

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

Институт Электронного обучения

Специальность Оборудование и технология сварочного производства

Кафедра Оборудования и технологии сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы Разработка технологии ручной дуговой и механизированной под слоем флюса сварки нахлесточных соединений пластин

УДК 621.791.753.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Жуковский П.Г.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Филишов Н.Я.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Чистякова Н.О.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	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 электронного обучения
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение
 Кафедра Оборудования и технологии сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ОТСП
 « » _____ 2017 Киселев А.С.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Жуковский Павел Геннадьевич

Тема работы:

Разработка технологии ручной дуговой и механизированной под слоем флюса сварки нахлесточных соединений пластин

Утверждена приказом директора (дата, номер) | 20.04.2017, №2789/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Сварка нахлесточных соединений пластин стали 10Г2С1Д</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</i></p>	<p>1. Обзор литературы 2. Объект и методы исследования 3. Результаты и обсуждение 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность 6. Заключение</p>

содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

Перечень графического материала
(с точным указанием обязательных чертежей)

1. Титульный лист (название работы)
2. Цель и задачи исследования
3. Материалы и методы исследования
4. Экономическая часть и социальная ответственность
5. Выводы

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1 Литературный обзор	Филишов Николай Яковлевич
2 Материалы, оборудование и методы исследования	
3 Экспериментальная часть	
4 Выводы	
5 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна
6 Социальная ответственность	Сопруненко Элина Евгеньевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.01.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Филишов Н.Я.			30.01.2017

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Жуковский П.Г.		30.01.2017

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

Институт Электронного обучения
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Уровень образования Высшее
 Кафедра Оборудования и технологии сварочного производства
 Период выполнения (весенний семестр 2017 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:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	1 Литературный обзор	25
	2 Материалы, оборудование и методы исследования	5
	3 Экспериментальная часть	35
	4 Выводы	10
	5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	6 Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Филишов Н.Я.			30.01.2017

СОГЛАСОВАНО:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	к.т.н.		30.01.2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 93 листа машинописного текста, 35 таблицы, 7 рисунков, 22 использованных источников литературы, 3 приложения, 45 формулы.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СВАРКА, ЭЛЕКТРОД, СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.

В выпускной квалификационной работе разработана технология ручной дуговой и механизированной сварки под слоем флюса нахлестанных соединений пластин из стали 10Г2С1Д, предложено устройство для сварки.

Произведены расчеты режимов сварки.

В экономической части ВКР выполнен расчет экономического эффекта от внедрения новой технологии.

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

Содержание

Введение	10
1 Обзор литературы	11
1.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	12
1.2 Сварка в среде защитных газов	13
1.3 Сущность процесса сварки под флюсом	14
2 Основная часть	19
2.1 Выбор материала сварочной конструкции	19
2.2 Расчет склонности стали к трещинообразованию	20
2.3 Выбор типа соединения	21
2.4 Выбор способа сварки	25
2.5 Выбор сварочных материалов	26
2.6 Расчет параметров сварки	28
2.7 Выбор сварочного оборудования	37
2.8 Подготовительные операции	41
2.9 Технология сборки и сварки	46
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
3.1 Проектный анализ	49
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	49
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	50
3.1.3 FAST- анализ	51
3.1.4 SWOT- анализ	56
3.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации	59
3.2 Инициализация проекта	61
3.3 Планирование управления проектом	63
3.3.1 План проекта	63
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	64
3.4 Бюджет научного исследования	68

3.4.1	Расчет материальных затрат НТИ	68
3.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	69
3.4.3	Расчет фонда заработной платы	70
3.4.4	Расчет дополнительной заработной платы	72
3.4.5	Расчет отчислений во внебюджетные фонды	73
3.4.6	Расчет накладных расходов	73
3.4.7	Формирование бюджета затрат НТИ	74
3.5	Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования	75
4	Социальная ответственность	78
4.1	Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте	78
4.1.1	Производственный шум	79
4.1.2	Ультрафиолетовое излучение (УФИ)	80
4.1.3	Защита от поражения электрическим током	81
4.1.3.1	Электробезопасность. Расчет устройства защитного заземления	81
4.1.4	Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	83
4.1.5	Ожоги при сварочных работах	85
4.1.6	Пожаровзрывоопасность	85
4.1.6.1	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	86
4.2	Экологическая безопасность	87
4.2.1	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	87
4.2.2	Мероприятия по защите окружающей среды	88
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
4.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90

Заключение	92
Список использованных источников	93

Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки

В выпускной квалификационной работе использовались следующие термины и определения:

- РДС –ручная дуговая сварка.
- ТП – технологический процесс;
- Сэв –эквивалентный коэффициент свариваемости материала;
- С1 – шов стыковой;
- $i_{св}$ – сварочный ток;
- δ – толщина детали;
- u – напряжение;
- $v_{св}$ – скорость сварки
- n – коэффициент концентрации;
- η – коэффициент полезного действия;
- **ОШЗ** - околошлаковая зона.

При выполнении квалификационной работы использовались ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 14771-76 – Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03– Гигиенические требования к персональным электронно- вычислительным машинам и организация работы.
- СанПиН 2.2.4.548-96 – Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
- ГОСТ 23501.101-87 – Системы автоматизированного проектирования.

Введение

Сварка проволокой сплошного сечения под флюсом, позволяющая сравнительно просто механизировать и автоматизировать процесс соединения металлов, находит в последние годы широкое и все возрастающее применение во всех промышленно развитых странах мира. Социально-экономическое развитие нашей страны основывается на научно-техническом прогрессе, приоритетными направлениями которого являются комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, широкое внедрение в производство новых конструкционных материалов и высокоэффективных технологических процессов, рациональное использование материальных и энергетических ресурсов.

В реализации этих направлений в машиностроении, в строительстве, на транспорте и в других отраслях значительная роль отводится прогрессивным технологиям сварки и родственным процессам. Известно около 70 способов сварки, с применением которых создаются монолитные соединения металлов, неметаллов, а также разнородных материалов толщиной от нескольких микрометров до нескольких метров при производстве автомобилей, подвижного состава железных дорог, энергетической и химической аппаратуры и многих других сварных конструкций ответственного назначения.

Разрабатываемый технологический процесс сварки должен не только обеспечивать получение надёжных сварных соединений и конструкций, отвечающих всем эксплуатационным требованиям, но должен также допускать максимальную степень механизации и автоматизации производственных процессов изготовления изделий.

При разработке выпускной квалификационной работы с применением автоматизации трудоёмких процессов решаются следующие неразрывно связанные технические, экономические задачи: увеличение производительности труда путём замены ручного труда работой автомата; сокращение общего количества технологических операций; снижение себестоимости продукции путём уменьшения прямых производственных затрат при увеличении производительности труда.

1 Обзор литературы

Сварка представляет собой процесс создания неразъемного соединения металлических деталей, важнейшую операцию сборки деталей в узлы и целые конструкции. Но прежде чем сварка заняла свое место в современной технике, она прошла долгий путь.

Интенсивная разработка новых способов сварки и их внедрение в промышленность начались в середине XX в. Чтобы получить прочное соединение твердых тел, нужно обеспечить взаимодействие их поверхностных атомов. Для этого необходимо сблизить настолько, чтобы между ними могли возникнуть межатомные связи, т.е. на расстояния порядка атомных радиусов.

В жидкостях такое сближение достигается сравнительно легко за счет подвижности частиц, но сблизить настолько твердые тела значительно труднее. Их поверхности даже после самой тщательной обработки имеют неровности — выступы и впадины, размеры которых по сравнению с размерами атома огромны. При соединении поверхностей двух тел их фактическое соприкосновение происходит лишь в отдельных точках. Возможность сцепления атомов соприкасающихся поверхностей металлов затрудняется тем, что в обычных условиях поверхности всегда покрыты пленками оксидов, адсорбированных газов, всевозможных загрязнений. Эти пленки, как броня, защищают поверхности металлов от соприкосновений.

Существующие в настоящее время способы сварки можно подразделить на две основные группы. К первой группе относятся способы сварки, при которых металлы свариваются в твердом состоянии при совместной пластической деформации, часто одновременно с дополнительным нагревом (сварка давлением). Ко второй группе относятся способы, при которых металлы в месте соединения расплавляются (сварка плавлением).

Способы сварки плавлением получили в настоящее время широкое распространение. Для получения качественных сварных соединений плоских

изделий в строительной промышленности широко применяются ручные дуговые виды сварки и механизированная сварка под слоем флюсом.

В рамках проекта необходимо рассмотреть механизм этих процессов.

1.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

При сварке плавящимся электродом сварочный шов образуется за счет расплавления электрода и кромок основного металла сварочной дугой. Дуговая сварка металлическим плавящимся электродом (способ Н. Г. Славянова) является наиболее распространенной.

При сварке электродом, покрытым происходит плавление стержня и покрытия. Расплавляющиеся покрытия образуют шлак и газы. Шлак обволакивает капли металла, образующиеся при плавлении электродной проволоки. В сварочной ванне шлак, всплывая на поверхность, образует шлаковый покров, предохраняющий металл от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха. Кроме того, шлак, взаимодействуя с расплавленным металлом, очищает его от окислов и вредных примесей.

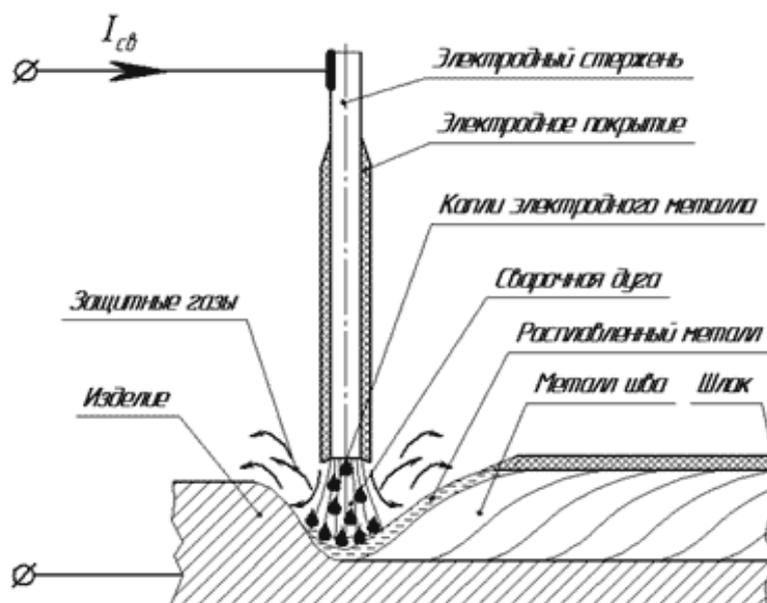


Рисунок 1 - Схема сварки покрытым металлическим электродом

1.2 Сварка в среде защитных газов

При сварке углеродистых и низколегированных сталей для защиты расплавленного электродного металла и металла сварочной ванны широко используют углекислый газ. В последние годы в качестве защитных газов находят применение смеси углекислого газа с кислородом (до 5%).

Добавки кислорода, увеличивают окисляющее действие газовой среды на расплавленный металл, позволяют уменьшить концентрацию легирующих элементов в металле шва. Это иногда необходимо при сварке низколегированных сталей. Кроме того, несколько уменьшается разбрызгивание расплавленного металла, повышается его жидкотекучесть. Кислород уменьшает его влияние на образование пор.

На свойства металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании азота и водорода, а также влаги в швах могут образоваться поры. Сварка в углекислом газе менее чувствительна к отрицательному влиянию ржавчины. Увеличение напряжения дуги, повышая угар легирующих элементов, приводит к снижению механических свойств шва.

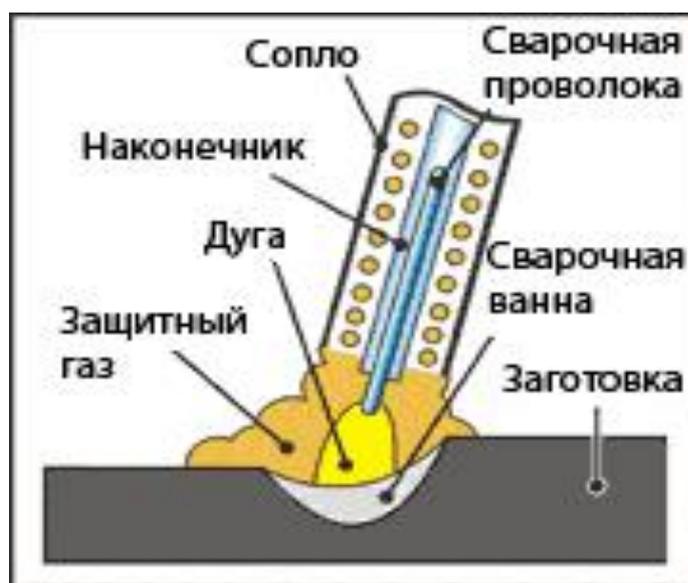


Рисунок 2 - Сварка в среде защитных газов

1.3 Сущность процесса сварки под флюсом

При этом способе сварки электрическая дуга горит между концом электродной (сварочной) проволоки и свариваемым металлом под слоем гранулированного флюса. Ролики специального механизма подают электродную проволоку в дугу. Сварочный ток, переменный или постоянный прямой или обратной полярности от источника подводится скользящим контактом к электродной проволоке и постоянным контактом — к изделию. Сварочная дуга горит в газовом пузыре, образованном в результате плавления флюса и металла и заполненном парами металла, флюса и газами. По мере удаления дуги расплавленный флюс при остывании образует шлаковую корку, которая легко отделяется от поверхности шва. Флюс засыпается впереди дуги из бункера слоем толщиной 40—80 мм и шириной 40—100 мм (чем больше толщина свариваемого металла и ширина шва, тем больше толщина и ширина слоя флюса). Масса флюса, идущего на шлаковую корку, обычно равна массе расплавленной сварочной проволоки. Нерасплавленная часть флюса собирается специальным пневмоотсосом в бункер и повторно используется.

