

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки «Машиностроение»
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и сварки опорного узла консольного крана

УДК 621.791.75:621.873.132.002.72

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Вагнер Данил Булатович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Баннова Кристина Алексеевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

Институт *неразрушающего контроля*

Направление подготовки (специальность) *15.03.01 Машиностроение*

Кафедра *Оборудования и технологии сварочного производства*

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
<i>1В31</i>	<i>Вагнер Данил Булатович</i>

Тема работы:

<i>Технология сборки и сварки опорного узла консольного крана</i>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от <i>23.03.2017</i> г. № <i>2034/с</i>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	<i>23 мая 2017</i> г.
--	-----------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Опорный узел консольного крана, режим работы периодический, Сталь3сп.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	- Аналитический обзор литературы; - обоснование выбора сварочных материалов; - выбор источников питания; - выбор способа сварки; - расчет параметров режима сварки; - расчет расхода материалов; - заключение по работе.
Перечень графического материала	Чертеж общего вида опорного узла, карта технологического процесса.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	Баннова К.А.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<i>Зав. Кафедрой ОТСП</i>	<i>Киселев А.С.</i>	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<i>1В31</i>	<i>Вагнер Д.Б.</i>		

Оглавление

Введение.....	9
1 Литературный обзор	10
1.1 Описание конструкции	10
2 Описание сущности способов сварки	11
2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.....	11
2.2 Механизированная сварка в среде защитных газов	12
3 Выбор сварочных материалов	14
3.1 Выбор штучных покрытых электродов	14
3.2 Выбор сварочной проволоки	16
3.3 Выбор защитного газа для механизированной сварки	16
4 Выбор источника питания для сварки	18
4.1 Выбор источника питания для ручной дуговой сварки	18
4.2 Выбор источника питания для механизированной сварки.....	19
5 Расчет параметров режима сварки	20
5.1 Расчет параметров режима для ручной дуговой сварки	20
5.1.1 Выбор диаметра электрода.....	20
5.1.2 Определение сварочного тока.....	20
5.1.3 Напряжение на дуге	21
5.1.4 Скорость сварки	21
5.1.5 Определение погонной энергии при сварке	22
5.1.6 Определение глубины проплавления.....	22
5.1.7 Мгновенная скорость охлаждения	23
5.2 Расчет параметров режима для механизированной сварки	23
5.2.1 Выбор диаметра электродной проволоки.....	23
5.2.2 Определение сварочного тока.....	23

5.2.3	Определение напряжение на дуге	24
5.2.4	Скорость перемещения сварочной дуги	24
5.2.5	Скорость подачи электродной проволоки	24
5.2.6	Глубина провара	25
5.2.7	Ширина провара	25
5.2.8	Высота усиления	25
5.2.9	Общая высота шва	26
6	Оценка химического состава с механическими характеристиками шва	27
6.1	Ориентировочная оценка для механизированной сварки	27
6.1.1	Предел прочности	29
6.1.2	Относительное удлинение шва	29
6.1.3	Ударная вязкость шва при $T=293\text{ К}$	29
6.1.4	Предел текучести шва	29
6.1.5	Относительное поперечное сужение	29
6.2	Ориентировочная оценка для ручной дуговой сварки	30
7	Расчет расхода сварочных материалов	32
7.1	Расчет расхода сварочных материалов для ручной дуговой сварки	32
7.2	Расчет расхода сварочных материалов для механизированной сварки	32
8	Технология сборки и сварки узла	34
8.1	Подготовка сварочных материалов	34
8.2	Подготовка свариваемых кромок	34
8.3	Сборка деталей перед сваркой	35
9	Социальная ответственность	36
9.1	Производственная безопасность	36
9.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	36

9.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	37
9.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	39
9.2 Экологическая безопасность.....	42
9.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	42
9.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду ...	42
9.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	43
9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	43
9.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	43
9.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	44
9.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	44
9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	46
9.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	46
9.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	46
10 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	48
10.1 Потенциальные потребители результатов исследования	48
10.2 Анализ конкурентных технических решений.....	49
10.3 SWOT-анализ.....	50
10.4 Планирование научно-исследовательских работ	54
10.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	55
10.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	55
10.4.3 Разработка графика проведения научного исследования	56

10.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	60
10.5.1 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	60
10.5.3 Накладные расходы	62
10.5.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	63
10.5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	64
11 Заключение	68
Список используемых источников.....	69

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 81 с., 2 рис., 34 табл., 15 источников литературы.

Ключевые слова: защитный газ, ручная дуговая сварка, механизированная сварка, источник питания, покрытые электроды.

Объектом выпускной квалификационной работы является технология сборки и сварки опорного узла консольного крана.

Цель работы – рассмотрение возможности использования механизированной сварки в среде защитных газов и ручной дуговой сварки покрытыми электродами для выполнения неразъемного соединения колонны, ребер жесткости и опорной плиты консольного крана и последующий выбор наиболее производительного, рационального и экономически выгодного способа.

В результате был выбран наиболее рациональный, экономически выгодный способ сварки для опорного узла консольного крана.

Степень внедрения: технология готова к внедрению в производство.

Введение

В настоящее время актуальной задачей является необходимость изучить возможности оптимизации расходов и издержек производства на примере сварки опорного узла стойки консольного крана.

Целью проекта является рассмотрение возможности использования ручной дуговой сварки (РДС) покрытыми электродами и механизированной сварки в среде защитных газов (МП) для выполнения неразъемного соединения колонны, ребер жесткости и опорной плиты консольного крана и последующий выбор наиболее производительного, рационального и экономически выгодного способа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач, такие как: расчет режимов сварки, подбор сварочных материалов, оценка расхода сварочных материалов и другие.

1 Литературный обзор

1.1 Описание конструкции

Опорный узел состоит из закреплённой на опорной плите (диаметр плиты $D = 930$ мм, толщина $\delta = 20$ мм) колонны, ребер жесткости (равнобедренный треугольник со стороной $L = 100$ мм). Вся конструкция закрепляется анкерами к фундаменту. Колонна, ребра жесткости и опорная плита выполнены из СтЗсп (СтЗсп - сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества).

Таблица 1 - Химический состав в % материала СтЗсп, [13]

C	N	<u>Mn</u>	<u>Cr</u>	<u>Ni</u>	S	<u>Si</u>	<u>As</u>	P	<u>Cu</u>
0,14 – 0,22	до 0 ,008	0,4 – 0,65	до 0,3	до 0,3	до 0,0 5	0,15 – 0,3	до 0,0 8	до 0,0 4	до 0,3

Ограничений по свариваемости данной стали нет, т.е. сварка проводится без последующей термообработки и без подогрева.

2 Описание сущности способов сварки

2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

При сварке покрытыми электродами происходит образование большого количества теплоты, за счет образования сварочной дуги, которое позволяет производить расплавление покрытия электрода и его стержня. Плавящееся покрытие образует газы и шлак. Шлак обтекает капли металла, образующиеся при расплавлении электродной проволоки. В ванне шлак смешивается и всплывает на её поверхность. Образуется шлаковый покров, который предохраняет металл от связи с азотом воздуха и кислородом. Также, шлак при всплывании к поверхности ванны, взаимодействует с расплавленным металлом, очищая его (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ручная дуговая сварка покрытым электродом.

