q_{min} – расход газа, назначенный при расчете режимов сварки, л/мин (при сварке больших толщин расход газа составляет 15-20 л/мин);

t – время сварки, мин.

Следовательно, для изготовления двутавровой балки длиной 3 метра механизированной сваркой необходимо закупить 32 баллона со смесью аргона с углекислотой по 40 литров, что обойдется в 35200 рублей.

3.6 Описание технологии сборки и сварки

Для подготовки металла под сборку и сварку необходимо выполнить такие операции, как: правка, отчистка, разметка, механическая обработка с получением необходимых размеров [8]. Разметка осуществляется путём переноса натуральных размеров детали с чертежа на металл. При разметке заготовок необходимо учитывать укорочение их в процессе сварки конструкции. Поэтому предусматривается припуск из расчёта 0,1-0,2 мм на 1 м продольного шва [8].

Затем производится правка, с помощью которой ликвидируют деформацию прокатной стали. Листовой металл правят в холодном состоянии на листопрямильных вальцах, а наиболее деформированный металл правят в горячем состоянии.

Перед сваркой непосредственно стоит задача сборки конструкции, а именно установление и фиксация деталей в предусмотренном проекте положении. Сборка под сварку является одной из трудоемких и достаточно сложных операций, так как должна обеспечиваться качественная сварка всей конструкции. Для этого необходимо выдержать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить детали в проектное положение и закрепить между собой так, чтобы взаиморасположение деталей не было нарушено в процессе сварки и кантовки, а также и возможной транспортировки. Должен быть обеспечен свободный доступ к месту сварки.

Для изготовления двутавровой балки первой операцией является раскрой листового металла на полосы - штрипсы нужной длины и ширины, который производится на установке термической резки с ЧПУ, позволяющей распускать лист одновременно несколькими резаками. Скорость резки доходит до 1 метра в минуту, в зависимости от толщины металла.

Следующей операцией является сборка балки двутавровой, которая должна быть достаточно точной, особое внимание уделяется симметрии расположения и взаимной перпендикулярности полки и стенки. Сборка на

стеллаже с помощью простейших приспособлений является трудоёмкой и может применяться только в единичном производстве. Использование станов для сборки двутавровых балок дает возможность повысить производительность сборочных операций в несколько раз.

Сборка двутавровой балки происходит в 2 этапа: сборка профиля Т-образной формы, затем балка кантуется на 180° и собирается двутавр.

Эффект использования сборочного стана достигается быстроедействием и надёжностью механизма позиционирования элементов. Закрепление и освобождение элементов балки по всей длине с помощью винтов занимает достаточно большое количество времени, поэтому наиболее производительнее и удобнее использование в работе приспособлений, которые оснащены гидравлическими прижимными механизмами.

Затем идет сварка листов в стане. Приёмы и последовательность, применяемые для наложения швов, могут быть разнообразными. Выполнение швов «в лодочку» обеспечивает наилучшие условия для формирования шва и глубины проплавления стенки, но поворачивать изделие, приходится после сварки каждого шва. Поэтому используют позиционеры-кантователи. Для предотвращения краевого эффекта и образования прожога в начале ведения сварки, используют закладные планки. Так же, сварку продолжительных швов необходимо вести обратноступенчатым способом.

При несоблюдении технологии сборки и сварки возможны следующие деформации:

1. Выпуклость;
2. Угловая деформация (образование «домика»);
3. Продольная деформация

На рисунке 1 представлена возможная деформация сварной двутавровой балки.

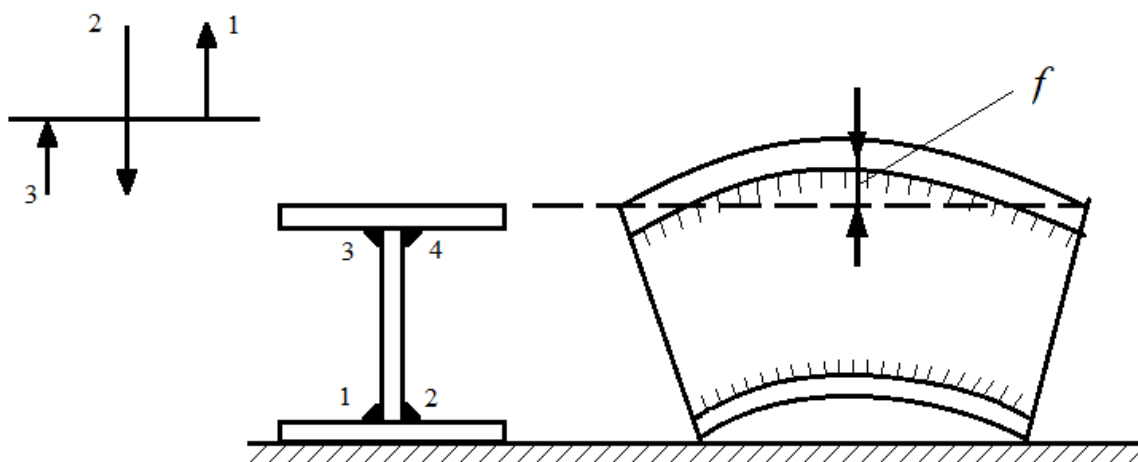


Рисунок 1 - Деформация сварной двутавровой балки

При механизированной сварке двутавровой балки для получения прямой балки можно рекомендовать следующее: швы 1 - 2 выполнять на большой скорости при меньшем, чем требуется, сечении швов, затем выполнить швы 3 - 4 полным сечением и после вторичной кантовки перекрыть швы 1 - 2 до требуемого размера.

Избежать изгиба двутавровой балки в вертикальной плоскости можно, выполняя одновременно оба поясных шва с одной стороны стенки (например, швы 1 - 3) при горизонтальном положении балки, затем швы с другой стороны стенки (2 - 4).