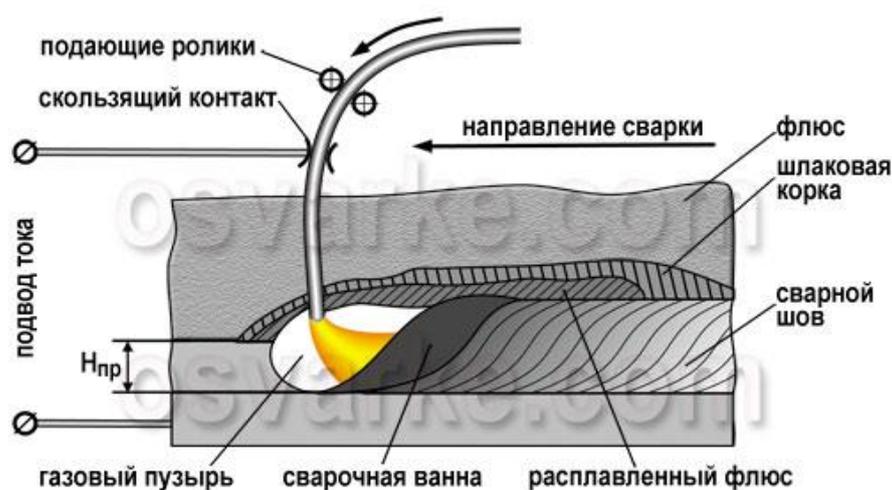


Рисунок 3 - Сварка под флюсом

Расплавленные электродный и основной металлы в сварочной ванне перемешиваются и при кристаллизации образуют сварной шов. В

промышленности преимущественное применение находит способ сварки проволочными электродами (сварочной проволокой). Производительность по сравнению с ручной сваркой увеличивается в 5—12 раз. При сварке под флюсом ток по электродной проволоке проходит только в ее вылете (место от токоподвода до дуги). Поэтому можно использовать повышенные (25—100 А/мм²) по сравнению с ручной дуговой сваркой (10—20 А/мм²) плотности сварочного тока без опасения значительного перегрева электрода в вылете в отслаивания обмазки, как в покрытом электроде. Использование больших сварочных токов резко повышает глубину проплавления основного металла и появляется возможность сварки металла повышенной толщины без разделки кромок. При сварке с разделкой кромок уменьшается угол разделки и увеличивается величина их притупления, т. е. уменьшается количество электродного металла, необходимого для заполнения разделки. Металл шва обычно состоит приблизительно на 2/3 из переплавленного основного металла (при ручной дуговой сварке соотношение обратное). В результате вышесказанного растут скорость и производительность сварки. Под флюсом сваривают металл толщиной 2—60 мм при скорости однодуговой сварки до 0,07 км/ч. Применение многодуговой сварки позволяет повысить ее скорость до 0,3 км/ч. Высокое качество металлов шва и сварного соединения достигается за счет надежной защиты расплавленного металла от взаимодействия с воздухом, его металлургической обработки и легирования расплавленным шлаком. Наличие шлака на поверхности шва уменьшает скорость кристаллизации металла сварочной ванны и скорость охлаждения металла шва. В результате металл шва не имеет пор, содержит пониженное количество неметаллических включений. Улучшение формы шва и стабильности его размеров, особенно глубины проплавления, обеспечивает постоянный химический состав и другие свойства по всей длине шва. Сварку под флюсом применяют для изготовления крупногабаритных резервуаров, строительных конструкций, труб и т.д. из сталей, никелевых сплавов, меди, алюминия, титана и их сплавов. Экономичность процесса определяется снижением расхода сварочных

материалов за счет сокращения потерь металла на угар и разбрызгивание (не более 3 %, а при ручной сварке достигают 15%), отсутствием потерь на огарки. Лучшее использование тепла дуги при сварке под флюсом по сравнению с ручной сваркой уменьшает расход электроэнергии на 30-40 %, Повышению экономичности способствует и снижение трудоемкости работ по разделке кромок под сварку, зачистке шва от брызг и шлака. Сварка выполняется с применением специальных автоматов или полуавтоматов. Условия работы позволяют сварщику обходиться без щитков для защиты глаз и лица. Повышаются общий уровень и культура производства. Недостатками способа является повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса. Поэтому сварка возможна только в нижнем положении при отклонении плоскости шва от горизонтали не более чем на 10—15°. В противном случае нарушится формирование шва, могут образоваться подрезы и другие дефекты. Это одна из причин, почему сварку под флюсом не применяют для соединения поворотных кольцевых стыков труб диаметром менее 150 мм. Кроме того, этот способ сварки требует и более тщательной сборки кромок под сварку и использования специальных приемов сварки. При увеличенном зазоре между кромками возможно вытекание в него расплавленного металла и флюса и образование в шве дефектов. В отличие от ручной – дуговой сварки металлическим электродом при сварке под флюсом, так же как, и при сварке в защитных газах, токоподвод к электродной проволоке осуществляется на небольшом расстоянии (вылет электрода) от дуги (до 70 мм) это позволяет без перегрева электрода использовать повышенные сварочные токи (до 2000 А). Плотность сварочного тока достигает 200 – 250 А/мм², в то время как при ручной – дуговой сварке не превышает 15А/мм². В результате повышается глубина проплавления основного металла и скорость расплавления электродной проволоки, т.е. достигается высокая производительность процесса. Сварка под флюсом в большинстве случаев используется как автоматический процесс, который ведется в нижнем положении. Интенсивное развитие автоматической сварки под флюсом обусловлено высокой производительностью этого процесса,

стабильным качеством сварки, малым расходом электродного металла и электроэнергии. Состав и строение частиц флюса оказывают заметное влияние на форму и размеры шва. При уменьшении насыпной массы флюса повышается газопроницаемость слоя флюса над сварочной ванной и как результат этого, уменьшается давление в газовом пузыре дуги. Это приводит к увеличению толщины прослойки расплавленного металла под дугой, а значит, и к уменьшению глубины проплавления.

Основные преимущества и недостатки рассмотренных видов сварки приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Преимущества и недостатки видов сварки:

Вид сварки	Преимущества	Недостатки
Ручная дуговая сварка	<p>Благодаря высокой температуре дуги (до 60000 по Цельсию) и концентрированному нагреву, эта сварка обеспечивает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - большую скорость, - малую зону температурного влияния, - малое коробление - возможность управлять механическими свойствами наплавленного металла путем введения в покрытие различных легирующих элементов, которые содержат электроды для сварки. 	<ul style="list-style-type: none"> - Отсутствие возможности регулирования глубины проплавления металла и скорости плавления электрода, вследствие чего при сварке тонкого материала возникают большие трудности в получении качественного шва. - Большой срок, затрачиваемый на подготовку квалифицированных сварщиков (1-2 года). - Зависимость качества сварки от индивидуальных особенностей сварщика. - Наличие шлака с обратной стороны шва при односторонней сварке замыкающих швов для некоторых конструкций, в которых внутренняя поверхность покрывается защитными неорганическими покрытиями.

**механизированная
(под флюсом)**

- высокая
производительность

- мощная закрытая дуга под
флюсом глубоко расплавляет
основной металл, позволяет
обойтись без разделки
кромки. Снижается доля
участия электродного
металла в образовании шва;

- Возможность резкого
увеличения силы сварочного
тока

- Заключение дуги в газовый
пузырь со стенками из
жидкого флюса сводит к
нулю потери металла на угар
и разбрызгивание. Сварные
швы получаются очень
высокого качества.

-Отсутствие потерь на угар и
разбрызгивание позволяют
экономить расход
электродной проволоки.

-экономится расход
электроэнергии.

-т.к. дуга горит невидимо
под толстым слоем флюса,
не требуется защиты глаз
работающих.

- невидимость места сварки,
закрытого толстым слоем
флюса,

- значительный расход и
стоимость флюса.

- повышаются требования к
точности подготовки и сборки
изделия под сварку,

- затрудняется сварка швов
сложной конфигурации.

2 Основная часть

2.1 Выбор материала сварной конструкции

Сталь – это сплав железа с углеродом, содержащий до 2,14% С. В углеродистых конструкционных сталях, широко используемых в машиностроении, судостроении строительных конструкциях и др., содержание углерода обычно составляет 0,06-0,9%. Углерод является основным легирующим элементом и определяет механические свойства стали. Повышение его содержания в стали усложняет технологию сварки и затрудняет возможности получения равнопрочного сварного соединения без дефектов.

Легируемыми называются, стали, содержащие специально введенные элементы. Марганец считается легирующим компонентом при содержании его в стали более 0,7% по нижнему пределу, а кремний свыше 0,4%. Легирующие элементы, вводимые в сталь, вступая во взаимодействие с железом и углеродом, изменяют ее свойства. Это повышает механические свойства стали и, в частности, снижает порог хладноломкости. В результате появляется возможность снизить массу конструкции.

В выпускной квалификационной работе рассматривается технология ручной дуговой и механизированной под слоем флюса сварки соединений пластин из стали 10Г2С1Д.

Химический состав стали 10Г2С1Д приведен в таблице 2.

Таблица 2- Химический состав стали 10Г2С1Д (ГОСТ 5521-76)

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0.12	0.8 - 1.1	1.3 - 1.65	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3	до 0.012	0.15 - 0.3	до 0.08

Эта сталь обладает хорошей свариваемостью. Наличие марганца в стали 10Г2С1Д повышает ударную вязкость и хладноломкость по сравнению с другими низколегированными сталями данная сталь позволяет получить сварные соединения более высокой прочности при знакопеременных и ударных нагрузках.

Введение в данную сталь небольшого количества меди (0,3%) повышает стойкость стали против коррозии атмосферной и в морской воде. Для изготовления сварных конструкций низколегированные стали, используют в горячекатаном состоянии.

Основные механические свойства стали приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Механические характеристики стали 10Г2С1Д

Марка стали	σ_B	σ_T	$\delta, \%$
	Не менее кгс/мм ²		
10Г2С1Д	50	35	18

Дополнительная термообработка значительно улучшает механические свойства стали. При этом может быть достигнуто значительное снижение порога хладноломкости

2.2 Расчет склонности стали к трещинообразованию

Холодные трещины в сварных соединениях обусловлены образованием в ОШЗ малопластичных закалочных структур (мартенсита, нижнего бейнита), наличием в металле шва диффузионного водорода и величиной внутренних растягивающих усилий (жесткостью соединения). При наплавке углеродистых и низколегированных сталей вероятность образования трещин увеличивается с повышением углеродного эквивалента C_3 , % который служит показателем свариваемости

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

где C, Mn, Cr, V и т. д. – процентное содержание соответствующих легирующих элементов в стали.

Медь и фосфор учитывают только в том случае, если концентрация меди больше 0,5 %, а фосфора больше 0,05 %. Если при подсчете эквивалентного углерода окажется, что $C_3 \leq 0,45 \div 0,55\%$, то данную сталь можно сваривать без предварительного подогрева. Если же $C_3 > 0,45 \div 0,55\%$, то необходим предварительный подогрев, тем более высокий, чем выше значение C_3 .

$$C_s = 0,12 + \frac{1,65}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,38$$

$$C_s = 0,12 + \frac{1,65}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,38$$

$C_s < 0,45$, следовательно подогрев не нужен.

Оценка склонности стали к образованию горячих трещин.

Горячие трещины возникают во время кристаллизации наплавленного металла. В это время на границе зерен образуется легкоплавкий расплав (эвтектика), разрушающийся под влиянием усадочной деформации. Для оценки склонности к горячим трещинам рассчитывают показатель Уилкинсона H.C.S. по уравнению:

$$HCS = \left(C \frac{S + P + Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) 1000 / (3Mn + Cr + Mo + V) \quad (2)$$

Для сталей ($\sigma_b < 700$ МПа) при $HCS < 4$ горячие трещины не образуются.

$$HCS = \left(0,12 \cdot \frac{0,04 + 0,035 + 1,1}{25} + \frac{0,3}{100} \right) 1000 / (3 \cdot 1,65 + 0,3) = 2,85$$

Показатель Уилкинсона HCS не превышает значение 4, поэтому сталь не склонна к образованию горячих трещин.

2.3 Выбор типа соединения

Термины и определения основных понятий по сварке металлов устанавливает ГОСТ 2601–84. Сварные соединения подразделяются на несколько типов, определяемых взаимным расположением свариваемых деталей. Основными из них являются стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные и торцовые соединения. Для образования этих соединений и обеспечения требуемого качества должны быть заранее подготовлены кромки элементов конструкций, соединяемых сваркой. Формы подготовки кромок для ручной дуговой сварки стали и сплавов на железоникелевой и никелевой основе установлены ГОСТ 5264–80.

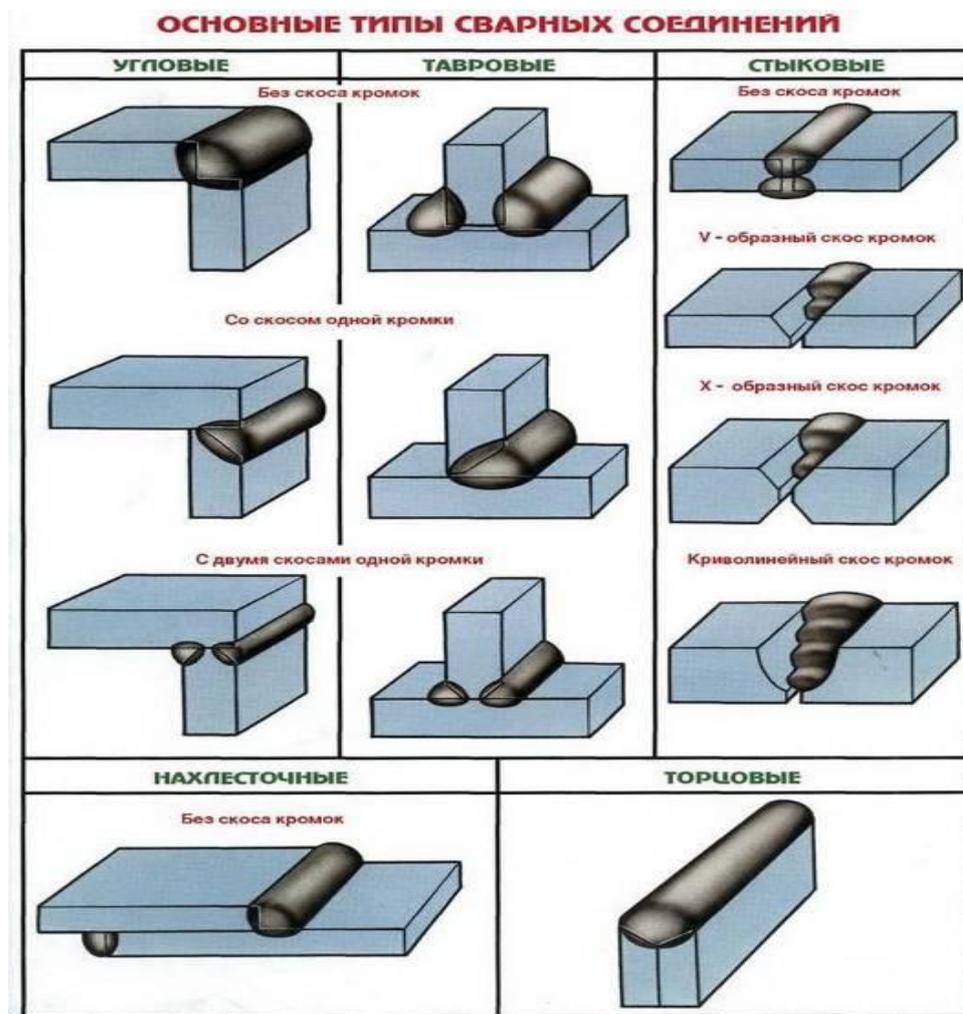


Рисунок 4 - Виды сварных соединений

Стыковым соединением называют соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцевыми поверхностями.