Основные преимущества данного способа:

- возможность сварки различного спектра металлов (углеродистые стали, цветные металлы, медь и т. д.);
- выполнимость сварки во всех пространственных положениях и в условиях монтажа;

- более дешевое оборудование;
- сравнительная простота и надежность оборудования сварки.

Основные недостатки:

- самый тяжелый способ сварки по технике выполнения;
- тяжелые условия труда сварщика;
- наличие на сварной ванне шлака;
- многофакторность качества сварного соединения (человеческий фактор, оборудование и т. д.);
- низкая производительность способа.

2.2 Механизированная сварка в среде защитных газов

Механизированная сварка плавящимся электродом производится также, как и ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Механизация сварки заключается в подаче проволоки в зону сварки, действием аппарата подачи проволоки. В качестве электродных проволок применяют сплошные из легированных и нелегированных сталей и цветных металлов (Ni, Si, Mg, Al, Ti, Mo), а также не сплошные порошковые. Сварка проводится чаще всего на постоянном токе, используется также и сварка импульсным током.

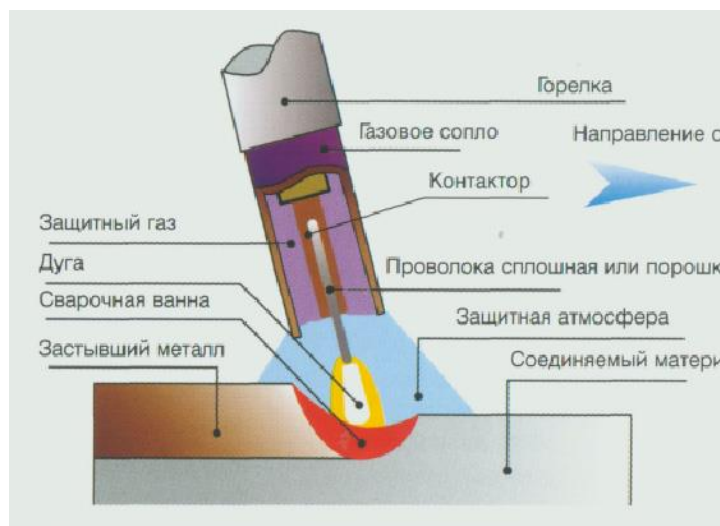


Рисунок 2 – Механизированная сварка в среде защитного газа.

Преимущества МП, [11]:

- высокая производительность и простота автоматизации и механизации процесса;
- возможность визуального наблюдения за образованием шва;
- отсутствие операций по постоянно смене покрытых электродов и удалению шлака;
- возможное ведение сварки во всех пространственных положениях;
- невысокая стоимость при использовании активных защитных газов;

Недостатки МП, [11]:

- потеря металла на разбрызгивание, при котором брызги соединяются с поверхностями шва и изделия;
- возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха;
- наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость охлаждения горелок;

3 Выбор сварочных материалов

Выбор сварочных материалов проводится с выполнением следующих условий:

- равнопрочность сварного соединения с основным металлом;
- бездефектный сварной шов;
- оптимальный химический состав шовного металла;
- устойчивость сварных соединений при нагрузках

3.1 Выбор штучных покрытых электродов

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

Таблица 2 – Химический состав наплавленного металла, в %, [11]:

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

Таблица 3 – Механические свойства наплавленного металла, [11]:

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

Одна из главных характеристик электрода для сварки углеродистых и низколегированных сталей - временное сопротивление. Этот показатель позволяет судить о соответствии прочности металла сварного шва и свариваемой стали. Следует помнить, что использование электродов с большим временным сопротивлением, чем у свариваемой стали, может привести к концентрации сварочных напряжений в сварных швах, что отрицательно отразится на работоспособности сварной конструкции. Следовательно, из вышеперечисленных марок электродов наиболее подходящей является УОНИ 13/45, т.к. она имеет более близкое значение временного сопротивления к стали Ст3сп (390 МПа).

3.2 Выбор сварочной проволоки

Таблица 4 – Химический состав наплавленного металла, в %, [12]:

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

Выгорание кремния и марганца приводит к снижению пластичности металла шва - механические свойства металла шва могут быть в некоторой степени улучшены горячей последующей термообработкой или проковкой. Следовательно, оптимальной проволокой в данном случае является Св-08Г2С.

3.3 Выбор защитного газа для механизированной сварки

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

Таблица 5 – Особенности защитных газов и газовых смесей, [15]

Защитный газ	Особенности в процессе сварки
75%Ar + 25%CO ₂	Достаточная прочность, небольшое набрызгивание по контуру сварного соединения, высокая устойчивость дуги

Продолжение таблицы 5

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

Из представленных в таблице 5 особенностей различных газовых смесей, можно сделать вывод, что для сварки опорного узла из стали СтЗсп можно выбрать любую из вышеперечисленных. Поэтому, с точки зрения оптимизации производственного процесса выберем углекислый газ, так как за счет него достигается необходимое проплавление и вырастает производительность.

4 Выбор источника питания для сварки

4.1 Выбор источника питания для ручной дуговой сварки

Для ручной дуговой сварки используются источники питания постоянного тока. При выборе необходимого источника питания необходимо обращать внимание на базовые характеристики:

- диапазон регулирования параметров режима;
- продолжительность нагрузки;
- габариты, масса, удобство переноса;

Интересующие нас источники питания сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Технические характеристики сварочных инверторов
(характеристики заявлены производителями инверторов)

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

На основании этих данных, которые мы проанализировали делаем выбор в пользу Патон ВДИ-250S DC MMA.

4.2 Выбор источника питания для механизированной сварки

Источники питания для механизированной сварки представлены в таблице 7.

Таблица 7 - для механизированной сварки под флюсом и в защитных газах

Техническая характеристика	Тип источника питания		
	Инвертор CHD MIG-350X	Инвертор CHD MIG-500F <u>Sinergic</u>	Форсаж-502
Номинальный сварочный ток при ПН = 60%, А	350	500	500
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-350	60-500	20-500
Напряжение, В:			
номинальное рабочее	17-32	15-50	34-40
холостого хода	72	70	55-80
Габаритные размеры, мм	576x297x574	800x420x780	420x225x435
Масса, кг	40	50	25,9
Цена, <u>руб</u>	120 000	125 000	115 000

На основании этих данных, которые мы проанализировали делаем выбор в пользу Форсаж - 502.

5 Расчет параметров режима сварки

Режим сварки - это комплекс основных и добавочных параметров, обеспечивающие получение сварных швов заданного качества, размеров и формы.

Основные характеристики электродов, положение сварки, рекомендуемые режимы указываются в паспортных данных, но для более точного результата проведем расчет по рекомендациям [10].