После сварки швов 1 - 3 возникнет незначительная деформация балки в горизонтальной плоскости в направлении от швов 2 - 4 вправо, а после сварки швов 2 - 4 эта деформация несколько уменьшится. Остаточная деформация в горизонтальной плоскости будет небольшой, так как первые и вторые швы располагаются почти по оси балки.

Для внедрения технологии сборки и сварки стрелы консольного крана в производство был разработан комплект технологических документов для ручной дуговой сварки, который приведен в приложении Б.

3.7 Требования к материалам, оборудованию, персоналу

3.7.1 Требования к основным материалам

Прокат из конструкционных сталей, используемый для изготовления сварных металлоконструкций грузоподъемного оборудования, при поступлении должен быть подвергнут входному контролю в соответствии с требованиями данной инструкции.

Соответствие применяемых материалов требованиям НТД на поставку должно подтверждаться сертификатами предприятия-поставщика. При отсутствии сертификатов или при недостаточном количестве необходимых данных в них материал может быть использован после проведения дополнительных испытаний, необходимых для установления соответствия материала требованиям НТД на поставку.

Качество металла, применяемого для изготовления расчетных элементов сварных несущих металлоконструкций и деталей, должно быть подтверждено сертификатами предприятий-поставщиков металла. Организации разрешается проводить дополнительные испытания стального проката на ударную вязкость при отрицательных температурах и после механического старения. Испытания должны проводиться поштучно (лист, уголок и др.) методами, предусмотренными ГОСТ 7268 [17] и ГОСТ 9454 [18], в лабораториях, аттестованных в установленном порядке.

3.7.2 Требования к сварочным материалам

Для механизированной сварки в углекислом газе и смесях необходимо применять сварочную проволоку сплошного сечения, удовлетворяющую требованиям ГОСТ 2246.

Соответствие качества сварочных материалов должно подтверждаться сертификатами заводов-изготовителей, в которых приведены все необходимые данные в соответствии с требованиями ГОСТов, ТУ или паспорта на конкретные сварочные материалы и свидетельства НАКС.

Сварочные материалы, независимо от наличия сертификата, должны быть подвергнуты входному контролю. Каждая партия должна проверяться на следующие характеристики:

- сварочно-технологические свойства;
- соответствие наплавленного металла электродов требованиям марочного состава.

В качестве защитного газа следует применять газообразный и жидкий углекислый газ высшего и первого сортов по ГОСТ 8050 [19]. Допускается добавление в углекислый газ до 25 % аргона высшего и первого сортов с физико-химическими показателями по ГОСТ 10157 [20].

Сварочные материалы следует хранить в сухих отапливаемых помещениях при температуре не ниже +15°C и влажности не более 60% в условиях, предохраняющих их от загрязнения, увлажнения, ржавления и механических повреждений.

Сварочные материалы перед отправкой с участка должны быть скомплектованы согласно требованию на выдачу сварочных материалов.

В лаборатории необходимо строго определить и соответствующим образом оборудовать место приемки и текущего хранения сварочных материалов.

Доставку сварочных материалов к рабочему месту осуществлять только в специальной таре, обеспечивающей сохранность от увлажнения, загрязнения и механических повреждений.

К рабочему месту сварочные материалы следует подавать непосредственно перед сваркой в количестве, необходимом на период непрерывной работы сварщика. Электродную проволоку рекомендуется подавать на рабочее место непосредственно перед заправкой в аппарат.

У рабочего места сварочные материалы необходимо хранить в плотно закрывающейся таре.

3.7.3 Требования к оборудованию

Оборудование для сварки, аппаратура для дефектоскопии, контрольно-измерительные приборы (амперметры, вольтметры и др.) должны иметь паспорт завода-изготовителя (при наличии), подтверждающий соответствие данного экземпляра оборудования для предназначенной работы.

Оборудование перед использованием должно быть проконтролировано по следующим признакам:

- наличие паспорта завода-изготовителя (при наличии);
- комплектность и исправность;
- действие срока последней проверки и поверки/калибровки (для аппаратуры и приборов, подлежащих поверке/калибровке).

Источники питания для сварки должны подвергаться ежедневному осмотру перед началом работы на предмет определения видимых неисправностей, а также должны быть снабжены исправной контрольно-измерительной аппаратурой или другими устройствами, предусмотренными конструкцией данной установки.

Корпус любого сварочного оборудования должен быть надежно заземлен. Для присоединения заземляющего провода должен быть предусмотрен болт диаметром 5-8 мм, расположенный в доступном месте с надписью "земля". Последовательное заземление нескольких сварочных источников запрещается.

Подключение постов механизированной сварки должно быть произведено к распределительным шкафам (сборкам), соединенным с подстанцией отдельным фидером. Подключение к этим шкафам грузоподъемных механизмов не допускается. Источник сварочного тока должен подключаться к сети через индивидуальную пусковую аппаратуру (электромагнитный пускатель, рубильник).

Колебания напряжения сети, к которому подключено сварочное оборудование, не должны быть ниже -10 % и выше +5 % от минимального значения.

Оборудование для сварки должно быть аттестовано в соответствии с РД 03 614 03 [21].

3.7.4 Требования к персоналу

К сварочным работам при изготовлении и монтаже ПТО могут быть допущены сварщики, аттестованные на уровень профессиональной подготовки в соответствии с ПБ 03-273-99 [22] и имеющие аттестационное удостоверение, в котором указывается, к каким видам работ допущен сварщик (способ сварки, наименование изделий, группа сталей, положение шва в пространстве).

Сварщики должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже II. Кроме того, все сварщики должны сдать испытания на знание противопожарных мероприятий и требований по безопасности труда.

Сварщик, прошедший первичную аттестацию, получает аттестационное удостоверение на право производства сварочных работ при изготовлении конструкций ПТО, срок действия которого 2 года. Через 2 года (по истечении первого срока действия аттестационного удостоверения) срок действия удостоверения может быть продлен аттестационным центром, проводившим первичную аттестацию, на основании ходатайства руководителя подразделения и положительного заключения медицинской комиссии. Продление срока действия удостоверения может быть осуществлено на 1 год, но не более двух раз подряд.