ГОСТ 5264–80 предусмотрено 32 типа стыковых соединений, условно обозначенных С1, С2, С28 и т.д., имеющих различную подготовку кромок в зависимости от толщины, расположения свариваемых элементов, технологии сварки и наличия оборудования для обработки кромок. При большой толщине металла ручной сваркой невозможно обеспечить проплавление кромок на всю толщину, поэтому делают разделку кромок, т.е. скос их с двух или одной стороны. Кромки скашивают на строгальном станке или термической резкой (плазменной, газокислородной). Общий угол скоса $(50 \pm 4)^\circ$. При этом должна быть выдержана величина притупления (нескошенной части) и зазор, величины которых установлены стандартом в зависимости от толщины металла.

При подготовке кромок стали толщиной 8–120 мм. Обе кромки свариваемых элементов скашивают с двух сторон на угол $(25\pm 2)^\circ$ каждую, при этом общий угол скоса составляет $(50\pm 4)^\circ$, притупление и зазор устанавливаются стандартом в зависимости от толщины стали. Такая подготовка называется двусторонней со скосом двух кромок. При этой подготовке усложняется обработка кромок, зато резко уменьшается объем наплавленного металла по сравнению с односторонней подготовкой. Стандартом предусмотрено несколько вариантов двусторонней подготовки кромок: подготовка только одной верхней кромки, применяемая при вертикальном расположении деталей, подготовка с неравномерным по толщине скосом кромок и др.

Угловым соединением называют соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев. Таких соединений насчитывается 10: от У1 до У10.

Для толщины металла 3 – 60 мм кромку примыкающего элемента скашивают под углом $(45\pm 2)^\circ$, сварной шов основной и подварочный. При этой же толщине и сквозном проваре можно обойтись без подварочного шва. Часто применяют угловое соединение со стальной подкладкой, которая обеспечивает надежный провар элементов по всему сечению. При толщине металла 8–100 мм применяют двустороннюю разделку примыкающего элемента под углом $(45\pm 2)^\circ$.

Тавровое соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом 90° и приварен угловыми швами к боковой поверхности другого элемента. Стандартом предусмотрено несколько типов таких соединений: с Т1 по Т9. Распространенным является соединение, для металла толщиной 2–40 мм. Для такого соединения никакого скоса кромок не делают, а обеспечивают ровную обрезку примыкающего элемента и ровную поверхность другого элемента.

При толщине металла 3–60 мм и необходимости сплошного шва между элементами, что предусматривается проектом конструкции, в примыкающем элементе, делают разделку кромок под углом $(45\pm 2)^\circ$. На практике часто применяют тавровое соединение с подкладкой пластиной при толщине стали 8–30 мм, а также соединение с двусторонним скосом кромок примыкающего

элемента при толщине стали 8–40 мм. Все эти соединения со скосом кромок примыкающего элемента обеспечивают получение сплошного шва и наилучшие условия работы конструкций

Нахлесточным соединением называют сварное соединение, в котором сваренные угловыми швами элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга. Стандартом предусмотрено два таких соединения: Н1 и Н2. Применяют иногда разновидности нахлесточного соединения: с накладкой и с точечными швами, соединяющими части элементов конструкции.

Из перечисленных сварных соединений наиболее надежными и экономичными являются стыковые соединения, в которых действующие нагрузки и усилия воспринимаются так же, как в целых элементах, не подвергавшихся сварке, т.е. они практически равноценны основному металлу, конечно, при соответствующем качестве сварочных работ. Однако надо иметь в виду, что обработка кромок стыковых соединений, и их подгонка под сварку достаточно сложны, кроме того, применение их бывает ограничено особенностями формы конструкций. Угловые и тавровые соединения также распространены в конструкциях. Нахлесточные соединения наиболее просты в работе, так как не нуждаются в предварительной разделке кромок, и подготовка их к сварке проще, чем стыковых и угловых соединений. Вследствие этого, а также из-за конструктивной формы некоторых сооружений они получили распространение для соединения элементов небольшой толщины, но допускаются для элементов толщиной до 60 мм. Недостатком нахлесточных соединений является их неэкономичность, вызванная перерасходом основного и наплавленного металла. Кроме того, из-за смещения линии действия усилий при переходе с одной детали на другую и возникновения концентрации напряжений снижается несущая способность таких соединений.

Кроме перечисленных сварных соединений и швов при ручной дуговой сварке применяют соединения под острыми и тупыми углами по ГОСТ 11534–75, но они встречаются значительно реже. Для сварки в защитном газе, сварки алюминия, меди, других цветных металлов и их сплавов применяют сварные

соединения и швы, предусмотренные отдельными стандартами. Например, форма подготовки кромок и швов конструкций трубопроводов предусмотрена ГОСТ 16037–80, в котором определены основные размеры швов для различных видов сварки.

В выпускной квалификационной работе рассматривается технология сварки нахлесточных соединений пластин толщиной 10-60 мм ручной дуговой сваркой штучными электродами и механизированной сваркой под слоем флюса.

2.4 Выбор способа сварки

Элементы данной конструкции свариваются в цеху. Эти условия будем учитывать при выборе способа сварки металлоконструкций. Выбор того или иного способа сварки в каждом конкретном случае должен производиться с учетом ряда факторов, главными из которых являются:

- свойства свариваемого металла;
- толщина металла;
- габариты конструкции;
- экономическая эффективность.

Ручную дуговую сварку следует применять при сборке ремонтных деталей, заварке коррозионных повреждений, а также при выполнении ремонта вспомогательных конструкций и в труднодоступных для механизированной сварки зонах конструктивных элементов.

Механизированную сварку под флюсом следует применять при ремонте крупных больших объемов сварочных работ в нижнем положении, например, при полной замене (сборке) соединения строительных конструкций.

2.5 Выбор сварочных материалов

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

2 мм. Равнопрочность соединения достигается за счет подбора соответствующих составов флюсов и электродных проволок и выбора режимов и техники сварки. При сварке низкоуглеродистых сталей в большинстве случаев применяют флюсы марок АН-348-А и ОСЦ-45 и низкоуглеродистые электродные проволоки марок Св-08 и Св-08А. При сварке ответственных конструкций, а также ржавого металла рекомендуется использовать электродную проволоку марки Св-08ГА [1, с.224].

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

В конструкциях из низкоуглеродистых и низколегированных сталей наряду со сваркой с разделкой кромок широко применяется сварка стыковых швов и швов без разделки кромок. Увеличение доли основного металла шва, характерное для этого случая, и некоторое увеличение содержания в нем углерода могут повысить прочностные свойства и понизить пластические свойства металла шва.

Согласно [2] для сварки нашего соединения выбираем стальную сварочную проволоку марки Св-08ГСМТ и флюс марки АН-60.

Таблица 4 - Химический состав стальной сварочной проволоки (ГОСТ 2246-60)

Марка проволоки	Химический состав в %							
	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Прочие элементы
Св-08ГСМТ						не более		
	≤0,10	1,00-1,30	0,40-0,70	≤0,30	≤0,30	0,03	0,03	Mo 0,20-0,40 Ti 0,05-0,12

Флюс марки АН-60 по ГОСТ 9087-81 является кислым флюсом марганцево-силикатного типа. Легируют металл шва кремнием и марганцем, поэтому могут применяться в сочетании с бескремистыми сварочными проволоками марок СВ-08, СВ-08 ГА, S1, S2 и др. Рекомендуется для механизированной сварки и наплавки конструкций из низкоуглеродистых низколегированных и низколегированных сталей широкого назначения нелегированными и низколегированными сварочными проволоками при температурах эксплуатации конструкции до минус 40°С, при необходимости обеспечения качественного формирования поверхности швов на повышенных скоростях сварки.

Характеристика флюса:

Насыпная плотность, г/см³ - 0,9 ÷ 1,2.

Содержание инородных частиц (не растворившихся частиц сырьевых материалов, футеровки, угля, графита, кокса, металлических частиц и др.), % - не более 0,3

Содержание белых непрозрачных зерен, % - не более 10

Размер зерен, мм <0,35 - не более 3, >4,0 - не более 3

Влажность флюса, % - не более 0,05

Цвет зерен - от светло-серого до желтого и светло-коричневого цвета всех оттенков.

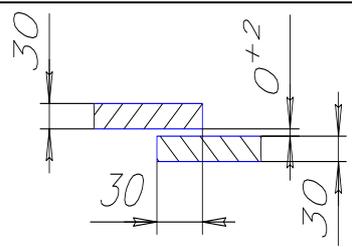
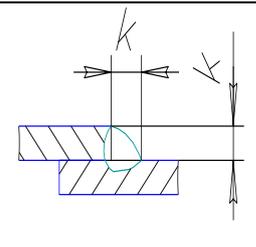
При влажности, превышающей допустимую, флюс перед употреблением подвергают сушке при температуре 200-250°С - не менее 2 часов.

Таблица 5 - Химический состав флюса

Химический состав флюса АН-60, %	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	CaF ₂	S	P
	42-46	0,9	6	10	3	36-41	5-9	0,05	0,05

2.6 Расчет параметров сварки

Таблица 6 - Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами по ГОСТ 5264-80

Условное обознач. сварного соединения	Конструктивные размеры		S	B	B	
	Подготовка сварных деталей	Подготовка сварного шва			Номин. отклонение	Предел. отклонение
Н1	 <p>$S_1 > 2$</p>		св 29 до 60	30,0 ± 240,0	0	+2,0

Определение режима ручной дуговой сварки обычно начинают в зависимости от толщины свариваемого материала. Из практических рекомендаций по выбору d_3 на [1, с. 180] для нахлесточного соединения пластин из стали 10Г2С1Д толщиной 30 мм выбираем диаметр электрода $d_3 = 4$ мм.

При сварке угловых и нахлесточных соединений, как правило, за один проход выполняют швы катетом не более 8-9 мм. При необходимости выполнения шва с большим катетом применяется сварка за два прохода и более. При определении числа прохода следует иметь в виду, что максимальное поперечное сечение металла, наплавленного за один проход, не должно превышать 30-40 мм². Для определения числа проходов при сварке угловых и нахлесточных соединений общая площадь поперечного сечения наплавленного металла может быть вычислена по формуле:

$$F_H = k_y \times k^2 / 2, \quad (3)$$

где F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм;

k_y – коэффициент увеличения, учитывающий наличие зазоров и выпуклость шва;

к - катет шва, мм.

Значения k_y – выбирают в зависимости от катета шва $k_y=1,25$ [1,с. 181].

$$F_H = k_y \times k^2 / 2 = (1,25 \times 8^2) / 2 = 40 \text{ мм}^2$$

Сила сварочного тока при ручной дуговой сварке может быть определена в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока:

$$I_{св} = \pi \times d_э^2 / 4 \times j, \quad (4)$$

где $d_э$ – диаметр электрода, мм;

j – допускаемая плотность тока для электрода диаметром 4 мм составляет в соответствии с [1, с. 182] составляет 10 А/мм².

Отсюда

$$I_{св} = \pi \times d_э / 4 \times j = ((3,14 \times 4^2) / 4) \times 10 = 125 \text{ А}$$

Напряжение дуги можно определить из соотношения:

$$U_d = 20 + 50 \times 10^{-3} / \sqrt{d_э} \times I_{св} \quad (5)$$

$$U_d = 20 + ((50 \times 10^{-3}) / \sqrt{4}) \times 125 = 23 \text{ В}$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = (\alpha_n \times I_{св}) / (3600 \times \gamma \times F_H), \quad (6)$$

где $\alpha_n=9,5$ - коэффициент наплавки, г/А ч [4,с.18,табл.9];

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

$$V_{св} = (9,5 \times 125) / (3600 \times 7,8 \times 0,4) = 0,11 \text{ см/с} = 3,96 \text{ м/ч}$$

Погонная энергия:

$$g_{п} = I_{св} \times U_d \times \eta_{и} / V_{св}, \quad (7)$$

где $I_{св}$ - сварочный ток;

U_d - напряжение;

$V_{св}$ - скорость сварки;

$\eta_{и}=0,75$ – эффективный КПД для дуговых методов.

$$g_{п} = (125 \times 23 \times 0,75) / 0,11 = 19,6 \text{ кДж/см} = 4704 \text{ кКалл/см}$$

Определим число проходов

Площадь наплавки углового шва можно определить как

$$S = \frac{a \cdot b}{2}, \quad (8)$$

$$S = (30 \times 30) / 2 = 450 \text{ мм}^2$$

Отсюда число проходов составляет

$$n = 450 / 40 = 11,25 = 11$$

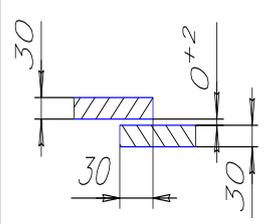
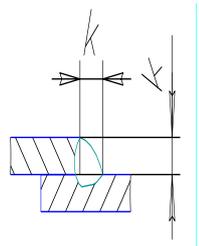
Расстояние до изотермы плавления:

$$r = 0.0112 \times \sqrt{q_n},$$

где q_n - погонная энергия.

$$r = 0.0112 \times \sqrt{4704} = 0,77 \text{ см}$$

Таблица 7 - Для сварки под флюсом ГОСТ 8713-79

Условное обознач. сварного соединения	Конструктивные размеры		Способ сварки	В		В	S
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения		Ном. отклонение	Пред. отклонение		
Н1	 <p>*Размер для справоч S1>S</p>		ИП, УП	0	+2	30,0 ± 240,0	30,0 ± 60,0

Для сварки под флюсом пластин толщиной 30 мм принимаем диаметр сварочной проволоки $d_s = 3 \text{ мм}$. Катет шва $K = 7 \text{ мм}$.