5.1 Расчет параметров режима для ручной дуговой сварки

При дуговой сварке покрытыми электродами основными параметрами режима сварки являются: сила сварочного тока, диаметр электрода, напряжение дуги, число проходов, полярность тока, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, род тока и др. [10]

Род тока, полярность, коэффициент наплавки находят по справочным или паспортным данным покрытых электродов.

5.1.1 Выбор диаметра электрода

Диаметр электрода d_e назначают в зависимости от катета шва при сварке швов тавровых, угловых и нахлесточных соединений. В тавровых соединениях, катет шва делают равным толщине s свариваемых материалов [10]. Катет швов принимаем равным, $K=10$ мм.

При сварке колонны к опорной плите выполняется тавровое соединение Т1 по ГОСТ 5264-80 в два прохода, сварка опорной плиты с ребрами жесткости выполняется тавровое соединение Т3. Корень заварить электродом $d = 3$ мм. Второй проход выполнить электродом диаметром $d = 5$ мм.

5.1.2 Определение сварочного тока

Расчет силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по допускаемой плотности тока и диаметру электрода и вычисляется по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot j. \quad (1)$$

где d_e – диаметр стержня покрытого электрода, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм².

Сварочный ток для корня шва:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 9}{4} \cdot 13 = 90 \text{ А.} \quad (2)$$

Сварочный ток для второго слоя:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 25}{4} \cdot 10 = 200 \text{ А.} \quad (3)$$

5.1.3 Напряжение на дуге

Напряжение на дуге при дуговой сварке покрытыми электродами варьируется от 20 до 34 В. При проектировании технологических процессов сварки напряжение выбирается на основании рекомендаций справочных и паспортных данных на данную марку электрода.

5.1.4 Скорость сварки

Скорость дуговой сварки штучными электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого сварного шва и может быть определена по формуле

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, выбранного электрода, находится по каталогам на сварочные материалы, г/(А·ч);

$I_{\text{св}}$ – принятое значение сварочного тока, А;

$F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, см²;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, $\rho = 7,85$ г/см³.

$$F_{\text{об}} = K_y \cdot k^2 / 2, \quad (5)$$

где K_y – коэффициент увеличения, учитывающий условия сварки, наличие зазора и усиления шва;

k – катет шва, мм.

$$F_{\text{об}} = 1,4 \cdot \frac{100}{2} = 70 \text{ мм}^2, \quad (6)$$

$$F_{\text{н}} = (8 \dots 12) \cdot d_3, \quad (7)$$

$$F_{2\Pi} = (8 \dots 12) \cdot 5 = 40 \text{ мм}^2, \quad (8)$$

$$F_{1\Pi} = 70 - 40 = 30 \text{ мм}^2, \quad (9)$$

$$V_{\text{св } 1\Pi} = \frac{9,5 \cdot 90}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,3} = 0,1 \text{ см/с}, \quad (10)$$

$$V_{\text{св } 2\Pi} = \frac{9,5 \cdot 200}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,4} = 0,17 \frac{\text{см}}{\text{с}}. \quad (11)$$

5.1.5 Определение погонной энергии при сварке

Значение погонной энергии определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва (Дж·с/см)

$$q_{\Pi} = \frac{q_{\text{эф}}}{V_{\text{св}}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{и}}}{V_{\text{св}}}, \quad (12)$$

где $q_{\text{эф}}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж;

$I_{\text{св}}$ – сварочный ток, А;

$U_{\text{д}}$ – напряжение на дуге, В;

$\eta_{\text{и}}$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой, для дуговых методов сварки находится в пределах 0,6...0,9: покрытыми электродами на постоянном токе 0,75...0,85; на переменном токе КПД нагрева имеет значения 0,65...0,75;

$V_{\text{св}}$ – скорость перемещения сварочной дуги, см/с.

$$q_{\Pi} = \frac{90 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,1} = 18 \text{ кДж/см}, \quad (13)$$

$$q_{\Pi} = \frac{200 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,17} = 23 \text{ кДж/см}. \quad (14)$$

5.1.6 Определение глубины проплавления

Глубина проплавления при наплавке валика на лист может быть определена по формуле

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q_{\Pi}}{\pi \cdot e \cdot c \rho \cdot T_{\text{пл}}}}. \quad (15)$$

При подставлении значений всех констант для сталей, получим, что расстояние до изотермы плавления определяется выражением

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{q_{\Pi}}. \quad (16)$$

Так как действительные условия ввода теплоты в заготовку при ручной дуговой сварке отличаются от расчетных, то глубина проплавления находится по выражению

$$H = (0,5 \dots 0,7)r, \quad (17)$$

$$r_1 = 0,75; r_2 = 0,86, \quad (18)$$

$$H = (0,5 \dots 0,7) \cdot 0,75(0,86) = 0,5(0,6) \text{ см.} \quad (19)$$

5.1.7 Мгновенная скорость охлаждения

$$\omega = 2\pi\lambda c_p \frac{(T-T_0)^3}{\left(\frac{q}{V}\delta\right)^2}, \quad (20)$$

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

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

λ - коэффициент теплопроводности (0,39 Дж/см с град).

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,39 \cdot 4,9 \frac{(500-25)^3}{\left(\frac{23000}{0,4} \cdot 1\right)^2} = 0,39 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}. \quad (21)$$

5.2 Расчет параметров режима для механизированной сварки

5.2.1 Выбор диаметра электродной проволоки

По рекомендациям [10] выбираем диаметр электрода $D = 2$ мм. Катет шва принимаем равным $k = 10$ мм.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла определяем по выражению

$$F_H = k^2/2, \quad (22)$$

где k – катет шва.

$$F_H = \frac{100}{2} = 50 \text{ мм}^2. \quad (23)$$

Для выбранного диаметра электродной проволоки выбираем допустимую плотность тока j , A/мм^2 . Выбираем допустимую плотность тока равной 110 A/мм^2 .

5.2.2 Определение сварочного тока

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 4}{4} \cdot 110 = 350 \text{ A.} \quad (24)$$

5.2.3 Определение напряжение на дуге

$$U_{\text{д}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{\text{св}} \pm 1, \quad (25)$$

$$U_{\text{д}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \cdot 350 \pm 1 = 30 \text{ В}. \quad (26)$$

5.2.4 Скорость перемещения сварочной дуги

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}}, \quad (27)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, выбранного электрода, находится по каталогам на сварочные материалы, г/(А·ч);

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см³.

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \Psi_{\text{п}}), \quad (28)$$

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

$\Psi_{\text{п}}$ – коэффициент потерь, %.