После окончания срока действия аттестационного удостоверения (с учетом полученных продлений, при их наличии) сварщик подвергается периодической аттестации со сдачей специального и практического экзаменов.

Если у сварщика был перерыв свыше 6 месяцев в выполнении работ, указанных в его аттестационном удостоверении, или ему будут поручены работы, не указанные в его аттестационном удостоверении, он должен пройти дополнительную аттестацию путем сдачи специального и практического экзаменов.

Если сварщик был временно отстранен от работы за нарушение технологии сварки или повторяющееся неудовлетворительное качество выполненных им производственных сварных соединений, он должен быть подвергнут внеочередной аттестации со сдачей общего, специального и практического экзаменов.

Содержание и объем первичной, периодической, дополнительной и внеочередной аттестации определяются аттестационной комиссией в соответствии с требованиями РД 03-495-02 [23].

Сварщик, впервые приступающий к сварке конструкций ПТО, несмотря на наличие удостоверения, должен перед допуском к работе пройти проверку путем сварки и контроля допускных (пробных) стыков.

Конструкция допускного стыка должна соответствовать видам работ, указанным в удостоверении сварщика. Методы и объемы контроля допускных стыков труб должны отвечать соответствующим правилам Ростехнадзора. Допускные стыки проверяются путем визуального и измерительного контроля, радиографирования и механических испытаний. Оценка качества допускных стыков должна производиться по нормам, которые предусмотрены для таких же производственных стыков.

Контроль допускных стыков путем ультразвуковой или радиографической дефектоскопии можно заменить осмотром наружной и внутренней поверхности шва и установлением сплошности металла шва в процессе послойной его проточки на токарном станке через каждые 0,5-1,0 мм.

Допускные стыки должны быть идентичны производственным стыкам, которые будет сваривать проверяемый сварщик, или однотипны с ними. По результатам проверки качества допускных стыков составляется протокол, являющийся основанием для допуска сварщика к выполнению сварочных работ.

К руководству и техническому контролю за проведением сварочных работ должны быть допущены специалисты сварочного производства, аттестованные на II, III или IV уровень профессиональной подготовки в соответствии с действующими ПБ 03-273-99 и имеющие удостоверение НАКС на право

руководства и технического контроля за производством сварочных работ на объектах Ростехнадзора в соответствии с данными, указанными в их удостоверении.

Специалисты сварочного производства подвергаются проверке знаний в области промышленной безопасности в соответствии с Положением о порядке подготовки и аттестации работников организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты.

Сведения об аттестации в установленном порядке сварщиков и специалистов сварочного производства должны храниться в отделе кадров и руководителя производственного подразделения.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления конкретными проектными решениями на этапе реализации.

В данном разделе все расчеты и рекомендации были выполнены согласно [9].

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и сварки стрелы консольного крана» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации.

Суть работы заключается в определении оптимального способа сварки для производства стрелы консольного крана.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

В таблице 17 показано сегментирование рынка.

Таблица 17 - Сегментирование рынка

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели качества сварного соединения	Количество дефектов на 1 см сварного шва	1,2	-	3
	Разбрызгивание электродного металла	1	2	2,3
	Глубина проплавления, мм	3,2	3	1

где 1 – механизированная сварка в среде защитных газов;

2 – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

3 – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом.

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции низок. Механизированная сварка, как видно из сегментирования, хороший способ сварки, который может получать качественные сварные соединения.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В таблице 18 нам показана оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 18 - Оценочная карта

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							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
2. Затраты сварочного материала	0,2	5	1	5	1	0,2	1
3. Качество сварного соединения	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,1

Экономические критерии оценки эффективности							
1 Цена	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2 Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
3 Конкурентно-способность работы	0,25	5	2	4	1,25	0,5	1
Итого	1	30	20	29	5	2,35	3,75

где B_{ϕ} – механизированная сварка в среде защитных газов;

$B_{к1}$ – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

$B_{к2}$ – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (37)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Итогом данного анализа является то, что метод предложенный в данной выпускной квалификационной работе эффективнее, чем методы конкурентов

4.1.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Матрица SWOT представлена на таблице 19.

Таблица 19 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Широкая область применения С3. Использование современного оборудования С4. Актуальность проекта С5. Наличие опытного руководителя	Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Перенастройка оборудования Сл3. Требуется два источника питания Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности: В1. Получение качественных сварных соединений В2. Регулирование производительности В3. Повышение стоимости конкурентных разработок В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ		
Угрозы: У1. Появление новых технологий У2. Снижение государством финансирования темы У3. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы. У4. Отсутствие спроса на технологию		

На втором этапе SWOT-анализа строятся интерактивные матрицы проекта, которые представлены в таблицах 20, 21, 22, 23.

Таблица 20 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности Проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	-	+	+
	B4	+	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C2C3C4C5, B2B4C1C2C3C4C5, B3C3C4C5.

Таблица 21 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	-	+
	B2	+	-	+	-
	B3	-	+	-	+
	B4	+	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и возможности: B2Сл1Сл3, B3B4Сл1.

Таблица 22 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы Проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	-	-	-
	У3	-	-	-	+	-
	У4	-	-	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие, коррелирующие сильные сторон и угроз: У1C4C5, У4C3C4.

Таблица 23 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	-	+	-	-
	У3	-	-	-	-
	У4	-	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и угрозы: У1Сл1Сл2Сл3.

В таблице 24 приведена итоговая матрица SWOT.