Площадь наплавленного металла:

$$F_n = K^2 / 2,$$

где K - катет шва, мм;

$$F_H = 7^2/2 = 0,25 \text{ см}^2$$

Сила сварочного тока $I_{\text{св}}$:

$$I_{\text{св}} = \pi \times d_3^2/4 \times j,$$

где d_3 – диаметр электрода, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм² [1, с. 196].

$$I_{\text{св}} = ((3,14 \times 3^2)/4) \times 45 = 318 \text{ А}$$

Напряжение дуги:

$$U_d = 20 + 50 \times 10^{-3} / \sqrt{d_3} \times I_{\text{св}},$$

$$U_d = 20 + ((50 \times 10^{-3}) / \sqrt{3}) \times 318 = 29 \text{ В.}$$

Скорость сварки:

$$V_{\text{св}} = (\alpha_H \times I_{\text{св}}) / (3600 \times \gamma \times F_H),$$

где α_H - коэффициент наплавки, г/А ч;

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

Так как при сварке под флюсом потери металла составляют 2-3%, то

$$\alpha_H \approx \alpha_p.$$
$$\alpha_p = 6,3 + ((70,2 \times 10^{-3}) / (d_3^{1,035})) \times I_{\text{св}}, \quad (9)$$

$$\alpha_p = 6,3 + ((70,2 \times 10^{-3}) / (3^{1,035})) \times 318 = 13,46 \text{ г/А ч}$$
$$V_{\text{св}} = (13,46 \times 318) / (3600 \times 7,8 \times 0,25) = 0,61 \text{ см/с} = 21,96 \text{ м/ч}$$

Погонная энергия:

$$g_{\text{п}} = I_{\text{св}} \times U_g \times \eta_{\text{п}} / V_{\text{св}},$$

где $I_{\text{св}}$ - сварочный ток;

U_g - напряжение;

$V_{\text{св}}$ - скорость сварки;

$\eta_{и}=0,85 \div 0,95$ – эффективный КПД для дуговых методов под флюсом.

$$g_{п}=(318 \times 29 \times 0,85)/0,61=12,85 \text{ кДж/см}=3084 \text{ кКалл/см}$$

Глубина провара:

$$H=A \times \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{пр}}}, \quad (10)$$

где $A=0,0156$ для сварки под флюсом.

$$\Psi_{пр}=K \times (19-0,01 \times I_{св}) \times \frac{d_3 \times U_d}{I_{св}}, \quad (11)$$

где K – коэффициент проплавления.

$$\begin{aligned} K &= 0,367 \times i^{0,1925}, \\ K &= 0,367 \times 45^{0,1925} = 0,763 \\ \Psi_{пр} &= 0,763 \times (19-0,01 \times 318) \times \frac{3 \times 29}{318} = 3,3 \\ H &= 0,0156 \times \sqrt{\frac{3084}{3,3}} = 0,48 \text{ см} \end{aligned}$$

Высота валика:

$$\begin{aligned} q &= \sqrt{F_n}, \quad (12) \\ q &= \sqrt{0,18} = 0,42 \text{ см} \end{aligned}$$

Величина проплавления вертикальной стенки:

$$\begin{aligned} S_B &= (0,8-1,0) \times H, \quad (13) \\ S_B &= 1 \times 0,48 = 0,48 \text{ см} \end{aligned}$$

Ширина валика:

$$\begin{aligned} e &= F_n / 0,73 \times q, \quad (14) \\ e &= 0,25 / 0,73 \times 0,42 = 0,82 \text{ см} \end{aligned}$$

Общая высота шва:

$$C = H + q, \quad (15)$$

$$C = 0,48 + 0,42 = 0,9 \text{ см}$$

Мгновенная скорость охлаждения металла в околошовной зоне:

$$\omega_0 = \omega \cdot 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{(T - T_0)^2}{q_n}, \quad (16)$$

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

λ – теплопроводность, Вт/см*⁰С;

$c\rho$ – объёмная теплоемкость, Дж/см³*⁰С;

T_0 – начальная температура изделия, ⁰С;

T – температура наименьшей устойчивости аустенита, ⁰С.

Для большинства низкоуглеродистых и низколегированных сталей:

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

$T=550-600$ ⁰С ; $T_0=25$ ⁰С

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

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

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

$$\omega_0 = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,39 \cdot \frac{(600 - 20)^2}{12850} = 64,12 \text{ } ^\circ\text{C/C}$$

Расчёт химического состава шва, физических характеристик металла шва.

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

$$R_{ш} = R_0 \cdot \gamma + (1 - \gamma) \cdot R_э, \quad (17)$$

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

R_0 – содержание того же элемента в основном металле, %;

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

R_s – содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленном данной маркой электродов или сварочной проволоки, %;

γ - доля участия основного металла в металле шва.

Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

$$H = (0,5-0,7)r, \quad (18)$$

$$H = 0,5 \times 0,77 = 0,385 \text{ см}$$

Графически определяем γ :

$$\gamma = 0,68$$

Определяем химический состав для сварки покрытыми электродами:

$$[C]: R_{ш} = 0,12 \times 0,68 + (1-0,68) \times 1,1 = 0,434$$

$$[Cr]: R_{ш} = 0,3 \times 0,68 = 0,204$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,8 \times 0,68 + (1-0,68) \times 0,25 = 0,63$$

$$[Mn]: R_{ш} = 1,3 \times 0,68 + (1-0,68) \times 0,7 = 1,1$$

$$[Cu]: R_{ш} = 0,15 \times 0,68 = 0,102$$

$$[N]: R_{ш} = 0,3 \times 0,68 = 0,24$$

$$[S]: R_{ш} = 0,035 \times 0,68 + (1-0,71) \times 0,04 = 0,037$$

$$[P]: R_{ш} = 0,035 \times 0,68 + (1-0,71) \times 0,04 = 0,037$$

Определение механических характеристик для сварки покрытыми электродами:

для предела прочности шва, кгс/мм²

$$\sigma_{в.ш} = 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 23,9Cr + 17,6Cu,$$

$$\sigma_{в.ш} = 4,8 + 21,7 + 27,72 + 11,03 + 4,88 + 1,8 = 71,92 \text{ кгс/мм}^2 = 719,2 \text{ МПа}$$

для относительного удлинения шва, %

$$\delta_{ш} = 50,4 - [21,8C + 15Mn + 4,9Si + 5,8Cr + 6,2Cu],$$

$$\delta_{ш} = 50,4 - [9,46 + 16,5 + 4,09 + 1,18 + 0,63] = 19,54 \%$$

для ударной вязкости шва при $T=20^0 \text{ C}$, кгс \times м/см²

$$\alpha_{н.ш} = 23,3 - [25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 2,4Cr + 4Cu],$$

$$\alpha_{н.ш} = 23,3 - [9,38 + 7,21 + 5,38 + 0,51 + 0,42] = 0,4 \text{ кгс} \times \text{м/см}^2$$

для предела текучести шва

$$\begin{aligned}\sigma_{т.ш} &= 0,73\sigma_{в.ш}, & (19) \\ \sigma_{т.ш} &= 0,73 \times 719,2 = 525 \text{ МПа}\end{aligned}$$

для относительного поперечного сужения

$$\begin{aligned}\psi_{ш} &= 2,32\delta_{ш}, & (20) \\ \psi_{ш} &= 2,32 \times 19,54 = 45,3 \%\end{aligned}$$

Для сварки под флюсом.

Графически определяем γ :

$$\gamma = 0,76$$

Определяем химический состав для сварки пол флюсом:

$$\begin{aligned}[\text{C}]: \quad R_{ш} &= 0,12 \times 0,76 + (1-0,76) \times 1,0 = 0,331 \\ [\text{Cr}]: \quad R_{ш} &= 0,3 \times 0,76 + (1-0,76) \times 0,3 = 0,3 \\ [\text{Si}]: \quad R_{ш} &= 0,8 \times 0,76 + (1-0,76) \times 0,4 = 0,704 \\ [\text{Mn}]: \quad R_{ш} &= 1,3 \times 0,76 + (1-0,76) \times 1,0 = 1,228 \\ [\text{Ni}]: \quad R_{ш} &= (1-0,76) \times 0,3 = 0,036 \\ [\text{Cu}]: \quad R_{ш} &= 0,76 \times 0,15 = 0,114 \\ [\text{N}]: \quad R_{ш} &= 0,76 \times 0,3 = 0,228 \\ [\text{Mo}]: \quad R_{ш} &= (1-0,76) \times 0,20 = 0,048 \\ [\text{Ti}]: \quad R_{ш} &= (1-0,76) \times 0,05 = 0,012 \\ [\text{S}]: \quad R_{ш} &= (1-0,76) \times 0,03 = 0,007 \\ [\text{P}]: \quad R_{ш} &= (1-0,76) \times 0,03 = 0,007\end{aligned}$$

Определение механических характеристик шва для сварки под флюсом:

для предела прочности шва, кгс/мм²

$$\sigma_{в.ш} = 4,8 + 50\text{C} + 25,2\text{Mn} + 17,5\text{Si} + 23,9\text{Cr} + 7,7\text{Ni} + 70\text{Ti} + 17,6\text{Cu} + 16,8\text{Mo},$$

$$\sigma_{в.ш} = 4,8 + 16,55 + 30,94 + 12,32 + 7,17 + 0,277 + 0,84 + 2,01 + 0,81 = 757,17 \text{ МПа}$$

для относительного удлинения шва, %

$$\delta_{ш} = 50,4 - [21,8\text{C} + 15\text{Mn} + 4,9\text{Si} + 2,4\text{Ni} + 5,8\text{Cr} + 6,2\text{Cu} + 6,6\text{Ti}] + 2,7\text{Mo},$$

$$\delta_{ш} = 50,4 - [7,22 + 18,42 + 3,45 + 0,086 + 1,74 + 0,7 + 0,08] + 0,13 = 18,83 \%$$

для ударной вязкости шва при $T=20^{\circ}\text{C}$, кгс \times м/см²

$$\alpha_{ч.ш} = 23,3 - [25,7\text{C} + 6,4\text{Mn} + 8,4\text{Si} + 2,4\text{Cr} + 1,6\text{Ni} + 4\text{Cu} + 1,4\text{Mo} + 15,4\text{Ti}],$$

$$\alpha_{н.ш}=23,3-[7,51+7,85+4,9+0,72+0,05+0,45+0,067+0,48]= 4,5 \text{ МПа}$$

для предела текучести шва

$$\sigma_{т.ш}=0,73\sigma_{в.ш} ,$$

$$\sigma_{т.ш}=0,73 \times 757=552,6 \text{ МПа}$$

для относительного поперечного сужения

$$\psi_{ш}=2,32\delta_{ш} ,$$

$$\psi_{ш}=2,32 \times 18,83=43,7 \%$$

Расход сварочных материалов

Расход электродов для ручной дуговой сварки определяется по формуле:

$$G_{э} = G_{н} \cdot (1.6-1.8), \quad (21)$$

где $G_{э}$ – масса электродов;

$G_{н}$ - масса наплавленного металла.

$$G_{н} = \gamma \cdot F_{н} \cdot l_{шв} , \quad (22)$$

$$G_{н} = 7,8 \cdot 0,4 \cdot 150 = 468 \text{ г.}$$

Масса электродов

$$G_{э} = (1.6-1.8) \cdot 468 = 748,8-842,4 \text{ г.}$$

Расход электродов -0,84 кг на 1,5 м шва.

Расход электродной проволоки при автоматической сварке под флюсом:

$$G_{эл} = G_{н} \cdot K_{п}, \quad (23)$$

где $G_{эл}$ – масса электродной проволоки;

$K_{п} = 1,03$ -коэффициент, учитывающий неизбежные потери электродной проволоки при наладке оборудования, не использовании концов проволоки в бухте.

$$G_{н} = 7,8 \cdot 0,25 \cdot 150 = 292,5 \text{ г.}$$

$$G_{эл} = 292,5 \cdot 1,03 = 301,3 \text{ г.}$$

Расход флюса определяется опытным путем. Для ориентировочных расчетов расход флюса может быть принят 1,2-1,4 от массы расходуемой электродной проволоки.

$$G_{ф} = (1,2-1,4) \cdot G_{эл};$$

$$G_{ф} = 1,3 \cdot 301,3 = 391,7 \text{ г.}$$

2.7 Выбор сварочного оборудования

При дуговой сварке под флюсом сварочная дуга имеет возрастающую вольт – амперную характеристику, т.к. при больших плотностях тока рост площади активных пятен ограничен торцами электродов, поэтому увеличение канавок не происходит или напряжение с ростом тока увеличивается. Поскольку каждому виду дуговой сварки свойственен определенный вид внешней характеристики, то требования к источникам питания будут разные. При больших плотностях тока для сварки под флюсом вольт – амперная характеристика возрастающая, при этом статическая устойчивость системы «источник дуга» может быть обеспечена как при падающей, так и при жесткой и дальше возрастающей внешней характеристики источника. Рациональнее использовать источник питания с жесткой, либо пологопадающей характеристикой.

Источник питания сварочной дуги должен отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую для данного технологического процесса силу тока дуги и напряжение дуги;

- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;
- иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания.

При автоматической сварке под слоем флюса с саморегулированием дуги, когда вольтамперная характеристика дуги жесткая, внешняя характеристика источника питания, для повышения интенсивности саморегулирования, должна быть пологопадающей.

Источник питания для ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Для ручной дуговой сварки электродами УОНИ-13/55 выбираем источник питания ВД-306.



Таблица 8 - Основные параметры сварочного универсального выпрямителя ВД -306

Параметры	ВД-306
Номинальный сварочный ток, А	315
Номинальный режим работы, ПН, %	60
Продолжительность цикла сварки, мин	5
Номинальное рабочее напряжение, В	28
Напряжение холостого хода, В, не более	70
Пределы регулирования сварочного тока, А	30-200
Первичная мощность, кВт*А, не более	15
КПД, %, не менее	60
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	510×560×660
Масса, кг, не более	104

Аппараты представленного типа нашли широкое применение, как в области промышленности, так и в бытовой сфере деятельности. Критерием выбора такого прибора служит ряд преимуществ, присущих ограниченному числу сварочников. Среди них:

- бесперебойная работа, вне зависимости от значения напряжения сети. Падение напряжения не сказывается на выходных параметрах аппарата;
- возможность подключения оборудования к промышленной или бытовой сети;
- конструкция защитного кожуха позволяет проводить эксплуатацию данного аппарата в широком диапазоне температур;
- компактный размер;
- простота обслуживания;
- защита от спонтанных перепадов напряжения;
- система охлаждения с принудительной циркуляцией воздуха;
- функция плавной настройки выходного тока.

Переключение диапазонов осуществляется за счет соединения первичных и вторичных обмоток трансформатора «треугольник-треугольник» (диапазон больших токов) или «звезда-звезда» (диапазон малых токов). Такой способ получения двух диапазонов обеспечивает изменение сварочного тока в 3 раза без

дополнительного расхода активных материалов. Плавное регулирование тока внутри диапазона производится за счет изменения расстояния между катушками обмоток трансформатора.

Источник питания ВД-306 выполнен по трехфазной мостовой системе выпрямления, состоит из шести кремниевых вентиляей. Вентиляция – воздушная принудительная. Выпрямитель ВД-306 имеет защиту, отключающую его от сети при выходе из строя одного из вентиляей выпрямительного блока или при пробое на корпус вторичной обмотки трансформатора, состоящую из магнитного усилителя, трансформатора и реле.

Источник питания для сварки под флюсом.

Для сварки под флюсом выбираем сварочный выпрямитель ВДУ-1201.

Выпрямитель предназначен для сварки в среде защитных газов и под флюсом, сварки порошковой проволокой на автоматах с зависимой и не зависимой от напряжения дуги скоростью подачи электродной проволоки. Сварочный выпрямитель собран по шестифазной кольцевой схеме выпрямления с использованием тиристоров Т-500. Система фазового управления тиристорами построена аналогично схеме выпрямителя ВДУ-504-1, однако устройство формирования управляющих импульсов имеет в данном случае дополнительно три разделительных импульсных трансформатора, а ограничение амплитуды и ширины импульса управления производится с помощью конденсаторов. При работе на падающих внешних характеристиках действует обратная связь по току, причем в качестве датчика тока применен операционный усилитель. При работе на жестких внешних характеристиках действует обратная связь по напряжению и току. Для сглаживания выпрямленного напряжения и улучшения сварочных качеств выпрямитель снабжен дросселем в сварочной цепи.