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{\text{св}}} \frac{1}{d_3^2}, \quad (29)$$

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{350} \frac{1}{4} = 9,06 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}},$$

$$\Psi_{\text{п}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \quad (30)$$

$$\Psi_{\text{п}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 110 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 110^2 = 9,22\%,$$

$$\alpha_{\text{н}} = 9,06 \cdot (1 - 0,09) = 8,24 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}. \quad (31)$$

Скорость сварки для одного слоя площадью $F_{\text{н}} = 25 \text{ мм}^2$

$$V_{\text{св}} = \frac{8,24 \cdot 350}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,25} = 0,4 \frac{\text{см}}{\text{с}}. \quad (32)$$

5.2.5 Скорость подачи электродной проволоки

$$V_{\text{пэл}} = \frac{\alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_3}, \quad (33)$$

где F_3 – площадь поперечного сечения электрода, см²;

γ – плотность электродного металла, проволоки, г/см³.

$$V_{\text{пэл}} = \frac{9,06 \cdot 350}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,314} = 0,36 \frac{\text{см}}{\text{с}}. \quad (34)$$

5.2.6 Глубина провара

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\Psi_{\text{пр}}}}, \quad (35)$$

где $q_{\text{п}}$ – погонная энергия;

$$q_{\text{п}} = \frac{\eta_{\text{и}} \cdot I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}}}{V_{\text{св}}}, \quad (36)$$

$\Psi_{\text{пр}}$ - коэффициент формы провара

$$\Psi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}}, \quad (37)$$

где K' - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

K' при плотности тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ при сварке на постоянном токе обратной полярности определяется соотношением

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925}, \quad (38)$$

$$K' = 0,367 \cdot 110^{0,1925} = 0,917, \quad (39)$$

$$\Psi_{\text{пр}} = 0,917 \cdot (19 - 0,01 \cdot 350) \cdot \frac{2 \cdot 30}{350} = 2,42. \quad (40)$$

здесь $\eta_{\text{и}}$ - эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе 0,80...0,84.

$$q_{\text{п}} = \frac{0,8 \cdot 350 \cdot 30}{0,36} = 23 \frac{\text{кДж}}{\text{см}}, \quad (41)$$

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{23000}{2,42}} = 0,8 \text{ см.} \quad (42)$$

5.2.7 Ширина провара

$$e = \Psi_{\text{пр}} \cdot H, \quad (43)$$

$$e = 2,42 \cdot 0,8 = 1,5 \text{ см.}$$

5.2.8 Высота усиления

$$q = \frac{e}{\Psi_{\text{в}}}, \quad (44)$$

где $\Psi_{\text{в}}$ - коэффициент формы выпуклости, находящийся в пределах 7...10.

$$q = \frac{1,5}{8} = 0,2 \text{ см.} \quad (45)$$

5.2.9 Общая высота шва

$$C = H + q, \quad (46)$$

$$C = 1 \text{ см.}$$

6 Оценка химического состава с механическими характеристиками шва

Химический состав металла шва определяется составом электродного и основного металлов и долей их участия в металле шва, а значит режимом и способом сварки.

Наличие рассматриваемого элемента в металле шва определяется на основании правила смешения по формуле, [13, с.55]:

$$[R]_{\text{ш}} = [R]_{\text{ом}} \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot [R]_{\text{э}} \pm \Delta R, \quad (47)$$

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

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

$[R]_{\text{э}}$ – 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.

6.1 Ориентировочная оценка для механизированной сварки

Определяется доля участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}} + F_{\text{н}}}, \quad (48)$$

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

$F_{\text{н}}$ – площадь наплавленного металла.

$$F_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot \Psi_{\text{пр}} \cdot H^2}{4}, \quad (49)$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 2,42 \cdot 8^2}{4} = 120 \text{ мм}^2.$$

Следовательно, по формуле (48) доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{120}{120 + 50} = 0,7. \quad (50)$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет вестись сварка. Представим в таблицах химический состав СтЗсп и проволоки Св-08Г2С, [12,13]

Таблица 8 - Химический состав СтЗсп в %

C	Si	<u>Mn</u>	Ni	S	P	Cr	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 9 - Химический состав наплавленного металла проволокой Св-08Г2С в %

C	Si	<u>Mn</u>	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 по формуле (47) химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа, %:

$$[C]: R_{ш}=0,18 \cdot 0,7+(1-0,7) \cdot 0,06=0,14 \%,$$

$$[Si]: R_{ш}=0,2 \cdot 0,7+(1-0,7) \cdot 0,8=0,38 \%,$$

$$[Mn]: R_{ш}=0,5 \cdot 0,7+(1-0,7) \cdot 1,9=0,92 \%,$$

$$[Ni]: R_{ш}=0,3 \cdot 0,7+(1-0,7) \cdot 0,25=0,285 \%,$$

$$[S]: R_{ш}=0,05 \cdot 0,7+(1-0,7) \cdot 0,025=0,0425 \%,$$

$$[P]: R_{ш}=0,04 \cdot 0,7+(1-0,7) \cdot 0,03=0,037 \%,$$

$$[Cr]: R_{ш}=0,3 \cdot 0,7+(1-0,7) \cdot 0,2=0,27 \%,$$

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

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 [10, с.58]

6.1.1 Предел прочности

$$\sigma_{\text{вш}} = 4,8 + 50C + 25,2\text{Mn} + 17,5\text{Si} + 23,9\text{Cr} + 7,7\text{Ni}, \quad (51)$$

$$\sigma_{\text{вш}} = 4,8 + 50 \cdot 0,14 + 25,2 \cdot 0,92 + 17,5 \cdot 0,38 + 23,9 \cdot 0,27 + 7,7 \cdot 0,285 = 50,3 \text{ МПа}.$$

6.1.2 Относительное удлинение шва

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,8C + 15\text{Mn} + 49\text{Si} + 5,8\text{Cr} + 2,4\text{Ni}), \quad (52)$$

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,8 \cdot 0,14 + 15 \cdot 0,92 + 49 \cdot 0,38 + 5,8 \cdot 0,27 + 2,4 \cdot 0,285) = 12,7\%.$$

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

$$\text{KCU}_{\text{ш}} = 23,3 - (25,7C + 6,4\text{Mn} + 8,4\text{Si} + 2,4\text{Cr} + 1,6\text{Ni}), \quad (53)$$

$$\text{KCU}_{\text{ш}} = 23,3 - (25,7 \cdot 0,14 + 6,4 \cdot 0,92 + 8,4 \cdot 0,38 + 2,4 \cdot 0,27 + 1,6 \cdot 0,285) = 9,5 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}.$$

6.1.4 Предел текучести шва

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73 \cdot \sigma_{\text{вш}}, \quad (54)$$

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73 \cdot 50,3 = 36,7 \text{ МПа}.$$

6.1.5 Относительное поперечное сужение

$$\psi_{\text{ш}} = 2,32 \cdot \delta_{\text{ш}}, \quad (55)$$

$$\psi_{\text{ш}} = 2,32 \cdot 12,7 = 29,5 \%.$$

Согласно рекомендациям приведенных в [10] данные эмпирические зависимости следует использовать для легирующих сталей, а СтЗсп является конструкционной, которая содержит только обычные примеси. Следовательно, расчеты механических характеристик металла шва будут неверны.