Таблица 24 – Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Широкая область применения С3. Использование современного оборудования С4. Актуальность проекта С5. Наличие опытного руководителя	Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Перенастройка оборудования Сл3. Требуется два источника питания Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности: В1. Получение качественных сварных соединений В2. Регулирование производительности В3. Повышение стоимости конкурентных разработок В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	В4С1С3 – возможность использования технологий для сварки других материалов не взирая на толщину, В2В3С4С5 – некоторые виды сплавов вообще не рекомендуется дополнительно механически очищать.	В1В2Сл.1Сл.2 – с повышением цен на комплектующие резко возрастет первоначальный вклад в массовое производство, В3В4Сл3Сл4 – повышение цены на подготовку персонала и оборудование
Угрозы: У1. Появление новых технологий У2. Снижение государством финансирования темы У3. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы. У4. Отсутствие спроса на технологию	У1С3 – некоторые компании не захотят рисковать, применяя новые технологии, У2С1С3 – шов станет длинней, потребует проработки новых тех. карты.	У1Сл.2; У3Сл.1Сл.2 – уменьшения разбрызгивания потребует повышения мощности источника, а у многих они и так работают на пределах своих возможностей.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

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

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В таблице 25 приведён перечень этапов работ и распределение исполнителей.

Таблица 25 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

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

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} . \quad (38)$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}. \quad (39)$$

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (40)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (41)$$

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

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

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

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

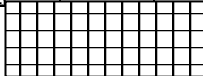
Все рассчитанные значения вносим в таблицу 24, после заполнения таблицы 24 строим календарный план-график (таблица 25).

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 26 - 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_{oji} , 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	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	5	5	5
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.			1	1	1	4	4	4
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.			1	1	1	4	4	4
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель			1	2	2	4	5	5
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	5	5	5
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент			10	10	10	17	17	17
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.			3	4	4	7	8	8
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент			7	8	8	12	13	13
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.			2	2	2	5	5	5
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент			3	3	3	6	6	6

Таблица 27 - Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Ра- бот	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Февраль		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5												
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	4		 										
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	4		 										
4	Выбор направления исследований	Руководитель	4												
5	Календарное планирование работ	Руководитель	5												
6	Изучение литературы по теме	Студент	17												
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	7					 							
8	Проведение расчетов по теме	Студент	12												
9	Анализ результатов	Студ.-рук.	5								 				
10	Вывод по цели	Студент	6												

 – студент;  – руководитель.

4.3 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. Основная заработная плата исполнителей темы;
2. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
3. Затраты на специальное оборудование для научных работ.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расх i}, \quad (42)$$

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

$N_{расх i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 28 представлен расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ.

Таблица 28 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Мощность электроприбора, кВт			Общая стоимость оборудования, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Компьютер	1	1	1	0,350	0,360	0,340	40500	41800	50000
Итого:		1	1	1	1,28	1,275	1,281	40500	41800	50000

Расчет на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot \Pi_э, \quad (43)$$

где N_i - мощность электроприборов по паспорту, кВт;

T_3 - время использования электрооборудования, час;

Π_3 – цена одного кВт ·ч, руб.

$$E_3 = 1,28 \cdot 250 \cdot 4,36 = 1395,2 \text{ руб.}$$

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Линейная амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{C}{T_{об}} = \frac{40500}{10} = 4050 \text{ руб.} \quad (44)$$

Проведем расчет заработной платы за день для научного руководителя с базовым окладом в 37700 руб, соответствующим должности доцента, к.т.н.

$$З_м = З_б \cdot 1,3 = 37700 \cdot 1,3 = 49010 \text{ руб.} \quad (45)$$

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot 10,4}{251} = \frac{49010 \cdot 10,4}{251} = 2030 \text{ руб.} \quad (46)$$

Проведем расчет заработной платы за день для бакалавра с базовым окладом равным МРОТ 13900 руб.

$$З_м = 13900 \cdot 1,3 = 18070 \text{ руб.}$$

$$З_{дн} = \frac{18070 \cdot 10,4}{251} = 749 \text{ руб.}$$

В таблице 29 представлен расчёт основной заработной платы.

Таблица 29 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_б$	κ_p	$З_м$	$З_{дн}$
Руководитель	37700	1,3	49010	2030
Бакалавр	13900	1,3	18070	749

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (47)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В соответствии с федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ размер страховых взносов в ТПУ на 2022 год составит 30,2%.

Посчитаем основную заработную плату по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (48)$$

занесём полученные данные в таблицу 30:

Таблица 30 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	24360 рублей (12 дней)	28420 рублей (14 дней)	28420 рублей (14 дней)
Студент	20223 рубля (27 дней)	21721 рубль (29 дней)	21721 рубль (29 дней)
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%		
Итого			
Исполнение 1	13464		
Исполнение 2	15143		
Исполнение 3	15143		

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

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} \div 3) \cdot k_{\text{нр}}. \quad (49)$$

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 31.

Таблица 31 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	44583	50141	50141

2. Отчисления во внебюджетные фонды	13464	15143	15143
3. Накладные расходы	4879	5021	4981
4. Линейная амортизация	4050	4180	5000
5. Бюджет затрат НТИ	66976	74485	75265

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

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

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (50)$$

где Φ_{pi} – стоимость i-ого варианта исполнения;

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

$$I_{\Phi}^p = \frac{66976}{75265} = 0,89;$$

$$I_{\Phi}^1 = \frac{74485}{75265} = 0,99;$$

$$I_{\Phi}^2 = \frac{75265}{75265} = 1;$$

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

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (51)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

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

n – число параметров сравнения.

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

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1. Производительность труда	0,3	5	3	4
2. Технологичность	0,1	5	5	4
3. Энергосбережение	0,14	5	4	3
4. Безопасность	0,12	4	3	4
5. Затраты на материалы	0,3	5	4	3
ИТОГО	1	4,55	3,35	2,85

По формуле 53 и данным таблицы 31 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности и финансовый показатель.

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

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

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

Интегральный показатель эффективности разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad (52)$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{4,55}{0,89} = 5,11.$$

В таблице 33 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 33 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	3,35	2,85
3	Интегральный показатель эффективности	5,11	3,39	2,85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,5	1,8

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

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен предпроектный анализ, планирование научно-исследовательских работ, планирование бюджета НТИ и оценка сравнительной эффективности проекта.