Таблица 9 - Основные параметры сварочного универсального выпрямителя ВДУ-1201

Параметры	ВДУ-1201
Номинальный сварочный ток, А	1200
Номинальный режим работы, ПВ, %	60
Напряжение холостого хода, В, не более	80
Номинальное рабочее напряжение, В при работе на характеристиках: жестких падающих	50 46
Пределы регулирования сварочного тока, А при работе на характеристиках: жестких падающих	60-500 50-500
Пределы регулирования рабочего напряжения, В, при работе на характеристиках: жестких падающих	18-50 22-46
Первичная мощность, кВ*А, не более	10
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	790×670×880
Масса, кг, не более	300

Автоматическую сварку под флюсом следует применять при ремонте крупных больших объемов сварочных работ в нижнем положении, например, при полной замене (сборке) соединения строительных конструкций.

2.8 Подготовительные операции

Очистка

Очистку применяют для удаления с поверхности металла средств консервации, загрязнений, смазочно-охлаждающих жидкостей, ржавчины, окалины, заусенцев, шлака, затрудняющих процесс сварки, вызывающих дефекты сварных швов и препятствующих нанесению защитных покрытий. Для очистки проката, деталей и сварных узлов применяют механические и химические методы.

К механическим методам относятся способы очистки: дробеструйная: дробеметная, на зачистных станках, в галтовочных барабанах, с помощью ручных

пневматических и электрических машин. К химическим методам относится обезжиривание и травление, выполняемые ванным или струйным способами.

Дробеструйный и дробеметный способы применяют для очистки листового и профильного проката и сварных узлов от окалины, ржавчины и загрязнений при толщине металла 3 мм и более. При дробеструйном и дробеметном способах очистки дробь выбрасывается с большой скоростью на очищаемую поверхность и, ударяясь о металл, удаляет имеющиеся на нем загрязнения, ржавчину и окалину. Дробеструйная очистка осуществляется дробеструйными аппаратами, которые выбрасывают дробь на очищаемую поверхность через сопло с помощью сжатого воздуха. В дробеметных аппаратах дробь выбрасывается лопатками ротора в результате центробежной силы. Дробеструйную и дробеметную очистку производят в камерах, в которых установлены очистные аппараты, оборудование для размещения и транспортировки очищаемых изделий, устройства для сбора, сепарации (очистки), возврата дроби и для вытяжки загрязненного воздуха.

Дробеструйная очистка с применением беспыльных дробеструйных аппаратов не требует специальных камер. Однако этот метод менее производителен по сравнению с обычной дробеструйной очисткой в камерах. Дробеметная очистка по сравнению с дробеструйной более производительна, обеспечивает полную механизацию процесса и улучшение условий труда. После дробеметной и дробеструйной очистки прокат обычно подвергают пассивированию или грунтовке для предохранения от ржавления в процессе изготовления сварных конструкций.

Для зачистки деталей сварных конструкций применяют универсальные точильно-шлифовальные станки, специализированные станки и галтовочные барабаны.

Резка

Применяем кислородную резку

Кислородной резкой называют способ разделения металла, основанный на использовании для его нагрева до температуры воспламенения теплоты газового пламени и экзотермической реакции окисления металла, а для удаления окислов — кинетической энергии струи режущего кислорода. Кислородную резку

наиболее широко применяют в машиностроении, судостроении, металлургии, при выполнении монтажных и строительных работ. Чаще всего резке подвергают черные металлы и сплавы титана в виде листового и фасонного проката, прибылей литья, труб, поковок и отливок. Поверхностную резку применяют для удаления дефектов на литье и прокате, выплавки корня шва и образования канавок. С х е м а п р о ц е с с а р е з к и . Процесс разделительной кислородной резки схематично представлен на рис. 5. Подогревающее пламя нагревает поверхностные слои металла, которые затем контактируют со струей чистого кислорода и окисляются.

Выделяющаяся при этом теплота совместно с теплотой подогревающего пламени постоянно нагревает за счет теплопроводности металл впереди резака до температуры его воспламенения в кислороде, обеспечивая непрерывность процесса. Под действием кинетической энергии струи кислорода слой окислов, а также частично жидкий металл удаляются из разреза. На поверхности реза остаются характерные линии отставания, представляющие собой чередующиеся выступы и впадины глубиной в десятые доли миллиметра.

Кислородная резка — совокупность взаимосвязанных тепловых, физико-химических и газогидродинамических процессов.

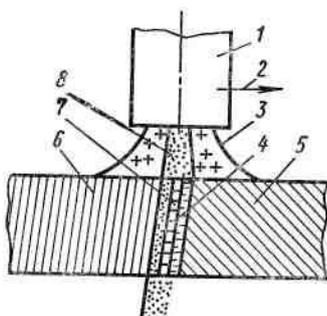
Температуру жидкого металла и шлака непосредственно в разрезе не вычисляют из-за отсутствия надежных методов и значений необходимых теплофизических характеристик металла.

Источником теплоты при резке служит подогревающее пламя резака и экзотермическая реакция окисления железа и примесей стали. В зависимости от толщины стали изменяются доли их участия в тепловом балансе: чем меньше толщина разрезаемого металла, тем больше роль подогревающего пламени (при толщине 5 мм до 80% общего количества теплоты, выделяемой при резке, при толщине >50 мм — только до 10%).

Эффективная тепловая мощность источника тепла при резке, определенная экспериментально, зависит от толщины стали, мощности пламени и скорости

резки. Для стали толщиной 10—20 мм она составляет 1,5—2 ккал/с, толщиной 10—50 мм — 3—4 ккал/с.

Скорость процесса резки ограничивается скоростью диффузии кислорода из ядра струи через загрязненный слой, а также процессами турбулентного (или близко к турбулентному) переноса железа и кислорода в шлаковом расплаве. Для увеличения производительности резки необходимо интенсифицировать доставку кислорода к жидкому металлу.



1 — мундштук; 2 — направление резки; 3 — подогревающее пламя; 4 — жидкий металл; 5 — разрезаемый металл; 6 — линии отстаивания; 7 — слой окислов; 8 — струя кислорода

Рисунок 5 - Схема процесса резки

Слесарная операция

Производится зачистка кромок реза заготовки. Притупить острые кромки.

В качестве инструмента применяем машину ручную шлифовальную ИП-2415, круг шлифовальный. Металлическую щетку.

Далее проводим разделку кромок.

Выполнить разделку кромок под сварку: тавровый шов по ГОСТ 14771-76. Зачистить заготовки до чистого металла в местах разделки под сварной шов, с обеих сторон листа, на ширину не менее 40 мм от кромки. Машина фаскосъемная SRF 63-15, машина ручная шлифовальная ИП-2415, круг шлифовальный ГОСТ 2424-83, линейка 300, 1000 ГОСТ 427-75, металлическая щетка, шаблон сварщика УШС 3 ТУ 102-338-83.

Правка

Правка необходима для выправления проката до его обработки и заготовок после вырезки и производится путем пластического изгиба или растяжения материала. По принципу действия оборудование для правки разделяется на ротационные машины, прессы и растяжные правильные машины. К ротационным машинам относятся листоправильные многовалковые и сортоправильные многоваликовые машины. Для правки используют прессы: винтовые, гидравлические колонные, гидравлические с передвижным порталом, гидравлические и кривошипные горизонтальные, гидравлические и кривошипные одностоечные.

Листоправильные многовалковые машины предназначены для правки листового проката и листовых заготовок. Правка осуществляется между двумя рядами вращающихся валков, расположенных в шахматном порядке (рис. 6, а, б). Расстояние между нижним и верхним рядами валков регулируют и устанавливают в зависимости от толщины выправляемого листа. При прохождении между валками каждый участок листа получает многократный изгиб в противоположные стороны и выправляется. В зависимости от величины искривлений листа правка производится за один или несколько проходов. Листоправильные многовалковые машины имеют 5—23 валков.

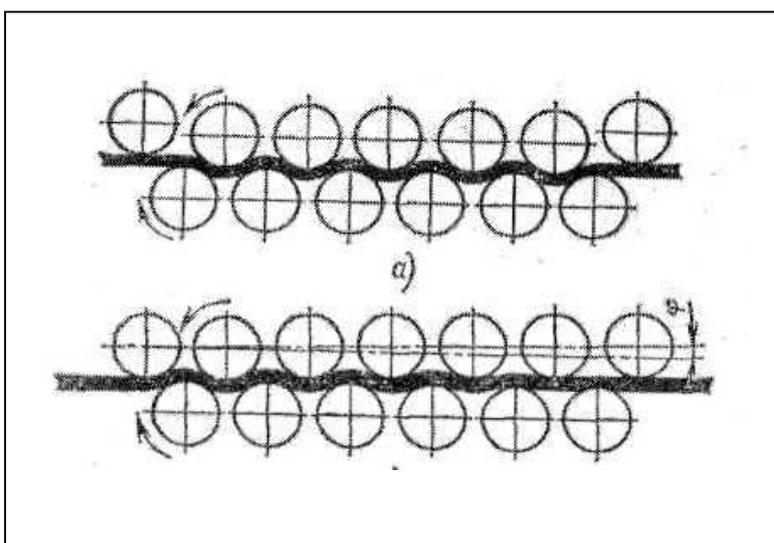


Рисунок 6 - Схема правки

2.9 Технология сборки и сварки

Сварке всегда предшествует сборка конструкции, т.е. установление и фиксация деталей в предусмотренном проекте положении. Сборка под сварку является одной из трудоемких и механизированных операций. Она должна обеспечивать возможность качественной сварки конструкции. Для этого необходимо выдержать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить детали в проектное положение и закрепить между собой так, чтобы взаиморасположение деталей не нарушилось в процессе сварки и кантовки, а если необходимо, - и транспортировки. Должен быть обеспечен свободный доступ к месту сварки. При электрошлаковой сварке деталей, как правило, собирают с расширяющимся к концу шва зазором, что позволяет компенсировать усадку металла шва. В подавляющем большинстве случаев взаимное расположение деталей перед дуговой сваркой фиксируется при помощи коротких прихваток. В ряде случаев, особенно при сварке жестких узлов, прихватки заменяют сплошным швом небольшого сечения (беглым швом), что значительно повышает стойкость металла шва против кристаллизационных трещин и уменьшает вероятность нарушения заданного взаимного расположения деталей в процессе сварки вследствие растрескивания прихваток. Беглый шов сваривают вручную или механизированным способом.

Для скрепления деталей перед сваркой и в процессе нее применяют специальные планки – гребенки, удаляемые по мере формирования шва. Для закрепления деталей широко применяют струбцины, клинья, стяжные уголки и другие механические приспособления. В некоторых случаях при массовом характере производства используют специальные кондукторы, в которых осуществляется сборка и сварка.

Вывод:

Во второй части указан химический состав, механические характеристики стали, произведен расчет склонности к трещинообразованию (холодному, горячему) указан материал для сварки, также указано сварочное оборудование,

применённое в работе, рассмотрены основные типы соединения. Произведен расчет параметров режима сварки, подготовительные работы и сборка.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Жуковский Павел Геннадьевич

Институт	Электронного образования	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов данного проекта (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведение НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов проекта, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	<i>Планирование этапов работы, трудоемкости работы, расчет бюджета</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта</i>	<i>Оценка сравнительной эффективности проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.17
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент				

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Жуковский Павел Геннадьевич		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Предпроектный анализ

Целью экономической части ВКР является анализ процесса с экономической точки зрения.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проекта, оценивается эффективность разработки, анализируются возможные способы исполнения процесса сварки, а также рассчитывается эффективность производства по одному из способов.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результаты могут быть применены в компаниях, которые производят легированную сталь широкого профиля, применяемую в строительстве и машиностроении.

Коррозионностойкая сталь или нержавейка — это сплав, состоящий из железа и углерода, дополнительно обогащенный специальными элементами, придающими ему высокую устойчивость к негативным факторам внешней среды. Основным из таких элементов является хром. В составе нержавеющей стали его содержится не менее 10,5%. Хром, кроме антикоррозионных свойств, придает таким сплавам еще целый ряд положительных характеристик:

- хорошую обрабатываемость методом холодной формовки;
- исключительную прочность;
- способность получать надежные соединения методом сварки;
- возможность долгой эксплуатации без потери своих характеристик;
- привлекательный внешний вид.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Помимо механизированной сварки под флюсом для производства сварных соединений из стали 10Г2С1Д разрешается применять ручную сварку покрытыми электродами и механизированную сварку в среде защитных газов проволокой сплошного сечения.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (24)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 10

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	4	1	0,5	0,4	0,1
2. Удобство в применении	0,2	5	4	2	1	0,8	0,4
3. Возможности проекта	0,15	5	4	2	0,75	0,6	0,3
4. Универсальность	0,1	2	4	5	0,2	0,4	0,5
5. Эффективность применения	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2

Продолжение таблицы 10

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкуренентоспособность	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
3. Цена	0,1	1	3	5	0,1	0,3	0,5
4. Квалифицированные кадры	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
Итого	1	36	34	26	4,2	3,8	2,7
<p><i>Примечание:</i> B_{ϕ} – оценка профессиональных рисков при проведении работ; $B_{\kappa 1}$ – прогнозная оценка профессиональных рисков; $B_{\kappa 2}$ – оценка ретроспективных профессиональных рисков.</p>							

Исходя из полученных данных, можно судить, что технология механической сварки под флюсом для сборки нахлесточных соединений в цеховых условиях эффективнее, чем ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

3.1.3 FAST – анализ

FAST – анализ состоит из шести стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В качестве предмета исследования выбрана сварочный выпрямитель для дуговой сварки ВД-306

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Таблица 11 – Классификация функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1. Сварочный выпрямитель ВД-306	1	Образует сварочную дугу, настройка параметров	X		
2. Универсальная горелка	1	Управление процессом			
3. Газовый баллон	1	Подача газа			
4. Редуктор	1	Регулирование подачи газа			
5. Газовые шланги	1	Подвод газа к горелке			
6. Кабель соединительный 10 м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания		X	
7. Зажим на деталь с кабелем 5 м	1	Крепление детали		X	
8. Кулер	1	Охлаждение			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф., в основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Для начала необходимо построить матрицу смежности функций, в которой определим более значимые из них.

Таблица 12 – Матрица смежности

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Сварочный выпрямитель ВД-306	=	>	>	>	>	>	>	>
2. 3	<	=	>	>	>	>	>	>
3. Газовый баллон	<	<	=	>	=	=	=	>
4. Редуктор	<	<	<	=	<	<	<	=
5. Газовые шланги	<	<	=	>	=	=	=	>

6. Кабель соединительный 10 м	<	<	=	>	=	=	=	>
7. Зажим на деталь с кабелем 5 м	<	<	=	>	=	=	=	>
8. Кулер	<	<	<	=	<	<	<	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Преобразовываем матрицы смежности в матрицы количественных соотношений функций.

Таблица 13 – Матрица количественных соотношений функций

	1	2	3	4	5	6	7	8
1.Сварочный выпрямитель ВДГ-306	=	>	>	>	>	>	>	>
2. Универсальная горелка	<	=	>	>	>	>	>	>
3. Газовый баллон	<	<	=	>	=	=	=	>
4. Редуктор	<	<	<	=	<	<	<	=
5. Газовые шланги	<	<	=	>	=	=	=	>
6. Кабель соединительный 10 м	<	<	=	>	=	=	=	>
7. Зажим на деталь с кабелем 5 м	<	<	=	>	=	=	=	>
8. Кулер	<	<	<	=	<	<	<	=

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Определяем значимость функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям.

сварочный выпрямитель для дуговой сварки ВД-306 $11.5/64=0.1796875$;
 Кабель соединительный 10 м. $8/64=0,125$; Зажим на деталь с кабелем 5 м.
 $8/64=0,125$; Кулер $5/64=0,078125$.

Обязательным условием является то, что сумма коэффициентов значимости всех функций должна равняться 1.

Стадия 4 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 14 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-часов	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Итого, руб	Вес
1. Сварочный выпремитель ВДУ-1201	1	Образует сварочную дугу, настройка параметров	20	5	6 000	1 000	3 000	10 000	0,075
2. Универсальная горелка	1	Управление процессом	1	2	9 000	2 000	4 000	15 000	0,112
3. Газовый баллон	1	Подача газа	30	5	10 000	2 000	4 000	16 000	0,119
4. Редуктор	1	Регулирование подачи газа	2	3	2 000	500	1 000	3 500	0,026
5. Газовые шланги	1	Подвод газа к горелке	5	4	5 000	1 000	2 000	8 000	0,06
6. Кабель соединительный 10 м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания	5	2	3 000	800	1 500	5 300	0,04
7. Зажим на деталь с кабелем 5 м	1	Крепление детали	5	3	6 000	1 500	2 500	10 000	0,075
8. Кулер	1	Охлаждение	5	3	6 000	1 200	2 000	9 400	0,069

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции.

Стадия 5 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально – стоимостной диаграммы (ФСД), рис. 6.

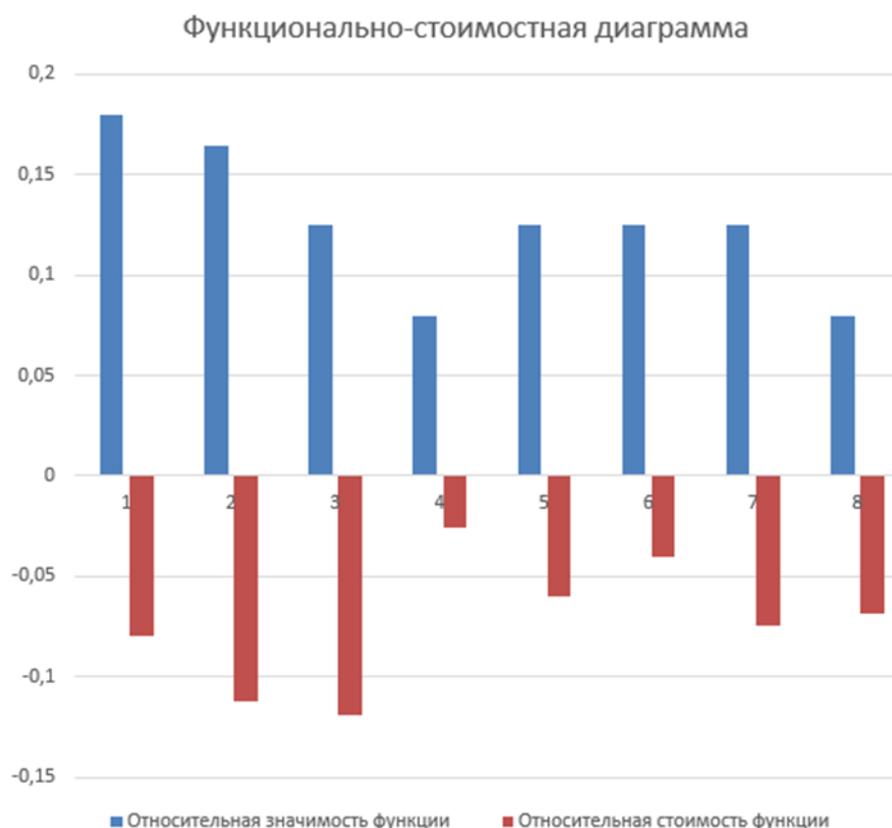


Рисунок 6 – Функционально-стоимостная диаграмма объекта

Анализ, приведенный выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функциям 1, 4, 5, 6 к которым относятся сварочный выпрямитель ВД-306, редуктор, газовые шланги, кабель соединительный 10 м. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) оптимизация параметров надежности;
- 2) использование новых заготовок и материалов;
- 3) замена комплектующих на более дешевые отечественные аналоги;
- 4) унификации сборочных единиц и деталей.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны сварочный выпрямитель ВД-306, редуктор, газовые шланги, кабель соединительный 10 м, оптимизация которой приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности.

3.1.4 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 15).

Таблица 15 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Отсутствие данного процесса для повышения эффективности сварки у конкурентов</p> <p>С2. Использование современного оборудования</p> <p>С3. Наличие опытного руководителя</p> <p>С4. Высокая производительность процесса сварки</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность оборудования</p> <p>Сл2. Высокая стоимость оборудования</p> <p>Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Получение качественных сварных соединений</p> <p>В2. Повышение эффективности сварки</p> <p>В3. Регулирование производительности</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Государство не даст средства для реализации темы.</p>		

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 16,17,18.19.

Таблица 16 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C1, B1C2, B1C3, B1C4, B2C2, B2C4, B3C1, B3C2, B3C3.

Таблица 17 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл1, B1Сл2, B1Сл3, B2Сл1, B2Сл2, B2Сл3, B3Сл1, B3Сл3.

Таблица 18 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	-	-	+
	У2	-	+	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1С2, У1С3, У1С4, У2С1, У2С2, У2С3, У2С4.

Таблица 19 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	-
	У2	0	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл1, У1Сл2, У1Сл3, У2Сл2, У2Сл3.

Выявив соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 20).

Таблица 20 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Отсутствие данного процесса для повышения эффективности сварки у конкурентов</p> <p>С2. Использование современного оборудования</p> <p>С3. Наличие опытного руководителя</p> <p>С4. Высокая производительность процесса сварки</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность оборудования</p> <p>Сл2. Высокая стоимость оборудования</p> <p>Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Получение качественных сварных соединений</p> <p>В2. Повышение эффективности сварки</p> <p>В3. Регулирование производительности</p>	<p>В1С1 – спрос на продукцию</p> <p>В1С2 – уменьшение количество брака сварных швов</p> <p>В1С3 – повышение конкурентно способности</p> <p>В1С4 – увеличение оборотов производства</p> <p>В2С2 – получение высокой производительности сварочных работ</p> <p>В2С4 – увеличение производственных мощностей, масштабирование производства</p> <p>В3С1 – уменьшение себестоимости производимых сварочных работ и как следствие, получаемых сваркой изделий</p> <p>В3С2 – строгий контроль качества</p> <p>В3С3 – исключение образования дефектов в изделиях</p>	<p>В1Сл1 – повышение квалификации персонала</p> <p>В1Сл2 – аренда оборудования на первых этапах производства</p> <p>В1Сл3 – затраты времени на отработку режимов и составления технологических карт по сварке</p> <p>В2Сл1 – разработка технологических инструкций к работе</p> <p>В2Сл2 – замена комплектующих более дешевыми аналогами</p> <p>В2Сл3 – проведение повышения квалификации для персонала, стажировки</p> <p>В3Сл1 – составление карты режимов для разных задач и материалов</p> <p>В3Сл3 – привлечение специалистов из других регионов</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Государство не даст средства для реализации темы.</p>	<p>У1С2 – оптимизация процессов производства</p> <p>У1С3 – разработка новых технологических решений с имеющимися ресурсами</p> <p>У1С4 – снижение себестоимости путем оптимизации рабочего процесса</p> <p>У2С1 – привлечение инвестиций и заключение хоз.договоров с компаниями заинтересованными в исследованиях</p>	<p>У1Сл1 – стажировка персонала в компаниях с имеющимся оборудованием</p> <p>У1Сл2 – покупка более дешевого отечественного оборудования</p> <p>У1Сл3 – обучение и повышение квалификации персонала</p> <p>У2Сл2 - приобретение оборудования за средства компаний инвесторов, разработка технологии на базе их предприятия</p>

	У2С2 – поиск компаний инвесторов, заинтересованных в данном исследовании У2С3 – реализация проекта на кафедре ОТСП У2С4 – создание малого предприятия на базе ТПУ	У2Сл3 – привлечение выпускников ВУЗов по профилирующим направлениям разработки
--	---	--

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

3.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (25)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно–технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно–технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно–технического задела для представления на рынок	5	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	5
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	5

15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
ИТОГО БАЛЛОВ		61	56

Таким образом, разработка считается перспективной, а знания разработчика выше среднего. Возможно привлечение в работу эксперта по проведению процедуры оценки уровня профессиональных компетенций сотрудников, осуществляющих контрольно-надзорные мероприятия.

3.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта. [22]

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже.

1) Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 22.

Таблица 22 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Компании по производству продукции из нержавеющей стали	Получение комплекта технологической документации по

	изготовлению сварных соединений из стали 10Г2С1Д
--	--

В таблице 23 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 23 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка технологии производства сварных соединений из стали 10Г2С1Д
Ожидаемые результаты проекта:	Подбор режимов и оборудования для сварки, комплект технологической документации для производства сварных соединений из стали 10Г2С1Д
Требования к результату проекта:	Требование:
	Выполнение поставленных задач
	Научное объяснение результатов экспериментов
	Заключение о результатах исследования

2) Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 24).

Таблица 24 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Филишов Н.Я. старший преподаватель ОТСП ИНК	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Жуковский П.Г., бакалавр кафедры ОТСП	Исполнитель	Выполнение теоретической части

3) Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 25 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1.Источник финансирования	—
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	—
3.2.2. Дата завершения проекта	10.05.2017 г.

В данном разделе были определены основные цели и ожидаемые результаты от разработок, обозначены сроки завершения проекта и назначены главные участники.

3.3 Планирование управления проектом

3.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить линейный график выполнения проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 26).

Таблица 26 - Распределение этапов работы

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

	5	Календарное планирование работ	Научный руководитель, студент
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Выводы по цели	Научный руководитель, студент

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Работа над ВКР проводилась с 19 декабря 2016 года по 10 июня 2017 года. В итоге, при пятидневной рабочей неделе с учетом выходных и праздничных дней получается 116 рабочих дней.

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях. Она носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Поэтому для определения ожидаемой продолжительности работ $t_{ож}$

используется метод вероятностных оценок длительности работ. Он основан на использовании трех оценок

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4t_{нв} + t_{\max}}{6}, \quad (26)$$

где t_{\min} – кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимистическая оценка),

t_{\max} – самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка),

$t_{н.в.}$ – наиболее вероятная продолжительность работы.

Для оценки трудоемкости необходимо разработать перечень работ.

Выбор комплекса работ при разработке проекта производится в соответствии с ГОСТ 19.102-77 устанавливающего стадии разработки. Перечень комплекса работ приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Временные показатели проведения научного исследования

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Трудоемкость работ				Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
			t_{\min}	$t_{\text{нв}}$	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	3	5	3	3	7
2	Выдача задания на тему	Руководитель	1	3	5	3	3	7
3	Постановка задачи	Руководитель	1	3	5	3	3	7
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель Студент	2	5	7	4,8	5	10
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	7	14	20	13,8	14	20
6	Анализ существующего опыта	Студент	4	5	8	5,3	6	8
7	Подбор нормативных документов	Студент	4	5	8	5,3	6	8
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель Студент	4	10	16	10	10	17
9	Разработка технологической документации	Студент	4	7	10	7	7	10
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4	6	8	6	6	10
12	Работа над выводом	Студент	1	2	4	2,2	3	6
13	Составление пояснительной записки	Студент	1	2	4	2,2	3	6
Руководитель								48
Студент								95

Таким образом, общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 21 дн., инженера – 87 дн., совместной работы – 27 дн.) равна 116 дн. На основании таблицы 27 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 28).

Таблица 28 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	7							
2	Выдача задания на тему	Руководитель	7							
3	Постановка задачи	Руководитель	7							
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель Студент	10		 					
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	20							
6	Анализ существующего опыта	Студент	8							
7	Подбор нормативных документов	Студент	8							
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель Студент	17					 		
9	Разработка технологической документации	Студент	10							
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	10							
12	Работа над выводом	Студент	6							
13	Составление пояснительной записки	Студент	6							
				 – студент;  – руководитель.						

3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Определение затрат производится путем составления сметы затрат на разработку технологического процесса. Смета затрат состоит из прямых и накладных расходов, которые включают в себя следующие статьи:

статья 1 – материальные затраты НТИ;

статья 2 – затраты на специальное оборудование для научных работ;

статья 3 - основная заработная плата исполнителей темы;

статья 4 – дополнительная заработная плата исполнителей темы;

статья 5 – отчисления во внебюджетные фонды;

статья 6 - накладные расходы.

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Перечень стоимости сварочного оборудования и материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Основные материалы

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Универсальная горелка	шт	1	3020	3020
Газовый баллон	шт	1	8000	8000
Редуктор	шт	1	1500	1500
Газовые шланги	шт	1	1000	1000
Кабель соединительный 10 м	шт	1	2700	2700
Зажим на деталь с кабелем 5 м	шт	1	300	300

Кулер	шт	1	450	450
Сварочная проволока	кг	5	200	2000
Пластины из стали 10Г2С1Д	кг	4	500	5000
Итого				19470

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данном разделе рассмотрены затраты на приобретение специального оборудования (сварочного и компьютерного). Стоимость оборудования указана в таблице 30.

Таблица 30 – Стоимость специального оборудования

Наименование	Кол-во	Цена ед., руб.	Сумма, руб.
Сварочный выпрямитель ВД-306	1	23700	23700
Затраты на доставку и монтаж	1	3555	3555
Итого			27255

Затраты на доставку и монтаж составляют 15% от общей цены оборудования.

$$C_{\text{д.м.}} = 0.15 * C_{\text{общ}} = 0.15 * 23700 = 3555 \quad (27)$$

где $C_{\text{д.м.}}$ – затраты на доставку и монтаж, руб,

$C_{\text{общ}}$ – затраты на оборудование, руб.

В данном разделе были определены общая стоимость специального оборудования для выполнения проекта, она составила 23700 руб., плюс затраты на доставку и монтаж 3555 руб., общие затраты в этом случае равны 27255руб.

Амортизационные отчисления определим по формуле:

$$C_A = \sum_{i=1}^n \frac{C_B \cdot H_A \cdot g \cdot t}{\Phi_{\text{эф}}}, \quad (28)$$

где n – количество видов единиц оборудования,
 C_B – балансовая стоимость i -го вида оборудования,
 H_A – норма годовых амортизационных отчислений для оборудования,
 g – количество единиц i -го вида оборудования,
 t – время работы i -го вида оборудования, час,
 $\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, час.

Эффективный фонд времени работы оборудования определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{эф}} = D \cdot H_3, \quad (29)$$

где D – количество рабочих дней в году,
 H_3 – норматив среднесуточной загрузки.

$$\Phi_{\text{эф}} = 246 \cdot 8 = 1968 \text{ час.}$$

В нашем случае при разработке использовалось две единицы оборудования – сварочный источник питания и сварочная головка. Балансовая стоимость сварочного источника питания - $C_{B1} = 23700$ руб, сварочной головки - $C_{B2} = 3000$ руб,. Количество сварочных источников питания $g_1 = 1$, сварочных головок $g_2 = 1$. Время работы за сварочным оборудованием $t = 8$ часов. Норма годовых амортизационных отчислений для сварочного аппарата $H_A = 20\%$.

Тогда амортизационные отчисления на разработку проекта составят:

$$C_a = 23700 \cdot 0.2 \cdot 1.8 / 1968 = 4.33 \text{ руб.}$$

В данном разделе были определены амортизационные отчисления со сварочного выпрямителя ВД-306

3.4.3 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом

[22]. Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $Z_{\text{от}}=6595$ руб/мес, для руководителя (ассистента с ПКГ ППС 1) - $Z_{\text{от}}=33162$ руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле 1 [22]:

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (30)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 2 [22]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (31)$$

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

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

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

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле 3, [54]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{T}, \quad (32)$$

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

T – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит $T=26$ дней.

Месячный должностной оклад работника [22]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (33)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

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

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$Z_{\text{мт}} = 6595 \cdot 1,3 = 8573,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{мп}} = 33162 \cdot 1,3 = 43110,6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$Z_{\text{дн.т}} = \frac{8573,5}{26} = 329,75 \text{ руб.};$$

$$z_{\text{дн.п}} = \frac{43110,6}{26} = 1658,1 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 116 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$z_{\text{осн.г}} = 329,75 \cdot 116 = 38251 \text{ руб.};$$

$$z_{\text{осн.г}} = 1658,1 \cdot 116 = 100224 \text{ руб.}$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 31.

Таблица 31 - Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоемкость выполнения работы Тисп, д	Зарботная плата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	116	6595	329,75	38251	8573,5
Руководитель (доцент)	1	116	33162	1658,1	192339,6	43110,6
Итого:	2	232			230590,6	

В данном разделе были определены затраты на фонд заработной платы, который равен 230590,6 рублей.

3.4.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [22]:

$$z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot z_{\text{осн}} , \quad (34)$$

где $z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,1 и получаем:

$$Z_{\text{доп.т}} = 0,1 \cdot 38251 = 3825 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.п}} = 0,1 \cdot 230590,6 = 23059,06$$

В данном разделе был сделан расчет дополнительной заработной платы. Итоговая сумма дополнительной заработной платы участников проекта равна 26884,06 рублей.

3.4.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 6 [54]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (35)$$

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

Принимаем $k_{\text{внеб}}=0.302$.

Отчисления с основной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.т}}=0,302 \cdot 230590,6=69638,3 \text{ руб.}$$

Отчисления с основной дополнительной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.п}}=0,302 \cdot 26884,06 = 8118,9 \text{ руб.}$$

В данном разделе был сделан расчет отчислений во внебюджетные фонды. Итоговая сумма отчислений равна 77757,2 рублей.

3.4.6 Расчет накладных расходов

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:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot \left(\frac{C_{\text{mat}}}{7}\right), \quad (36)$$

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

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 7 [54]:

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов. Принимаем $k_{\text{накл}}=0.16$.

$$C_{\text{накл.г}}=0,16 \cdot (19470+4,33+230590,6+26884,06+77757,2)/7= 8107,5 \text{ руб.}$$

В данном разделе был сделан расчет накладных расходов.

3.4.7 Формирование бюджета затрат НИИ

Расчет сметы затрат на разработку приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Смета затрат на разработку технологического процесса

Статья затрат	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты НИИ	19470
Амортизационные отчисления	4,33
Основная заработная плата	230590,6
Дополнительная заработная плата	26884,06
Отчисления во внебюджетные фонды	77757,2
Накладные расходы	8107,5
Итого	362813,69

В данном разделе были определены основные источники расходов для реализации данного проекта. Всего потребуется 362813,69 рублей.

3.5 Определение ресурсной финансовой и бюджетной 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. В нашем исследовании мы можем рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [22]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (37)$$

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. В текущем исследовании применялась механизированная сварка под флюсом.

В качестве аналогов рассмотрим ручную дуговую сварку покрытыми электродами (аналог 1) и механизированную сварку в среде защитных газов проволокой сплошного сечения (аналог 2).

Таблица 33 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Сложность постановки эксперимента	0.3	3	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0.2	5	2	3

3. Энергосбережение	0.15	5	1	3
4. Безопасность	0.15	5	2	4
5. Стоимость эксперимента	0.2	2	5	3
Итого	1			

По формуле 20 и данным таблицы 33 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_m^p = 0.3 \cdot 3 + 0.2 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.2 \cdot 2 = 3,8;$$

$$I_m^{a1} = 0.3 \cdot 5 + 0.2 \cdot 2 + 0.15 \cdot 1 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 5 = 3,35;$$

$$I_m^{a2} = 0.3 \cdot 4 + 0.2 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 3 = 3,45.$$

Из расчётов наглядно видна ресурсоэффективность технологического процесса механизированной сварки под флюсом, по сравнению с другими способами сварки.

Выводы.

Проведен технико–экономический анализ усовершенствования технологии ручной дуговой сварки в защитном газе.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны сварочного выпрямителя ВД-306, кабель соединительный 10 м,. В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) использование новых материалов для изготовления оборудования;
- 2) унификации сборочных единиц и деталей аппаратов.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 362813,69 руб.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса ручной дуговой сварки в защитном газе, по сравнению с другими способами сварки.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Жуковский Павел Геннадьевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	ОТСП

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования	<i>Объектом исследования является сталь 10Г2С1Д. Оборудование: Для ручной дуговой сварки: источник питания ВД-306; для сварки под флюсом: сварочный выпрямитель ВДУ-1201</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<p><i>Физико-химическая природа вредности (недостаточная освещенность, повышенный уровень пульсации освещенности, повышенная яркость светящихся поверхностей, пониженный уровень влажности воздуха, повышенная температура воздуха, повышенный уровень ЭМП, повышенный уровень ЭСП, повышенный уровень шума, нарушение норм аэроионного состава воздуха, напряженность труда, тяжесть труда);</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>действие фактора на организм человека;</i> • <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью</i> • <i>предлагаемые мероприятия по улучшению условий труда</i> • <i>электробезопасность</i> • <i>пожар взрывобезопасность</i>
2. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> • <i>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</i> • <i>анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</i> • <i>мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p><i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>перечень возможных ЧС на объекте;</i> • <i>выбор и описание рекомендуемых действий при одной из ЧС.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<p><i>- специальные (характерные для оператора ПК) правовые нормы трудового законодательства;</i></p> <p><i>- место оператора ПК в эргономической системе.</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.04.17
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			01.04.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Жуковский Павел Геннадьевич		01.04.17

4 Социальная ответственность

4.1 Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте

Темой данной выпускной квалифицированной работы является сравнение сварки двух пластин из стали 10Г2С1Д. По этим технологиям соединение пластин производится ручной дуговой сваркой покрытыми электродами, и механизированной под слоем флюса.

На участке производится сборка и сварка двух пластин нахлесточным соединением. При изготовлении осуществляются следующие операции: сборка и сварка механизированная под слоем флюса, слесарные операции.

При изготовлении на участке используется следующее оборудование:

Сварочный выпремитель ВД-306 1 шт.

Сварочный выпремитель ВДУ-1201 для сварки под слоем флюса 1шт.

В качестве основного материала используют сталь марки: 10Г2С1Д. Сварка производится в покрытыми электродами УОНИ13/55. Так же производится сварка сварочной проволокой марки Св-08-А диаметром 1,2-2мм.

Сварочный пост находится на территории «ООО ЗКПДТ ДСК» в ремонтном цехе, освещение осуществляется шестью окнами, расположенными в стене здания, а также четырнадцатью светильниками, расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на сварочном посту площадью $S = 30 \text{ м}^2$.

Работу по подготовки технологии свариваемости можно разделить на несколько этапов. Первый этап - теоретическая подготовка. Этот этап проводится за работой на компьютере и изучении нормативной документации. Вредные и опасные факторы идентифицированные на данном этапе следующие:

- повышенная температура поверхностей ПК;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание;

- напряженность трудового процесса;
- зрительное напряжение.

При работе используется сварка, резка, химическая обработка шлифов.

Вредные и опасные факторы которые могут возникнуть на этом этапе:

- поступление в зону дыхания сварочных аэрозолей;
- чрезмерная запыленность и загазованность воздуха;
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне;
- поражение электрическим током;
- излишняя яркость сварочной дуги, УФ- и ИК-радиация;
- влияние шума;
- поражение и ожоги от химических реактивов.

4.1.1 Производственный шум

Нормативным документом «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» ограничение доступа в рабочие зоны с уровнем шума более 80 дБА [15]

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.

При работе в офисном помещении мерами для защиты от шума извне могут служить современные пластиковые окна и шумоизоляционные панели стен. Шум от работы ПК можно понизить, используя малошумные вентиляторы охлаждения на подшипниках, либо водяное охлаждение системного блока.

При работе в сварочном цехе средствами индивидуальной защиты от шума являются ушные вкладыши и наушники. Эффективность индивидуальных

средств защиты зависит от используемых материалов, конструкции, силы прижатия, правильности ношения. Ушные вкладыши вставляют в слуховой канал уха. Их изготавливают из легкого каучука, эластичных пластмасс, резины, эбонита и ультратонкого волокна. Они позволяют снизить уровень звукового давления на 10...15 дБ. В условиях повышенного шума рекомендуется применять наушники, которые обеспечивают надежную защиту органов слуха. Так, наушники ВЦНИОТ снижают уровень звукового давления на 7...38 дБ в диапазоне частот 125...8000 Гц.

4.1.2 Ультрафиолетовое излучение (УФИ)

Горение сварочной дуги сопровождается излучением ослепительно ярких световых лучей и невидимых глазом УФ и ИК лучей. Спектр излучения включает участок ИК волн (3430-760 нм), видимый участок (760-400 нм) и УФ участок (400-180 нм). «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [18]

Видимые световые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологически переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи обладают главным образом тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги. При современных способах сварки тепловая радиация на рабочем месте может составлять 0,5-6 кал/см²*мин. Источниками тепловой радиации являются дуга и в меньшей степени нагретый металл.

Для защиты от излучения используются сварочные маски и щитки конструкция масок должна соответствовать ГОСТ 12.4.035-78 и ТУ 3441-003-07515055-97. Система стандартов безопасности труда. Щитки защитные лицевые для электросварщиков. Светофильтры для помещений принимаются марки С4.

4.1.3 Защита от поражения электрическим током

Основной защитой человека от поражения электрическим током является заземление. Благодаря использованию различных заземляющих приспособлений удается избежать жертв на производстве.

4.1.3.1 Электробезопасность. Расчет устройства защитного заземления

В качестве заземлителей применяем стальной прут сечением $D 10$ мм верхние контуры заземлителей соединены между собой с помощью полосовой стали. Полосовую сталь применяем сечением 5×12 мм².

Для того чтобы уменьшить колебание удельного сопротивления грунта заземлители забивают в землю так, чтобы их верх находился на расстоянии $h_n = 0,8$ м от уровня поверхности земли, тем самым достигается более влажные и непромерзающие слои грунта (рисунок 12).

Оборудование работает под напряжением 380 В определяем, что по нормам для нашего случая допустимое сопротивление заземлителей r_z должно быть не более 4 Ом, удельное сопротивление грунта (суглинок) составляет $\rho_z = 1 \cdot 10^4$ Ом·см.

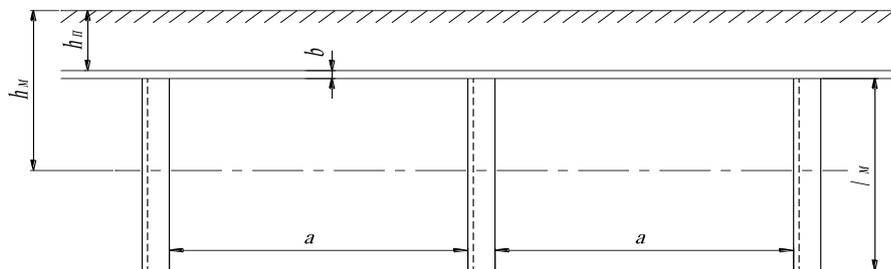


Рисунок 7 - Схема устройства искусственного заземления

Учитывая возможное промерзание грунта зимой и просыхания летом, определяем расчетные значения удельного сопротивления грунта для полосы $\rho_{п.}$ и для электродов $\rho_{э}$ по формулам [19]:

$$\rho_{п.} = \rho \cdot K_n, \quad (38)$$

$$\rho_{э} = \rho \cdot K_{э}, \quad (39)$$

где K_n и $K_{э}$ – повышающие коэффициенты для соответствующей климатической зоны.

Для города Томска $K_n = 1,9$ и $K_{э} = 4,5$.

$$\rho_{п.} = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

$$\rho_{э} = 1 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Сопротивление одного электрода определяем по формуле [19]:

$$R_{э} = \frac{\rho_{э}}{2\pi \cdot l_{м}} \left(\ln \cdot \frac{2 \cdot l_{м}}{d} + 0,5 \cdot \ln \cdot \frac{4 \cdot h_{м} + l_{м}}{4 \cdot h_{м} - l_{м}} \right), \quad (40)$$

где $l_{м}$ – длина электрода, см; $l_{м} = 300$ см;

d – диаметр электрода, см²;

$h_{м}$ – глубина заложения электрода, см; $h_{м} = 230$ см.

При использовании электрода из уголковой стали диаметр электрода определяют по формуле [15]:

$$d = 0,95 \cdot в, \quad (41)$$

где $в$ – ширина полки уголка, см;

$$d = 0,95 \cdot 6 = 5,7 \text{ см}^2,$$

$$R_{э} = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 300} \left(\ln \cdot \frac{2 \cdot 300}{5,7} + 0,5 \cdot \ln \cdot \frac{4 \cdot 230 + 300}{4 \cdot 230 - 300} \right) = 50,35 \text{ Ом}$$

Потребное число заземлителей определяем по формуле:

$$n = \frac{R_{э}}{r_{э}}, \quad (42)$$

$$n = \frac{50,35}{4} = 12,58 \text{ шт},$$

принимаем $n=12$ шт.

При расположении электродов в ряд длина соединительной полосы определяется по формуле [19]:

$$l_n = a \cdot n, \quad (43)$$

где a – расстояние между электродами, см; $a = 900$ см.

$$l_n = 900 \cdot 12 = 10800 \text{ см.}$$

Сопротивление соединительной полосы вычисляют по формуле:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b}, \quad (44)$$

$$R_n = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 10800} \cdot \ln \frac{2 \cdot 10800^2}{80 \cdot 1,2} = 9,75 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление системы заземления вычисляют по формуле:

$$R_c = \frac{R_\partial \cdot R_n}{R_\partial \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_\partial \cdot n}, \quad (45)$$

где η_n – коэффициент использования полосы; $\eta_n = 0,76$;

η_∂ – коэффициент использования электродов; $\eta_\partial = 0,81$.

$$R_c = \frac{50,35 \cdot 9,75}{50,35 \cdot 0,76 + 9,75 \cdot 0,81 \cdot 12} = 3,62$$

Таким образом, общее сопротивление защитного заземления не превышает допустимого по нормам.

4.1.4 Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

В процессе проведения сварочных работ выделяются разнообразные примеси, основными из которых являются твердые частицы и газы. Основными компонентами пыли при сварке оказываются окислы железа, марганца, хрома, кремния, фтористые и другие соединения. Наиболее вредными веществами, которые входят в состав покрытия и металла проволоки является хром, марганец и фтористые соединения. Воздух в рабочей зоне сварщика также загрязняется вредными газами окиси углерода.

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляется вентиляцией. Значения ПДК вредных веществ в воздухе

рабочей зоны приведены в таблице 31 согласно ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Таблица 31 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов

Название	Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³
Твердая составляющая сварочного аэрозоля	
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%)	0,2
Железа оксид	6,0
Кремний диоксид	1,0
Хром (III) оксид	1,0
Хром (VI) оксид	0,01
Газовая составляющая сварочного аэрозоля	
Азот диоксид	2,0
Марганец оксид	0,3
Озон	0,1
Углерода оксид	20,0
Фтористый водород	0,5/1,0

Очистка воздуха от пыли (аэрозолей) осуществляется с помощью специального оборудования различных конструкций в зависимости от размеров частиц пыли: грубая очистка (10 ... 50 мкм), среднее (более 1 мкм) и тонкие (менее 1 мкм). Для этого применяются циклоны и пылеосадительные камеры, принцип действия которых основан на использовании сил тяжести и инерции; волокнистые (тканевые) и рукавные, изготовлены из натуральных материалов (хлопок, лен, шерсть) и синтетических (полиамидные, полипропиленовые и другие волокна); ротационные пыле образователями (в виде радиальных вентиляторов); электрофильтры, улавливающие аэрозоли за счет подзарядки их частиц в электрическом поле и дальнейшем осаждения.

Для улавливания сварочных аэрозолей в системах вентиляции и фильтровентиляционных агрегатах применяются электростатические, тканевые, бумажные и комбинированные фильтры.

4.1.5 Ожоги при сварочных работах

Образующиеся при дуговой сварке расплавленный металл имеет температуру до 1800 градусов Цельсия, в случае попадания на кожу искр, шлака и брызг раскаленного металла возможны тяжелые ожоги.

Для предотвращения ожогов при сварке, попадания искр и капель расплавленного металла, необходимо применять спец одежду: специальный костюм сварщика или брезентовый костюм, имеющий соответствующую маркировку «Тр»; рукавицы брезентовые или кожаные типа «Е» с защитными свойствами «Тр»; кожаные ботинки с маркировкой «Тр»; защитные очки, маски; предохранительный пояс.

Излучение электрической дуги вызывает ослепление глаз и может привести к ожогу сетчатки глаз, т.е. их воспалению. Однако излучение может также привести к ожогам кожи и явлениям, схожим с солнечным ожогом. Учитывая это, сварщик обязан защитить себя соответствующей защитной одеждой и щитком с соответствующими защитными фильтрами по стандартам EN 166 и EN 169. В качестве защитного фильтра следует использовать фильтры ступеней от 9 (для тонких электродов и низкой силы тока) до 14 (для толстых электродов и высокой силы тока).

4.1.6 Пожаровзрывоопасность

В ходе работ по разработке технологии свариваемости материалов, в результате пренебрежения правилами пожарной безопасности может произойти возгорание строительных материалов, ветоши и других материалов. Для успешного проведения противопожарной профилактики важно знать основные причины пожаров. На основе статистических данных можно сделать вывод, что основными причинами пожаров являются:

- неосторожное обращение с огнем;

- неудовлетворительное состояние электротехнических устройств и нарушения, правил их монтажа и эксплуатации;
- нарушение режимов технологических процессов;
- неисправность отопительных приборов столько нарушение правил их;
- невыполнение требований нормативных документов по вопросам пожарной безопасности.

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

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_{n1} , B_{n2} , B_{n3} , B_{n4} , C_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 сварочный цех относится к категории «Г» - умеренная пожароопасность.

Сварочный цех, рассматриваемый в данной работе, относится к категории «Г» - умеренная пожароопасность.

Таблица 32 – Категория помещения по уровню пожаровзрывоопасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
Г умеренная пожароопасность.	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива

При возникновении пожароопасной ситуации или пожара персонал должен немедленно принять необходимые меры для его ликвидации,

одновременно оповестить о пожаре администрацию. Помещения с электрооборудованием должны быть оснащены огнетушителями типа ОУ-2 или ОУБ-3. На стене рядом с местом расположения огнетушителя должна находиться таблица с номерами телефонов экстренного вызова местной и городской пожарной команды.

В качестве дополнительных мер по предотвращению пожаров предлагается использовать автоматизированные системы оповещения и пожаротушения.

4.2 Экологическая безопасность

4.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Сварка является одним из основных технологических процессов в машиностроении. Воздушная среда производственных помещений загрязняется сварочным дымом, в состав которого в основном входят аэрозоли металлов и их окислов (железа, марганца, хрома, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), газообразных фтористых соединений и многих других элементов. Кроме аэрозолей в состав дыма могут входить вредные газы: окиси углерода, азота и озона.

Попадая в атмосферу населенных пунктов, эти загрязнители способны вызвать кислотные дожди, повысить заболеваемость населения болезнями дыхательных путей, вызвать аллергизацию населения, нарушить работу важнейших органов и систем органов в организме человека.

Таким образом, чрезвычайно актуальным в настоящее время является снизить уровень негативного влияния машиностроительного комплекса на народонаселение близлежащих населенных пунктов. Это может быть осуществлено посредством внедрения очистных установок (фильтры, вытяжные установки на рабочих местах, более мощная система вентиляции), внедрение «зеленых» технологий производства (нетоксичное сырье, возможность

вторичного использования отходов), ужесточения мониторинговых программ (установка автоматизированных постов наблюдения). Внедряя такие технологии, возможно не только снизить негативное влияние на окружающую среду и организм человека, но и приносить экономическую выгоду от снижения затрат на загрязнение природной среды.

4.2.2 Мероприятия по защите окружающей среды

Хранение люминесцентных ламп должно осуществляться в помещении, которое отдельно расположено от мастерских и лабораторий корпуса. Оно должно соответствовать требованиям правил хранения токсичных отходов и санитарных норм. В нем должна быть налажена система вентиляции.

Полы в помещении должны быть изготовлены из водонепроницаемого материала, который препятствует попаданию вредного металла в окружающую среду. На случай аварийной ситуации в помещении для хранения ламп дневного света должно быть не менее 10 литров воды и запас марганцевого калия.

Отработанные люминесцентные светильники должны быть помещены в плотную тару. В роли ее могут выступать картонные коробки, коробки из ДСП, фанеры, бумажные или полиэтиленовые мешки. В одной картонной коробке должно быть не более 30 единиц продукции. Емкости должны быть расставлены на стеллажах, чтобы обезопасить их от любого механического воздействия. На каждой из них должна быть надпись «Отход 1 кл. опасности. Отработанные люминесцентные лампы».

На сварочных участках существуют контейнеры. В них сваливают весь мусор, что накапливается за весь рабочий день. Существуют 2 вида контейнеров: для обычных отходов, и для металлических отходов. По мере заполнения контейнеров, их вынимают при помощи автопогрузчика и вывозят обычные отходы на свалку, металлические отходы на дальнейшую переработку.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. В этом случае действия персонала, должны быть определены следующими мерами защиты.

- обнаружение поражающих факторов;
- оповещение персонала об опасности;
- защиту оборудования от воздействия поражающих факторов;
- эвакуацию персонала и материальных ценностей из зон опасности;
- использование средства коллективной защиты персоналом;
- использование персоналом средств индивидуальной защиты (СЗОД, СЗК. МСЗ).

Выводы из анализа по данному этапу:

- используются кнопки аварийного оповещения персонала;
- для защиты оборудования производится останов и обесточивание;
- для защиты персонала необходимо: установить систему сигнализации с выводом в диспетчерскую; установить систему оповещения персонала (по радио) и т.д.
- персонал должен быть обеспечен СИЗ (противогазы).
- помещения должны быть оборудованы планом эвакуации с указателями направления аварийных выходов и расположением средств пожаротушения. [38]

Из выше проведенного анализа следует, что помещения инженера соответствует нормам ГО и ЧС. Оборудовано в полной мере средствами

индивидуальной и коллективной защиты. В качестве дополнительной защиты производить систематический инструктаж с проверкой знаний по технике безопасности, предупреждения и действия персонала при чрезвычайных ситуациях, с записью в журналах инструктажа.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для работы инженера актуальным вопросом правового обеспечения безопасности является защита интеллектуальной собственности и защита информации.

Проблема защиты прав интеллектуальной собственности и противодействие таким деяниям носит комплексный характер, что обусловлено следующими причинами:

1. Правонарушения происходят не только в сети Интернет, но и других информационно-телекоммуникационных сетях, к которым, в частности, относятся сети подвижной радиотелефонной связи.

2. С использованием таких сетей совершаются самые различные правонарушения:

- плагиат;
- незаконная торговля объектами прав интеллектуальной собственности;
- торговля контрафактной продукцией через Интернет-магазины.

3. Объектами правонарушений являются самые различные объекты прав интеллектуальной собственности.

4. Правонарушения носят транснациональный характер.

5. Рассматриваемые правонарушения зачастую сопровождаются другими опасными деяниями: распространение вредоносных программ, нарушение правил обработки персональных данных, распространение спама и других.

Из проведенного анализа выше перечисленных проблем защиты прав интеллектуальной собственности на рабочем инженера предлагаются следующие методы защиты информации:

- использование не лицензированного программного обеспечения на предприятии влечет административную или уголовную ответственность;

- импорт, тиражирование, продажа, а также иное введение в гражданский оборот экземпляров программ без разрешения их правообладателей является нарушителем авторского права.

- программы для ЭВМ и базы данных относятся Законом к объектам авторского права. Программам для ЭВМ предоставляется правовая охрана.

В нашем случае на рабочем месте инженера используются лицензированное программное обеспечение, персонал инструктирован об ответственности за использование, продажу или распространение конфиденциальной информации предприятия. В качестве дополнительных средств защиты информации предлагается использовать пароли и ограниченный доступ.

Заключение

В ходе выполнения ВКР были рассмотрены вопросы монтажа сварных соединений строительных конструкций промышленных зданий и производственных сооружений. При монтаже колонн, прогонов покрытий, опорных плит широко применяются нахлестанные соединения металлоконструкций. Произведен анализ способов сварки, технологии которых позволяют снизить трудоемкость и себестоимость сварочных работ.

Проведено сравнение параметров ручной дуговой и механизированной сварки под флюсом для сварки нахлесточных соединений пластин из стали 10Г2С1Д. Проведен выбор основных и сварочных материалов. выполнены расчеты режимов ручной дуговой и автоматизированной сварки под слоем флюса.

Выбрано сварочное оборудование, которое снижает трудоемкость и повышает качество изготавливаемого изделия.

Разработанная технология сварки нахлесточных соединений металлоконструкций может найти широкое применение при монтаже ответственных производственных объектов.

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

Список использованных источников

1. Николаев, Г.А. Сварка в машиностроении: справочник, / Г.А. Николаев. – М.:Машиностроение, 1978.
 - Т.1. Справочник - 504 с.,ил.
 - Т.2. Справочник - 462 с.,ил.
 - Т.3. Справочник - 567 с.,ил.
 - Т.4. Справочник - 512 с.,ил.
2. Справочник сварщика / Под ред. В.В. Степанова. - Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1975. - 520с.
3. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, В.П. Демянцевич – М.:Машиностроение, 1977. - 431 с.
4. Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов / К.В. Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. –Киев: Вища школа, 1976. - 424с.
5. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. / Под ред. акад. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. - 768 с.
6. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова. - М.:Машиностроение, 1989. - 640 с.
7. Королёв, Н.В. Расчёты тепловых процессов при сварке: учебное пособие. / Н.В. Королёв. - Екатеринбург: УГТУ, 1996. – 156 с.
8. Шалунова, М.Г. Практикум по методике профессионального обучения: учеб. пособие. / М.Г.Шалунова, Н.Е. Эрганова. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.- пед. ун-та, 2001. - 67 с.
9. Шелтен, А.Ю. Введение в профессиональную педагогику: учеб. пособие. / А.Ю Шелтен. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1996. – 288 с.
10. Эрганова Н.Е. Основы методики профессионального обучения: учеб. пособие для инженеров-педагогов. / Н.Е.Эрганова. — Свердловск: Свердл. инж.- пед. ин-т, 1990. - 148 с.
11. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допускаемые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

12. Методические указания к выполнению раздела «Охрана природы» дополнительного проекта и дипломных работ / Свердлов. инж-пед. ин-т. Свердловск, 1988-21с.

13. СанПин 2.24.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

14. ГОСТ 12.1.019.-93 Рабочее место при выполнении работ стоя. – Общие эргонометрические требования,-М.:1993.

15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданиях. - М.:1996.

16. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

18. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: Учеб. пособие для вузов / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2004. – 319 с.

17. Р 2.2.755-99 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной тяжести и напряженности трудового процесса».

18. ГОСТ 12.1.019.-96 Электробезопасность. Общие требования.

19. ГОСТ 12.1.030-96 Электробезопасность. Защитное заземление и зануление. - М.:1996.

20. ГОСТ 12.1017-96 Пожарная безопасность. Общие требования. -М.:1996.

21. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

22. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно - методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд - во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.