Таблица 10 – Характерные механические свойства наплавленного металла по РД 34.15.132

Материал	Проволока	Температура испытаний, °С	σ_T	σ_R	δ	ψ	a_n , $\frac{кгс \cdot м}{см^2}$
			МПа		%		
Ст3сп	Св-08Г2С	20	490	642	45	21	13

6.2 Ориентировочная оценка для ручной дуговой сварки

Определяется доля участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{пр}}{F_{пр} + F_n}, \quad (56)$$

$$F_{пр} = 0,73 \cdot e \cdot H, \quad (57)$$

где: e – ширина валика (примем 6 мм);

$$F_{пр} = 0,73 \cdot 6 \cdot 5 = 21,9 \text{ мм}^2. \quad (58)$$

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{21,9}{21,9 + 70} = 0,23. \quad (59)$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка. Представим в таблицах химический состав Ст3сп и электродов УОНИ 13/45.

Таблица 11 - Химический состав СтЗсп в %

C	Si	<u>Mn</u>	Ni	S	P	Cr	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 12 - Химический состав наплавленного металла электродом УОНИ 13/45 в %

C	Si	<u>Mn</u>	S	P
0,08-0,12	0,18-0,3	0,55-0,7	До 0,03	До 0,04

Определяем по формуле (47) химический состав металла шва для ручной дуговой сварки плавящимся электродом, %:

$$[C]: R_{ш}=0,18 \cdot 0,23+(1-0,23) \cdot 0,08=0,1 \%,$$

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

$$[Mn]: R_{ш}=0,53 \cdot 0,23+(1-0,23) \cdot 0,6=0,6 \%,$$

$$[S]: R_{ш}=0,05 \cdot 0,23+(1-0,23) \cdot 0,03=0,035 \%,$$

$$[P]: R_{ш}=0,04 \cdot 0,23+(1-0,23) \cdot 0,04=0,04 \, \%.$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла шва так же как и для механизированной сварки подсчитать по формулам [10, с.58] не возможно.

Таблица 13 - Типичные механические свойства наплавленного металла по РД 34.15.132:

Материал	Электрод	Температура испытаний, °C	σ_T	σ_p	δ	ψ	$a_n,$
			МПа		%		$\text{кгс} \cdot \text{м} / \text{см}^2$
СтЗсп	УОНИ 13/45	20	450	612	48	22	15

7 Расчет расхода сварочных материалов

7.1 Расчет расхода сварочных материалов для ручной дуговой сварки

Необходимый расход покрытых электродов при ручной дуговой сварке можно посчитать по формуле [1, с. 61]

$$G_э = G_н \cdot (1,6 \dots 1,8), \quad (60)$$

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

$$G_н = F_н \cdot l_{ш} \cdot \gamma_н, \quad (61)$$

где $F_н$ – площадь наплавки;

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

$\gamma_н$ – плотность наплавленного металла.

$$G_н = 0,7 \cdot 806 \cdot 7,8 = 4400 \text{ г}, \quad (62)$$

$$G_э = 4400 \cdot (1,6 \dots 1,8) = 7920 \text{ г}. \quad (63)$$

7.2 Расчет расхода сварочных материалов для механизированной сварки

Для механизированного способа сварки в среде защитных газов количество электродного металла находится в зависимости от количества наплавленного металла и коэффициента потерь при сварке $\Psi_п$

$$G_э = G_н \cdot (1 + \Psi_п), \quad (64)$$

$$G_н = 0,5 \cdot 806 \cdot 7,8 = 3143 \text{ г}, \quad (65)$$

$$G_э = 3143 \cdot (1 + 0,09) = 3426 \text{ г}. \quad (66)$$

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

$$t = \frac{l_{шв}}{V_{св}}, \quad (67)$$

$$t = \frac{806}{0,4} = 2015 \text{ с}. \quad (68)$$

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

$$Q_г = t \cdot Q_{мин}, \quad (69)$$

$$Q_{\Gamma} = 33,5 \cdot 20 = 670 \text{ л.} \quad (70)$$

где $Q_{\text{мин}}$ – расход газа, назначенный при расчете режимов сварки, л/мин; При сварке больших толщин расход газа составляет 15-20 л/мин.

t – время сварки, мин.

8 Технология сборки и сварки узла

8.1 Подготовка сварочных материалов

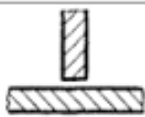
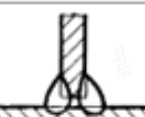
Покрытые электроды для ручной дуговой сварки необходимо прокалить с рекомендуемыми данными приведенными в главе 3. Хранить покрытые электроды и сварочную проволоку необходимо содержать в преднамеренно отведённых для этого хранилищах, помещения обязательно должны быть сухие и отапливаемые зимой. Температуру нельзя опускать ниже 14-ти градусов по Цельсию, при постоянной влажности, не больше 50-ти процентов. Необходимый уровень влажности достигается при помощи установки кондиционеров, которые требуется отрегулировать на необходимый уровень влажности или если складское помещение углублено в землю с использованием качественной тепло- и гидроизоляции.

С помощью гильотинных ножниц нарезать ребра жесткости, учитывая припуски на укорочение их в процессе сварки. Предусматривается припуски 0,1 – 0,2 мм на 1 м шва.

8.2 Подготовка свариваемых кромок

При сварке узла используется способ подготовки кромок: Т1 (соединение колонны и опорной плиты) и Т3 (соединение ребер жесткости с колонной и опорной плитой).

Таблица 14 – ГОСТ 5264-80, геометрические размеры подготовки кромок под сварку и сварного шва

Без скоса кромки	Односторонний			Т1
Без скоса кромки	Двусторонний			Т3

Поверхность металла вблизи кромок очистить с помощью углошлифовальной машинкой от ржавчины и загрязнений на расстояние 20 мм от края кромок.

8.3 Сборка деталей перед сваркой

Перед сварочными работами, как правило, стоит задача сборки конструкции, то есть установить и зафиксировать детали в предусмотренном проектом положении. Сборка под сварку является одной из сложных и трудоемких операций. Необходимо обеспечивать качественную сварку конструкции. Для этого требуется выдержать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить детали в проектное положение и закрепить между собой так, чтобы взаиморасположение деталей не нарушилось в процессе сварки, а если необходимо и транспортировки. Должен обеспечиваться полный доступ к месту сварки.

9 Социальная ответственность

Объектом данной работы является технология сборки и сварки опорного узла консольного крана.

9.1 Производственная безопасность

Сведем в таблицу (таблица 14) список вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при работе.

Таблица 15 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ при сборке и сварки опорного узла консольного крана

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1.очистка поверхностей от загрязнений и ржавчины; 2. выполнение разделки кромок; 3. сборка опорного узла; 4. сварка опорного узла.	1.. Превышение уровней шума и вибрации; 2. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды.	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Электрический ток. 3. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок; 4. Термическая опасность	1.СП 2.2.2.1327 — 03 [1]. 2. ГОСТ Р 12.1.019-2009 [2]. 3. ГОСТ 12.4.021-75 [3].

9.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Опорный узел как таковой опасных и вредных факторов не может вызывать, они могут возникать при проведении подготовки свариваемых деталей и их сварки.