На основе SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта. Для данного НТИ характерен баланс сильных сторон и возможностей (получения высокоэффективного оборудования для сварки), а так же слабых сторон и угроз (требование множества ресурсов). Для получения дополнительно конкурентных преимуществ необходимо дальнейшее совершенствование технологии.

При планировании НТИ была определена группа процессов планирования, которая состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей, таких как: создание темы проекта, выбор направления исследования, теоретические исследования, оценка полученных результатов. Далее для достижения данных целей, была разработана последовательность действий.

При планировании бюджета научного исследования было обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Итоговая сумма бюджета составила 66976 рублей.

После проделанного анализа, можно сделать вывод о том, что данный способ сварки имеет много больше ресурсных, финансовых и экономических достоинств по сравнению с аналогами:

1. Из расчета бюджета затрат НТИ сумма второго исполнения составила 74485 рублей, а третьего – 75265 рублей, что является более затратным по сравнению с рассматриваемым способом;

2. Временные показатели проведения научного исследования, которые приведены в таблице 25, второго и третьего исполнения так же выше, чем в данном проекте, что увеличиваем их трудоемкость.

Следовательно, данное исследование является наиболее оптимальным и тем самым является востребованным на рынке.

5 Социальная ответственность

Объектом исследования данной работы является технология сборки и сварки стрелы консольного крана. Область применения: строительная, машиностроительная.

Для изготовления данного узла необходимо оборудованное помещение (лаборатория) размером 10 на 15 метров для ведения сборочных и сварочных работ, а также оборудование: углошлифовальная машина, сборочно-сварочный стенд, источники питания для сварки, балластный реостат, баллоны с защитным газом. На данном рабочем месте будет проводиться сравнение двух способов сварки: ручной дуговой и механизированной, в среде защитных газов, с целью выбора наиболее оптимального. Работы будет выполнять сварщик, имеющий квалификационную группу по электробезопасности не ниже II, а также сдавший испытания на знание противопожарных мероприятий и требований по безопасности труда.

В этом разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности как для помещения, так и для организации в целом.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Для обеспечения безопасности при выполнении сварочных работ на рабочем месте необходимо проводить обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и опасными условиями труда.

Ведение сварочных работ предполагает использование некоторых мер предосторожности и средства индивидуальной защиты, таких как защитные костюмы, перчатки, защитные очки и маски, специальная обувь, средства защиты органов слуха.

У сотрудников, которые заняты на работах во вредных или опасных условиях, продолжительность рабочего времени сокращается на 4 часа в неделю. То есть она не должна превышать 36 часов в неделю (ч. 1 ст. 92 ТК РФ). При этом ежедневная рабочая смена при 36-часовой рабочей неделе не может превышать 8 часов, а при рабочей неделе 30 часов и менее – 6 часов (ч. 2 ст. 94 ТК РФ).

Во избежание несчастных случаев следует проводить обучение, инструктаж по технике безопасности и проверять знания работников.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к размещению систем питания для сварки в динамическом режиме, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86.

- Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.
- Ширина проходов в рабочей зоне должна быть не менее 1 м.
- Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.
- Расстояние от стены до источника питания должно быть не менее 0,5 м.
- Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться выше уровня глаз. Минимальная высота траектории 2.2 м.

- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.
- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.
- Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.
- Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги.
- Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.
- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию.

5.2 Производственная безопасность при эксплуатации

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, возникающие при выполнении сварочных работ для производства стрелы консольного крана. В таблице 34 приведены возможные опасные и вредные производственные факторы в используемом помещении.

Таблица 34 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные 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.	ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ Система стандартов безопасности труда электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля;
Опасные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения: а) действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего; б) неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда
Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 23240-78. Конструкции сварные. Метод оценки хладостойкости по реакции на ожог сварочной дугой.
Вредные производственные факторы, связанные со световой средой и характеризующиеся чрезмерными (аномальными относительно природных значений и спектра) характеристиками световой среды, затрудняющими безопасное ведение трудовой и производственной деятельности: а) недостаток необходимого естественного освещения; б) недостаток необходимого искусственного освещения; в) повышенная пульсация светового потока.	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
Вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;	ГОСТ 12.1.003–2014 Шум. Общие требования безопасности; ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума; СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

Для минимизации воздействия вредных и опасных факторов необходимо более подробно их анализировать и предложить средства коллективной и индивидуальной защиты: специальная одежда, специальная обувь, средства защиты головы, средства защиты органов дыхания, средства защиты лица, средства защиты глаз, средства защиты органов слуха, предохранительные приспособления, средства защиты рук, защитные дерматологические средства, вентиляционное оборудование, фильтровентиляционное оборудование.

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования

При организации рабочего места, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать ГОСТ 12.3.003-86.

1. Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, определяющийся действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Охлаждающий микроклимат способствует возникновению сердечно-сосудистой патологии, приводит к обострению язвенной болезни, радикулита, обуславливает возникновение заболеваний органов дыхания. Охлаждение человека, как общее, так и локальное (особенно кистей) способствует изменению его двигательной реакции, нарушает координацию и способность выполнения точных операций, вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, что может быть причиной возникновения различных форм травматизма.

Среди рабочих, труд которых связан со значительной тепловой и физической нагрузкой, наблюдается интенсивное биологическое старение, особенно в возрастных группах 20-30 и 40-50 лет. Наблюдаются головные боли,

повышенная потливость и утомляемость, увеличивается риск смерти от сердечно - сосудистой патологии.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах соответствуют требованиям санитарных правил и нормативов «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» применительно к выполнению работ категории IIб в холодный и теплый период года.

В лаборатории для работ категории IIб по СанПиН 1.2.3685 предусмотрены нормы производственной санитарии, приведенные в таблице 35:

Таблица 35 – Оптимальные параметры микроклимата в рабочей зоне

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
Тёплый	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5

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

Главным источником шума при ведении сварочных работ является источник питания. Согласно ГОСТ 12.1.035–81 уровень звукового давления сварочного оборудования, измеренный на опорном радиусе, должен быть не более значений, приведенных в таблице 36, согласно ГОСТ 12.1.003-83.