9.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

При работах на электросварочном оборудовании возможны следующие виды травматизма:

- ушибы и ранения от взрывов баллонов сжатого газа и при сварке сосудов из-под горючих веществ;
- отравление вредными газами, пылью и испарениями, выделяющимися при сварке;
- поражение электрическим током;
- поражение глаз и открытой поверхности кожи излучением электрической дуги;
- ожоги от капель металла и шлака.

При исправном состоянии оборудования и правильном выполнении сварочных работ возможность поражения током исключается. Однако в практике возможны поражения электрическим током вследствие неисправности сварочного оборудования или сети заземления, неправильного подключения сварочного оборудования к сети, неисправности электропроводки и неправильного ведения сварочных работ. Поражение от электрического тока происходит при прикосновении к токонесущим частям электропроводки и сварочной аппаратуры.

Напряжение холостого хода источников питания дуги достигает 80В. Учитывая, что сопротивление человеческого организма в зависимости от его состояния (устоменность, состояние здоровья, влажность кожи) может изменяться в широких пределах (от 1000 до 20 000 Ом), указанные выше напряжения являются очень опасными для жизни. Токи более 0,05А могут вызвать тяжелые последствия и даже смерть.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных. Яркость световых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому если смотреть на дугу невооруженным глазом, то она производит

ослепляющее действие. Ультрафиолетовые лучи при действии даже в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электрофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Более продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту), а также ожоги кожи лица.

Особенное загрязнение воздуха вызывает сварка электродами с качественными покрытиями. При автоматической сварке количество газов и пыли значительно меньше, чем при ручной. Сварочная пыль представляет собой аэрозоль — взвесь частиц оксидов металлов и минералов в газовой среде. Основными составляющими являются оксиды железа (до 70%) , марганца, кремния, хрома, фтористые и другие соединения. Наиболее вредны соединения хрома, марганца и фтора. Воздух в рабочих помещениях при сварке загрязняется также токсичными газами: оксидами азота, углерода, фтористым водородом и др. На рабочем месте допускаются следующие: предельные концентрации веществ в воздухе (в мг/м³): марганец и его соединения — 0,3; хром и его соединения — 0,1, свинец и его соединения — 0,01; цинковые соединения — 5,0; оксид углерода — 20,0; фтористый водород — 0,5; оксид азота — 5,0; бензин, керосин — 300,0.

Концентрация нетоксичной пыли более 10 мг/м³ не допускается. Однако если содержание кварца в пыли превышает 10%, то концентрация нетоксичной пыли допускается только до 2 мг/м³.

Взрывы возможны при неправильной транспортировке, хранении и использовании баллонов со сжатыми газами, при сварочных работах в различных емкостях без предварительной тщательной очистки их от остатков горючих веществ.

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации.

Длительное воздействие шума на человека приводит его в состояние утомления. Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик машин изложены в [4]. В рабочих помещениях административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий уровень шума не должен превышать 80 дБ.

Рациональное освещение рабочей зоны имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Освещенность от светильников системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк [5]. Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением в помещении, не правильном выборе количества и типа освещения.

9.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Во избежание поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие условия:

- корпуса источников питания дуги, сварочного вспомогательного оборудования и свариваемые изделия должны быть надежно заземлены. Заземление осуществляют медным проводом, один конец которого закрепляют к корпусу источника питания дуги к специальному болту с надписью «Земля», а второй конец присоединяют либо к общей заземляющей шине, либо к металлическому штырю, вбитому в землю.

- заземление передвижных источников питания производят до включения их в силовую сеть, а снятие заземления — только после отключения от силовой сети.

- для подключения источников сварочного тока к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами. Длина проводов сетевого питания не должна быть более 10 м. При необходимости нарастить провод применяют соединительную муфту с прочной изоляционной массой или провод с электроизоляционной оболочкой.

Провод подвешивают на высоте 2,5... 3,5 м. Спуски заключают в заземленные металлические трубы. Вводы и выводы должны иметь втулки или воронки, предохраняющие провода от перегибов, а изоляцию — от порчи.

- присоединять и отсоединять от сети электросварочное оборудование, а также наблюдать за их исправным состоянием в процессе эксплуатации обязаны электрики. Сварщикам запрещается выполнять эти работы.

- все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать применяемым токам. Применение проводов с ветхой и растрепанной изоляцией категорически запрещается [7].

Для защиты кожи лица от световых и невидимых лучей дуги сварщики и их подручные должны закрывать лицо щитком, маской или шлемом. Для защиты окружающих лиц от излучения дуги в цехах устанавливают закрытые сварочные кабины, а при строительных и монтажных работах применяют переносные щиты или ширмы.

Для защиты тела от ожогов сварщик пользуется брезентовым костюмом, брезентовыми рукавицами и кожаной или валяной обувью. Брюки должны быть гладкими, без отворотов с напуском по верх ботинок или валенок. Рукавицы должны иметь напуск на рукава и завязываться тесьмой. Прямая одежда и отсутствие открытых частей тела исключают возможность попадания брызг металла на тело и в складки одежды.

Следует отметить, что при сварке потолочных, горизонтальных и вертикальных швов необходимо надевать брезентовые нарукавники и плотно завязывать их поверх рукавов кистей рук. Зачищать сваренные швы от шлака и флюса следует лишь после полного их остывания и обязательно в очках с простыми стеклами.

Удаление вредных газов и дыма из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляются местной и общей вентиляцией. Местная вытяжная вентиляция с верхним, боковым или нижним отсосом удаляет газы и пыль непосредственно из зоны сварки. Общая вентиляция должна быть приточно-

вытяжной. В зимнее время приточный воздух нагревают до 20...22°C с помощью калорифера.

Вентиляционные устройства должны обеспечивать воздухообмен при ручной дуговой сварке электродами с качественными покрытиями от 4000 до 6000 м³ на 1 кг расхода электродов, при сварке в углекислом газе до 1000 м³ на 1 кг расплавляемой проволоки. Если часовой расход электродов менее 0,2 кг на 1 м³ объема помещения и если концентрация сварочной пыли менее предельно допустимой, разрешается пользоваться лишь естественной вентиляцией.

Баллоны транспортируют с наверхутиными предохранительными колпаками на подрессоренном транспорте. При этом толчки и удары недопустимы. Нельзя устанавливать баллоны вблизи нагревательных приборов или под солнечными лучами. На рабочем месте баллоны должны быть надежно укреплены в вертикальном положении, так чтобы исключалась всякая возможность ударов и падений. Категорически запрещается отогревать влагу в редукторе баллона с углекислотой и любых баллонов со сжатым газом открытым пламенем, так как это ведет к взрыву баллона. Отогревать можно только тряпками, смоченными горячей водой [6].

Уменьшение влияния факторов шума возможно путём:

- изоляция источников шума;
- проведение акустической обработки помещения;
- создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий, коэффициент естественного освещения (КЕО) не должен превышать 2,1%, а коэффициент пульсаций освещенности (Кп) не должен быть больше 10%.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения, но наиболее рациональным решением данного вредного фактора является правильное расположение и подключение

источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения результатов замеров с нормативными документами.

9.2 Экологическая безопасность

9.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

При анализе влияния опорного узла окружающую среду делаем вывод, что он не наносит повреждений окружающей среде.

9.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

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 (железа, марганца, хрома, ванадия, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), а также газообразные соединения (фтористые, оксиды углерода и азота, озон и др.)

Таблица 16 - Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при сварке и наплавке металлов [8].

Технологический процесс (операция)	Используемый материал и его марка	Наименование и удельные количества выделяемых загрязняющих веществ, г/кг									
		сварочный аэрозоль	в том числе						фтористый водород	диоксид азота	оксид углерода
			железа оксид	марганец и его соединения	хром шестивалентный (в пересчете на триокись хрома)	пыль неорганическая, содержащая SiO ₂ (20 - 70 %)	Прочие				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ручная дуговая сварка сталей штучными электродами	УОНИ-13/45	16,4	10,69	0,92	-	1,40	Фториды (в пересчете на F)	3,3	0,75	1,50	13,3
Механизированная сварка в среде углекислого газа электродной проволокой	Св-0,8Г2С	10,00	7,67	1,90	-	0,43	-	-	-	-	-

Значения показателей находятся в допустимых пределах.

Значительного влияние на литосферу и гидросферу процесс не оказывает, так как все остатки электродов, шлака отправить в специальные места для захоронений.

9.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для уменьшения концентрации вредных веществ на рабочих местах до предельно допустимых, применены местные отсосы (вытяжные панели и фильтровытяжные агрегаты, вытяжные шкафы и др.). Задачей вентиляции является обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха. Воздух, удаляемый системами вентиляции и содержащий пыль, вредные или неприятно пахнущие вещества, перед выбросом в атмосферу должен очищаться с тем, чтобы в атмосферном воздухе населенных пунктов не было вредных веществ, превышающих санитарные нормы.

9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

9.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. Основными причинами возникновения таких ситуаций являются: сложность технологий, физический износ используемого оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина на рабочем месте, также к ним относятся стихийные бедствия, пожары и др.

При выходе из строя опорного узла консольного крана или его составных частей может привести к выходу из строя самого крана, либо к его обрушению, что может привести к нанесению повреждений персоналу или оборудованию.

9.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

При проведении исследования могут возникнуть следующие ЧС:

- пожар
- поражение электрическим током
- повреждения кожи и тканей тела

Пожар – это неконтролируемое горение, причиняющее вред здоровью человека либо имуществу.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей и имущества. Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен присутствовать «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения возгорания и указывающий места расположения противопожарной техники.

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека. Причинами являются: недостаточная электрическая изоляция аппаратов и питающих проводов, плохое состояние спецодежды и обуви сварщика, сырость и теснота помещений и другие факторы.

Повреждение кожи и тканей тела могут быть вызваны острыми кромками, шероховатость,двигающиеся части машин и др.

9.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

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:

- оповестить работающих в производственном помещении и принять меры к тушению очага пожара;
- горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем;
- принять меры к вызову на место пожара непосредственного руководителя или других должностных лиц.

Основные правила техники безопасности в отношении защиты от поражения электрическим током следующие:

- сварочные провода на всей длине должны иметь надежную изоляцию;
- электрододержатель должен быть снабжен изолированной рукояткой.

Место крепления сварочного провода к держателю также должно быть надежно изолировано. Особенно тщательно следует изолировать части электрододержателя при работе в труднодоступных, а также в сырых местах и при повышенной температуре окружающего воздуха;

- электросварщик не должен самостоятельно производить присоединение сварочной установки к силовой сети, постановку плавких вставок на щите силовой сети, отключать сварочную установку от сети, а также производить ремонт подключенной к сети установки. Все эти работы должны выполняться электромонтерами с соблюдением общих электротехнических правил для силовых установок;

- спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями. Резиновые подошвы ботинок и сапог должны быть приклеены путем горячей вулканизации или клеем;

- во время работы электросварщик должен находиться на резиновом коврике, сухих деревянных досках, сухом асбесте или другой изоляционной подкладке;

- при работе в сухих помещениях лампы местного электрического освещения должны питаться током с напряжением не выше 36 В, а в сырых помещениях и закрытых сосудах не выше 12 В;

- электросварщик должен иметь подручный. Подручный в случае поражения электросварщика током выключает сварочную установку и оказывает пострадавшему первую помощь.

При любом повреждении кожи и тканей тела следует смазать йодом кожу вокруг раны, закрыть стерильным материалом и наложить повязку.

9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

9.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

При выполнении сварочных работ необходимо следовать требованиям трудового кодекса РФ.

Согласно [9], необходимо проводить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

9.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Необходимые мероприятия по размещению и компоновке рабочей зоны:

- рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными ограждениями из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты;

- полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, ровной поверхностью, удобную для очистки;

- расстояния от источника питания до стен должно быть не менее 0,5 м;

- рабочее место персонала, взаимное расположение всех элементов должны обеспечивать рациональность движений и максимально учитывать энергетические, силовые и психофизические возможности человека;

- следует предусмотреть наличие мест для размещения съемных деталей, переносной аппаратуры, временное хранение заготовок, готовых изделий и др.

- помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства пожаротушения;

- помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места оборудуются местной вытяжкой.

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

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизмов управления определенных проектных решений на этапе реализации.

10.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

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

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

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

Таблица 17 – Сегментирования рынка

		Способ сварки	
		Ручная дуговая сварка	Механизированная сварка
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		



Лукойл



Роснефть



ИНК



Газпром

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

10.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

Таблица 18 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии катализатора							
1. Простота в эксплуатации	0,3	4	4	5	1,2	1,2	1,5
2. Качество шва	0,3	4	4	5	1,2	1,2	1,5
Экономические критерии оценки эффективности							

Продолжение таблицы 18

3. Цена	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
4.Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5.Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
Итого:	1				4,2	4,1	4,5

Б_ф – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

Б_{к1} – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом;

Б_{к2} – механизированная сварка в среде защитных газов.

Таким образом, на основании таблицы 17 можно сделать вывод, что предложенный в ходе исследовательской работы способ может составить серьезную конкуренцию другим способом сварки. Главными преимуществами данной способа является довольно высокая производительность и простая техника сварки.

10.3 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.

Таблица 19 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Высокое качество получаемой продукции С2.Наличие опытного руководителя С3.Использование современного оборудования С4.Широкая область применения С5. Наличие бюджетного финансирования проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Необходимость в двух источниках питания Сл2. Развитие передовых технологий Сл3. Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости. Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Получение качественных сварных соединений В3. Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Появление новейших технологий У2. Отсутствие спроса на производимый товар У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

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

Таблица 20 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и возможности»

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

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

Таблица 21 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	-	0
	B2	-	-	-	0
	B3	0	0	-	0

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие слабые стороны и возможности: B1Сл1.

Таблица 22 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и угрозы»

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

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

Таблица 23 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и угрозы»

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

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

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 23).