Таблица 36 - Уровень звукового давления сварочного оборудования

Октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звукового давления, дБ	99	92	86	83	80	78	76	74

Величина эквивалентного уровня звука на рабочих местах сварочного оборудования не должна быть более 85 дБА.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах, в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

3. Нормы значений пульсации, искусственной и естественной освещенности рабочей поверхности при работе со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах согласно СП 52.13330.2016 приведены в таблице 37.

Таблица 37 - Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение			Естественное освещение		Совмещенное освещение	
				Освещенн ость, лк	Сочетание нормируемых величин объединённого показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации		КЕО , е _н %			
					При системе общего освещения	UGR, не более	К _п , %, не более	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении
Более 0,5	VII	То же		200	25	20	3,0	1,0	1,8	0,6

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

4. При работе с источниками питания может произойти поражение электрическим током. Повреждения, вызванные электрическим током – это электротравма. К электротравме приводит, как правило, прямой контакт с элементами электроустановок и воздействие силы тока, превышающей 0.15А, а напряжения – выше 36 Вт.

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019-2017. Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо проверять электропроводку на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов. При появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от сети установку.

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

Наиболее распространенными профзаболеваниями у сварщиков из-за загрязненной воздушной среды являются: пневмокониоз, профессиональный бронхит и бронхиальная астма.

В таблице 38 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

Таблица 38 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

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

6. К опасным производственным факторам при сварке относятся искры и брызги, выбросы расплавленного металла и шлака; возможность взрыва

баллонов и систем, находящихся под давлением; движущиеся механизмы и изделия; подъемно-транспортное оборудование.

При сварке могут иметь место засорения и ранения глаз, ожоги тела, ушибы, ранения. Ожоги и поражения глаз наиболее часто наблюдаются при РДС, при полуавтоматической сварке в СО₂ плавящимся электродом, особенно при токах малой плотности. Причиной является выброс большого количества искр и брызг расплавленного металла. Опасность ожогов возрастает при сварке ржавой, загрязненной, замасленной или окрашенной поверхности, а также при использовании загрязненного флюса. Кроме опасностей ожогов от выбрасываемого жидкого металла возможны ожоги и ранения в результате отскакивания от поверхности шва частиц еще не остывшей шлаковой корки, например, при случайном прикосновении руками к неостывшему изделию. Имеют место порезы рук острыми кромками деталей, ушибы падающими деталями и другие травмы, являющиеся, как правило, следствием неосторожности при выполнении сварочных или подготовительных работ.

5.2.2 Обоснования мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

1. Для того чтобы создать необходимые метеорологические условия рабочей зоны в небольших помещениях устанавливают кондиционеры.

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

2. Главным источником шума в лаборатории является источник питания, который по характеру спектра является широкополосным.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём изоляции источников шумов, проведения акустической обработки помещения, создания дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок и проведения профилактических работ.

3. Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (K_p) должен быть не больше 10%. Необходимо изначально правильно расположить и подключить источники света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, сравнив полученные результаты с нормативными документами.

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

Для защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками необходимо прибегать к защитному заземлению, занулению, системам защитного отключения, защитному разделению сетей и предохранительным устройствам.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников и производственной дисциплины. Каждому работнику необходимо знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

5. На рабочих местах в зоне сварки необходимо установить аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом. Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию с механическим побуждением.

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

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 39.

Таблица 39 – Скорость движения воздуха, создаваемая отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс сварки	V, м/с
Сварка ручная	$\geq 0,5$
Механизированная сварка в среде защитных газов	$\geq 0,3$

6. Для предотвращения травматизма на рабочем месте необходимо постоянно контролировать процесс формирования шва, оградить место сварки защитой высотой 1,8 метра; в зоне проведения сварочных работ следует соблюдать чистоту; сварщик в обязательном порядке должен использовать специальную маску для защиты глаз и лица, необходимо надежно крепить свариваемые элементы, чтобы исключить их падение с высоты; переносить или передвигать сварочное оборудование допускается только после прекращения подачи электропитания; сварщик должен носить специальную одежду, выполненную из плотной ткани и пропитанную огнеупорным составом.

5.3 Экологическая безопасность при эксплуатации

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов, а также газообразные. Для определения влияния на окружающую среду загрязняющих веществ необходимо воспользоваться ГОСТ Р 56164-2014, в котором приведены удельные показатели и их допустимые пределы, показанные в таблице 40.

Таблица 40 – Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при сварке и наплавке металлов

Технологический процесс	Используемый материал и его марка	Наименование и удельные количества выделяемых загрязняющих веществ, г/кг							
		Сварочный аэрозоль	Железа оксид	Марганец и его соединения	Хром шестивалентный	Пыль неорганическая SiO ₂	Фтористый водород	Диоксид азота	Диоксид углерода
РДС сталей штучными электродами	УОНИ – 13/45	16,4	10,69	0,92	-	1,4	0,75	1,5	13,3
В защитном газе электродной проволокой	Св-08Г2С	10	7,62	1,9	-	0,43	-	-	-

Значения показателей находятся в допустимых пределах.

При ведении сварочных работ возможны следующие отходы: использованные электроды, шлак. Шлак по составу являются обыкновенной стальной проволокой, состав которой нам известен, если мы знаем марку проволоки. Отходы подобного типа отправляются на переплавку, после чего используются для производства расходных материалов. Размер использованных электродов (огарков) может колебаться от 50 до 100 мм. в зависимости от места, где сварщик закончил свою работу. Благодаря этому большинство отходов можно использовать в качестве металлолома- получать за них средства в пункте приема лома. Утилизация огарков сварочных электродов является регламентированной процедурой, поэтому сбор отходов производится на месте. Сортировке по маркировке уделяется особое внимание. Перед сдачей металлолом взвешивается в обязательном порядке, после чего проходит серию проверок.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

При проведении исследования могут возникнуть чрезвычайные ситуации, такие как пожар и поражение электрическим током.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия

персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека. Причинами могут быть: недостаточная электрическая изоляция, плохое состояние спецодежды и обуви сварщика, сырость и теснота помещения.

С целью предотвращения пожаров необходимо: уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети; курить только в отведенных для курения местах; в случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу; сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В целях безопасности помещение оборудовано рубильниками для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели). Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 19 % кислорода.

В случае возникновения пожара необходимо оповестить работающих в производственном помещении и принять меры к тушению очага пожара; горящие части электроустановок и электропроводку, находящуюся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем; принять меры к вызову на место пожара непосредственного руководителя.

Самым вероятным пожаром может быть пожар класса С (пожары газов).

Рекомендуемые средства тушения пожаров класса С:

- объёмное тушение и флегматизация газовыми составами;

- огнетушащие порошки общего назначения;
- пены, вода (для охлаждения оборудования).

Тушение и флегматизацию следует осуществлять после прекращения поступления в помещение горючих газов (паров).

Вывод по разделу

Все потенциально возможные вредные и опасные факторы на сварочном участке соответствует допустимым нормам.

Согласно ПУЭ по электробезопасности лаборатория соответствует второй категории: опасные помещения по электробезопасности.

Сварщики должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже II.

По тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 выполняемые работы будут относиться к категории Пб: работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

По взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 помещение относится к категории Г: негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива

По оказыванию негативного воздействия на окружающую среду производство стрелы консольного крана относится к III категории.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология производства стрелы консольного крана с помощью ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах. Можно сделать вывод по проделанной работе, что производство данного узла возможно обоими способами.

Для решения актуальной задачи необходимо было сравнить ручную дуговую и механизированную сварку с точки зрения оптимизации производственного процесса. Из проделанного анализа более оптимальным способом является ручная дуговая сварка, так как издержки на сварочные материалы и оборудования будут значительно ниже, чем при механизированной сварке в среде защитных газов несмотря на то, что затраты на время сварки у второго способа меньше.

Однако до начала производства по данным режимам обязательна их проверка на практике и соответствующая корректировка, особенно вследствие того, что часть расчётов проводилась по приближённым данным, часть по рекомендациям литературы, в которых в свою очередь нередко встречаются противоречивые данные.

Данная работа не несет в себе научной и социальной значимости. Сравнение двух видов сварки определенного узла несет в себе экономическую цель, которая в свою очередь оптимизирует производственный процесс.

Список использованных источников

1. Рыбаков В. М. Дуговая и газовая сварка. - М: Высшая школа, 1988. – 208 с.
2. Стеклов О. И. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG). – Москва: Из-во СОУЭЛО, 2008. – 72 с.
3. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Под. ред. А.И. Акулова и др. - М: Машиностроение, 1978.
4. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография/ Под ред. А.Г. Потапьевский и др. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 208 с.
5. Дедюх Р. И. Расчёт режимов дуговой сварки. – Томск: Изд-во ТПУ, 1983. 18 с.
6. Трущенко Е. А. Технические основы сварки давлением и плавлением. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 80 с.
7. Браткова О. Н. Источники питания сварочной дуги. - М: Высшая школа, 1985. – 168 с.
8. Азаров Н. А. Производство сварных конструкций. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. - 96 с.
9. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 96 с.
10. ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. – М: Стандартинформ, 2012. – 24 с.
11. ГОСТ 27772-80 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. – М: Стандартинформ, 2005. – 16 с.
12. РД 34.15.132-96 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.
13. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. – М: Стандартинформ, 2001. – 16 с.

14. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М: Стандартинформ, 2010. – 21 с.
15. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М: Стандартинформ, 2011. – 20 с.
16. ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. – М: Стандартинформ 2007. – 17 с.
17. ГОСТ 7268-82 "Сталь. Метод определения склонности к механическому старению по испытанию на ударный изгиб" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 3 сентября 1982 г. N 3519)
18. ГОСТ 9454-78 Группа В09. Государственный стандарт союза ССР металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах
19. ГОСТ 8050-85 Группа Л11. Государственный стандарт союза ССР. Двуокись углерода газообразная и жидкая Технические условия.
20. ГОСТ 10157-2016 Межгосударственный стандарт. Аргон газообразный и жидкий.
21. РД 03 614 03 Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов – М: Стандартинформ, 2003. – 60 с.
22. ПБ 03-273-99 Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства.
23. РД 03-495-02 Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства.

Приложение А
(обязательное)
Стрела консольного крана

ФЮРА.746000.001 Стрела консольного крана

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

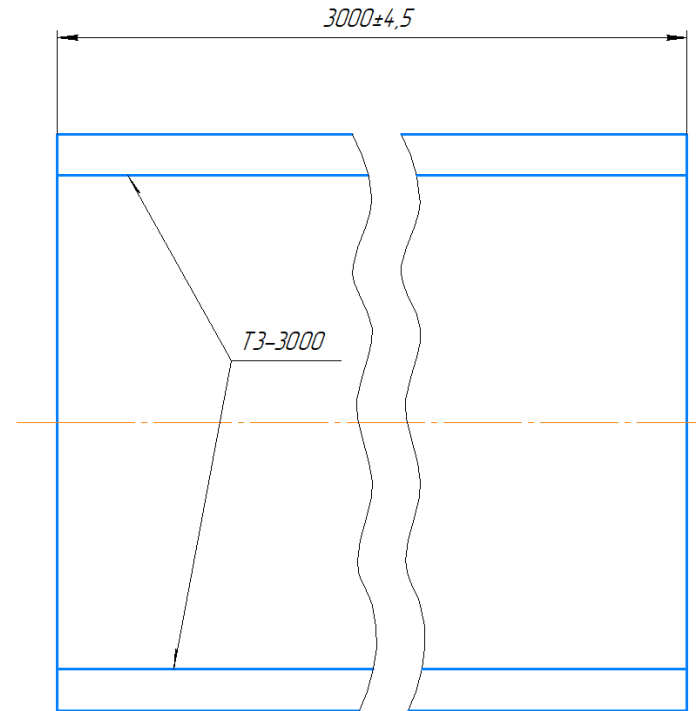
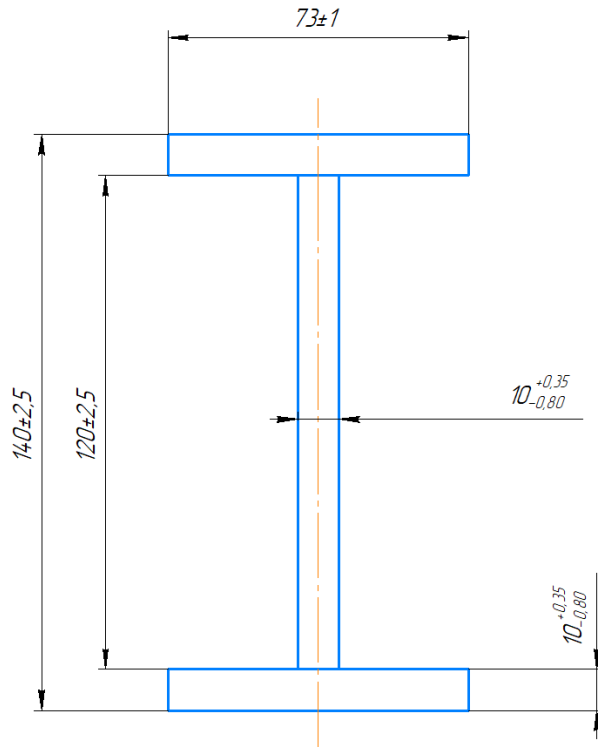
Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ФЮРА.746000.001



1. Сварка по ГОСТ 5264-80 электродами УОНИ-13/45
2. Сварка по ГОСТ 14771-76 электродной проволокой Св-08Г2С

ФЮРА.746000.001				Стрела консольного крана		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса
Разраб.	Коляево	Д.В.			у	1.1
Пров.	Першина	А.А.			Лист	Листов
Т.контр.					1	
Н.контр.					Сталь СтЗсп	
Утв.					Формат А3	

Копировал

Приложение Б
(обязательное)
Комплект технологической документации

ФЮРА.02190.00001 Комплект технологической документации для сборки и сварки стрелы консольного крана

[illegible]

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
															ФЮРА 02190.06			4	1		
Разраб.	Колосеев Д.В.								ОЭИ ТПУ								ФЮРА 60190.00001				
Пров.	Першина А.А.																				
Н.контр.	Арышева Г.В.								Сборка и сварка стрелы консольного крана												
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа											
Б	Код, наименование, оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тгз	Тшт.					
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение, код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	ПС	НП	DC	lc	lэ	Пл	U	I	Vc	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn						
A01	1	1	1	005	Заготовительная					РД 34.15.132-96											
B02	УШМ BOSCH GWS 22-230 JH Professional					1	18466	5	1	1											
К/М03	Листовой прокат - сталь Ст3сп, 10x1500x4000,10x1500x4000					ГОСТ 19903-74															
К/М04	Круги отрезные Ø115мм, толщина 1,6-2 мм					ГОСТ 21963-2002															
К/М05	Круги лепестковые Ø115мм, толщина 4-6 мм					ГОСТ 53410-2009															
O06	Отрезать две заготовки (деталь 2) и одну заготовку (деталь 1), согласно ФЮРА.20190.00001, зачистить в местах сварки от грязи и ржавчины.																				
T07	Линейка измерительная, маркер для металла																				
08																					
A09	1	1	1	010	Сборочная					РД 34.15.132-96											
B10	Сборочно-сварочный стенд для сварки двутавровых балок					2	18466	3	1	1											
B11	Инвертор CHD ZX7-400					1	14854	4	1	1											
К/М12	Листовой прокат - сталь Ст3сп, 10x1500x4000,10x1500x4000					ГОСТ 19903-74															
OK	Операционная карта															60					

[illegible]

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
														ФЮРА 02190.06		3			
																ФЮРА 60190.00003			
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	PC	HP	DC	lc	lэ	Pl	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn				
К/М26	Электроды покрытые УОНИ-13/55У, Ø3 мм и Ø5 мм								ГОСТ 9466-75										
Б27	УШМ BOSCH GWS 22-230 JH Professional								1	18466	5	1	1						
К/М28	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и лепестковые (толщины 4-6 мм)								ГОСТ 21963-2002										
О29	1. Заварить корневой слой А ручной дуговой сваркой покрытыми электродами УОНИ-13/55У Ø3 мм обратно-ступенчатым способом,																		
30	согласно ФЮРА.20190.00003, в процессе сварки обеспечить полный провар корня шва																		
РС31	HI					O	20-34 В	80-100А											
32	2. После каждого прохода зачистить сварное соединение от шлака и брызг																		
33	3. Заварить облицовочный слой Б ручной дуговой сваркой покрытыми электродами УОНИ-13/55У Ø5 мм обратно-ступенчатым																		
34	способом, согласно ФЮРА.20190.00003																		
Р/С35	HI					O	20-34 В	180-220А											
Т36	4. После каждого прохода зачистить сварное соединение от шлака и брызг																		
ОК	Операционная карта																	60	

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
														ФЮРА 02190.06		4			
														ФЮРА 60190.00004					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования								СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тгз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала								Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lэ	Пл	U	I	Vc	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn				
37	5. Кантовать балку на 180°																		
38	6. Повторять переходы 1-4 для сварки второй полки к стенке двугавровой балки																		
39																			
A40	1	1	1	020	Контрольная					РД 34.15.132-96									
К/М41	Собранный узел																		
O42	Провести визуальный и измерительный контроль стыкового соединения.																		
T43	Лупа увеличительная 5 крат, УШС-3																		
44																			
45																			
46																			
47																			
OK	Операционная карта																60		

[illegible]