Таблица 24 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Высокое качество получаемой продукции С2.Наличие опытного руководителя С3.Использование современного оборудования С4.Широкая область применения С5. Наличие бюджетного финансирования проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Необходимость в двух источниках питания Сл2. Развитие передовых технологий Сл3. Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости. Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала
--	--	---

Продолжение таблицы 24

Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Получение качественных сварных соединений В3. Повышение стоимости конкурентных разработок	Высокое качество получаемой продукции с использованием инновационной инфраструктуры ТПУ может расширить область внедрения технологии и усилить ее конкурентоспособность на рынке.	Проблема отсутствия квалифицированного персонала при использовании инфраструктуры ТПУ может быть исчерпана, путем его направления на переобучение.
Угрозы: У1. Появление новейших технологий У2. Отсутствие спроса на производимый товар У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Наличие бюджетного финансирования проекта поможет решить угрозу отсутствия спроса на производимый товар путем расширенной рекламной компании.	Потери потенциальных и постоянных клиентов, простой выполнения работ

На основании SWOT-анализа выявили все сильные и слабые стороны проекта.

10.4 Планирование научно-исследовательских работ

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	

Продолжение таблицы 25

Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Вывод по цели	Научный руководитель, студент

Основные этапы работ по участникам распределены верно для скорейшего выполнения цели.

10.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 24).

10.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{oji} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (70)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (71)$$

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

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

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

10.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (72)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (73)$$

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

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

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

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

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 26).

После заполнения таблицы 26 строим календарный план-график (табл. 27).

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		
	$t_{\min}$, чел-дни			$t_{\max}$, чел-дни			$t_{\text{ож}i}$, 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
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель		
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук. - студ.		
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ. - рук.		
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель		
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель		
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент		
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.- рук.		
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент		
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент		
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.- рук.		
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент		

Таблица 27 - Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Ра-бот	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ					
				Март			апрель		
				1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3						
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2		 				
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	2		 				
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2						
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3						
6	Изучение литературы по теме	Студент	15				  		
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5						
8	Изучение результатов	Студент	3						
9	Проведение расчетов по теме	Студент	10						
10	Анализ результатов	Студ.-рук.	3						
11	Вывод по цели	Студент	4						



– студент;



– руководитель.

10.5 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:

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

10.5.1 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Месячный должностной оклад работника сведем в таблицу 28:

Таблица 28 - Оклад

Исполнители по категориям	Оклад, руб.	Районный коэффициент (для Томска)	Месячная зарплата, руб./мес.
Руководитель	29774	1,3	38706,2
Студент	5000	1,3	6500

Распределение рабочего времени показано в таблице 29.

Таблица 29 - Баланс рабочего времени

Показатель рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14

Продолжение таблицы 29

Потери рабочего времени		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	219

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (74)$$

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

10.5.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (75)$$

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 30,2%.

Таблица 30 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	38706,2	35000	39000	4644,744	4200	4680
Студент	6500	7000	5000	780	840	600
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Исполнение 1	15290 руб.					

Продолжение таблицы 30

Исполнение 2	19091 руб.
Исполнение 3	21639 руб.

Отчисления при Исполнении 1 получаются минимальным при учете, что зарплаты руководителя и студента являются средними.

10.5.3 Накладные расходы

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

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 3), \quad (76)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{нр}$ допускается взять в размере 16%. Результаты расчета накладных расходов на НТИ приведены в таблице 31.

Таблица 31 - Расчет бюджета на спецоборудование

№п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Мощность электроприбора, кВт			Общая стоимость оборудования, руб.		
		Исп1.	Исп2.	Исп3.	Исп1.	Исп2.	Исп3.	Исп1.	Исп2.	Исп3.
1.	Компьютер	1	1	1	0,350	0,360	0,340	40500	41500	49000
Итого:		1	1	1	1,28	1,275	1,282	40500	41500	49000

Стоимость оборудования, используемого при выполнении непосредственно НТИ и имеющегося в организации, учитываются в виде амортизации.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э, \quad (77)$$

где N_i – мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$T_э$ – время использования электрооборудования, час;

$Ц_э$ – цена одного кВт·ч, руб.

$$E_э = 1,28 \cdot 300 \cdot 4,36 = 1674,2 \text{ руб.}$$

Амортизация определяется по формуле:

$$A = \frac{C}{T_{об}} = \frac{40500}{10} = 4050 \text{ руб.} \quad (78)$$

Определили сумму амортизации на весь период исследования и дальнейшее ее внедрение в производство.

10.5.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 32.

Таблица 32 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	45206,2	42000	43000

Продолжение таблицы 32

2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5424,744	5040	5280
3. Отчисления во внебюджетные фонды	15290	19091	21639
4. Накладные расходы	10547	10580	11187
5. Амортизация	4050	4150	4900
6. Бюджет затрат НТИ	76467	76711	81106

При планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его выполнения.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (79)$$

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{76467}{81106} = 0,942; I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{76711}{81106} = 0,945; I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{81106}{81106} = 1.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (80)$$

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

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

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 33).

Таблица 33 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

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

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

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

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

$$I_{исп.i.} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (81)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{0,942} = 4,77; I_{исп2} = \frac{3,15}{0,945} = 3,33; I_{исп3} = \frac{3,8}{1} = 3,8.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.34) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (82)$$

Таблица 34 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,942	0,945	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,77	3,33	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,4	0,87	1

сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности в сравнении с аналогичными техническими решениями (Исп2., Исп3.).

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

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований проводили с помощью рассмотрения целевого рынка и его сегментирования. На основе SWOT-анализа провели выявление сильных сторон и возможностей проект, а также слабых сторон и угроз. Для извлечения дополнительных преимуществ необходимо дальнейшее развитие технологии;

- при планировании научно-исследовательских работ определили общее содержание работы, тему проекта, структуру работы, работу каждого участника, продолжительность работ;

- при планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его выполнения. Итоговая сумма бюджета составляет 76 476 рублей.

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

11 Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология производства опорного узла 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 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.

Сравнение двух видов сварки определенного узла несет в себе экономическую цель, которая в свою очередь оптимизирует производственный процесс.

Список используемых источников

1. СП 2.2.2.1327 — 03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту»;
2. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
3. ГОСТ 12.4.021-75 СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ;
4. ГОСТ 12.1.023-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Методы установления значений шумовых характеристик стационарных машин (с Изменениями N 1, 2);
5. СНиП 23-05-2010 ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ;
6. ГОСТ 12.2.054.1-89 Система стандартов безопасности труда. Установки ацетиленовые. Приемка и методы испытаний;
7. ГОСТ 12.1.035-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений;
8. ГОСТ Р 56164-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов при сварочных работах на основе удельных показателей;
9. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://www.rg.ru/2011/10/28/medosmotr-dok.html](http://www.rg.ru/2011/10/28/medosmotr-dok.html);
10. Трущенко Е. А. Технические основы сварки давлением и плавлением. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 80 с.;
11. РД 34.15.132 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов;
12. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная;
13. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества.

14. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Под. ред. А.И. Акулова и др. - М: Машиностроение, 1978;

15. ГОСТ Р ИСО 14175-2010. Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов.