

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



Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»

Кафедра «Сварочное производство»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА
СБОРКИ-СВАРКИ КОЖУХА ЭЛЕКТРОДА диаметром 1300**

УДК 621.791.03

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10600	Ларионов В. С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры СП	Крампит М. А.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Спец. по УМР кафедры СП	Павлов Н. В.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экономист ООО «ПроСнаб»	Шиков В. П.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. БЖДЭ и ФВ	Солодский С. А.	К.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Сапожков С. Б.	Д.т.н., доцент		

Юрга – 2016 г.

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



Институт Юргинский технологический институт
 Направление подготовки (специальность) 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»
 Кафедра «Сварочное производство»

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта
 (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-10600	Ларионову Виталию Сергеевичу

Тема работы:

Разработка технологии и проектирование участка сборки – сварки секции кожуха электрода	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	29.01.2016г. № 21/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>Материалы преддипломной практики</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию и разработке вопросов проектированию <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Результаты проведенного исследования. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность.

<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>1. ФЮРА.6М.12.10.236.00.000 СБ Секция кожуха электрода 1 лист (А1). 2. ФЮРА.000001.236.00.000 СБ Приспособление сборочно-сварочное (А1, А2). 3. ФЮРА.000002.236 ЛП Директивный техпроцесс 1 лист (А1). 4. ФЮРА.000001.236 ЛП План участка 1 лист (А1). 5. ФЮРА.000005.236 ЛП Карта организации труда 1 лист (А1). 6. ФЮРА.000003.236 ЛП Вентиляция общеобменная 1 лист (А1). 7. ФЮРА.000004.236 ЛП Экономическая часть 1 лист (А1). 8. Технологическая схема сборки и сварки изделия</p>
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Технологическая и конструкторская часть</p>	<p>Крампит М. А.</p>
<p>Эргономическая и экологическая часть</p>	<p>Солодский С. А.</p>
<p>Экономическая часть</p>	<p>Шиков В. П.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</p>	
<p> </p>	
<p> </p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p> </p>
--	----------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Ассистент кафедры СП</p>	<p>Крампит М. А.</p>	<p> </p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>3-10600</p>	<p>Ларионов В. С.</p>	<p> </p>	<p> </p>

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



Институт Юргинский технологический институт
 Направление подготовки (специальность) 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»
 Кафедра «Сварочное производство»
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015 – 2016 учебного года)

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.01.2016	Обзор литературы	20
17.02.2016	Объекты и методы исследования	20
17.03.2016	Расчеты и аналитика	20
17.04.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
20.05.2016	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры СП	Крампит М. А.			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Сапожков С. Б.	Д.т.н., доцент		

Юрга – 2016 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-10600	Ларионов В. С.

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность	Оборудование и технология сварочного производства

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

Оценка стоимости производства по базовому технологическому процессу секции кожуха электрода

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления*
2. *Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями*
3. *Определение затрат на основные материалы*
4. *Определение затрат на вспомогательные материалы*
5. *Определение затрат на заработную плату*
6. *Определение затрат на силовую электроэнергию*
7. *Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экономист ООО «ПроСнаб»	Шиков В. П.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10600	Ларионов В. С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10600	Ларионов В. С.

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность	Оборудование и технология сварочного производства

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i>	<i>Вредные и опасные производственные факторы, возникающие на участке сборки-сварки секции кожуха электрода</i>
<i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

2. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<i>Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.</i>
3. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i>	<i>Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>
4. <i>Охрана окружающей среды:</i>	<i>Вредные выбросы в атмосферу.</i>
5. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i>	<i>Перечень наиболее возможных ЧС на объекте</i>
6. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i>	<i>Проектирование системы приточно-вытяжной вентиляции на разрабатываемом участке.</i>

Перечень графического материала:

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	<i>Система вентиляции участка</i>
--	-----------------------------------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. БЖДЭ и ФВ	Солодский С. А.	К.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10600	Ларионов В. С.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 98 с., 2 рисунка, 19 таблиц, 19 источников, 3 приложения, 9 л. графического материала.

Ключевые слова: сварка плавлением, технология, режимы сварки, сила сварочного тока, сварочное оборудование, производительность, план участка, приспособление, промышленная безопасность, себестоимость.

Актуальность работы: в данной выпускной квалификационной работе производится проектирование оснастки и участка сборки-сварки секции кожуха электрода.

Объектом исследования является процесс изготовления секции кожуха электрода.

Цели и задачи исследования (работы). В результате данной работы следует получить производство с наибольшей степенью.

Работа представлена введением, пятью разделами (главами) и заключением, приведен список использованных источников.

В 1 разделе/главе «Обзор литературы» произведен обзор литературы.

Во 2 разделе/главе «Объект и методы исследования» Произведена формулировка проектной задачи и теоретический анализ.

В 3 разделе/главе «Результаты проведенного исследования» Произведен инженерный расчет, рассмотрены конструкторская, технологическая и организационная части

В 4 разделе/главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассмотрены сравнительный экономический анализ вариантов, расчет технико-экономической эффективности.

В 5 разделе/главе «Социальная ответственность» рассмотрена характеристика объекта исследования, вредные производственные факторы.

В заключении приведено обоснование выбора способов сварки, сварочных материалов и оборудования. Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда.

Abstract

Final qualifying work 98 p., 2 figures, 19 tables, 19 sources, 3 annexes, 9 l. graphic material.

Keywords: fusion welding technology, welding conditions, the welding current, welding equipment, performance, site plan, device, industrial safety, the cost price.

Relevance of the work: in the final qualifying work is done tooling design and site assembly welding electrode housing section.

The object of research is the process of making the section of the electrode housing.

The aims and objectives of the study (work). As a result of this work should be obtained from the production of the highest degree.

The work provides an introduction, five sections (chapters) and conclusion, a list of sources used.

In one section / chapter "Literature Review" produced a literature review.

In the 2nd section / chapter "Object and Methods" Produced formulation of project objectives and theoretical analysis.

In Section 3 / Chapter "The results of the study" Made engineering calculation, considered design, technological and organizational part

The 4 section / chapter, "Financial management, resource efficiency and resource conservation" considered a comparative economic analysis of the options, the calculation of technical and economic efficiency.

In section 5 / head of "Social Responsibility" The characteristics of the research object, harmful production factors ,.

In conclusion, given rationale for the selection of welding, welding consumables and equipment. Developed health and safety activities, occupational safety and health.

Оглавление

Введение	14
1 Обзор литературы	16
1.1 Особенности зажигания и горения дуги на малых токах при сварке в углекислом газе	16
1.2 Перенос электродного металла при сварке с импульсной подачей сварочной проволоки	16
1.3 Способ комбинированного управления процессом переноса электродного металла при механизированной дуговой сварке	17
1.4 Заключение	17
2 Объект и методы исследования	18
2.1 Формулировка проектной задачи	18
2.2 Теоретический анализ	18
3 Результаты проведенного исследования	20
3.1 Инженерный расчёт	20
3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов	20
3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки	25
3.1.3 Расчёт режимов сварки	27
3.2 Технологический раздел	30
3.2.1 Технологический анализ выбранного производства	30
3.2.2 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции	31
3.2.3 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального	34
3.2.4 Нормирование операций	34
3.2.5 Выбор технологического оборудования	37
3.2.6 Контроль технологических операций	40
3.2.7 Разработка технической документации	44

3.3 Конструкторская часть	45
3.3.1 Общая характеристика механического оборудования	45
3.3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений	46
3.4 Пространственное расположение производственного процесса	46
3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха	46
3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха	48
3.4.3 Расчет основных элементов производства	48
3.4.3.1 Определение требуемого количества оборудования	48
3.4.3.2 Определение состава и численности работающих	50
3.4.4 Планировка заготовительных отделений	52
3.4.5 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков	53
3.4.6 Степень и уровень механизации и автоматизации производственного процесса	54
3.4.7 Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений	55
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	58
4.1 Финансирование проекта и маркетинг	58
4.2 Сравнительный экономический анализ вариантов	58
4.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления	60
4.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями	61
4.2.3 Определение затрат на основные материалы	62
4.2.4 Определение затрат на вспомогательные материалы	63
4.2.5 Определение затрат на заработную плату	63
4.2.6 Определение затрат на силовую электроэнергию	64
4.2.7 Определение затрат на сжатый воздух	65
4.2.8 Определение затрат на амортизацию оборудования	65
4.2.9 Определение затрат на амортизацию приспособлений	66
4.2.10 Определение затрат на ремонт оборудования	66
4.2.11 Определение затрат на содержание помещения	67

4.3 Расчет технико-экономической эффективности	68
4.4 Основные технико-экономические показатели участка	69
5 Социальная ответственность	71
5.1 Описание рабочего места	71
5.2. Законодательные и нормативные документы	72
5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	74
5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	77
5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	77
5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	80
5.5 Охрана окружающей среды	80
5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	81
5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
Заключение	83
Список использованных источников	84
Приложение А. (Спецификация Секция кожуха электрода)	86
Приложение Б (Спецификация Приспособление сборочно-сварочное)	87
Приложение В (Технологический процесс)	88
Диск CD-R	В конверте на обложке
Графический раздел	На отдельных листах
ФЮРА.6М.12.10.236.00.000 СБ Секция кожуха электрода. Сборочный чертеж	Формат А1
ФЮРА.000001.236.00.000 СБ Приспособление сборочно- сварочное	Формат А1, А2
ФЮРА.000002.236 ЛП Директивный техпроцесс	Формат А1
ФЮРА.000003.236 ЛП План участка	Формат А1
ФЮРА.000004.236 ЛП Карта организации труда на производственном	

участке. Лист плакат	Формат А1
ФЮРА.000005.236 ЛП Безопасность жизнедеятельности	Формат А1
ФЮРА.000006.236 ЛП Экономическая часть	Формат А1
Технологическая схема сборки и сварки изделия	Формат А1

Введение

Начиная с середины XX века, сварка является одним из ведущих процессов обработки металлов. Существует более 40 различных видов сварки: ручная дуговая сварка; сварка в инертных активных газах; сварка под флюсом; электрошлаковая сварка; сварка давлением и т.д.

Сварка широко применяется в производстве, так как резко сокращается расход металла, сроки выполнения работ и трудоёмкость производственных процессов.

Механизация и автоматизация сварочного производства важнейшее средство повышения производительности труда, повышения качества сварного изделия, улучшений условий труда.

Сварка в среде защитных газов один из ведущих способов электродуговой сварки. Защитный газ, обтекая электрическую дугу и сварочную ванну, предохраняет расплавленный металл от воздействия атмосферы, окисления, азотирования.

Основными достоинствами сварки в защитных газах являются следующие:

- хорошая защита сварки от воздействия кислорода и азота воздуха;
- высокие механические свойства сварного шва;
- высокая производительность процесса сварки.
- отсутствие необходимости применения флюсов и последующей очистки шва от шлака;
- возможность наблюдения за процессом формирования шва;
- малая зона термического влияния;
- возможность полной механизации и автоматизации процесса сварки.

В последнее время все более внедряется в производство сварка в смеси двуокиси углерода с другими активными и инертными газами (Ar, He, N, H), что расширяет эксплуатационные возможности и улучшает качество сварных

соединений.

В данной выпускной квалификационной работе производится проектирование участка сборки и сварки секции кожуха электрода. В результате проведения данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации и автоматизации, повышающей производительность труда, качество сварного изделия, улучшение условий труда.

В современных условиях сварочного производства первостепенное значение имеет повышение производительности труда и снижение себестоимости изделия. Это обеспечивает качественно лучшее использование рабочей силы в процессе производства и повышение конкурентоспособности изделия на потребительском рынке, что является основной задачей в современной экономической политике России.

1 Обзор литературы

1.1 Особенности зажигания и горения дуги на малых токах при сварке в углекислом газе

При механизированной сварке в защитных газах проволоками диаметром 0,8-2,5 мм зажигание дуги происходит после нескольких соприкосновений электрода с изделием. Это ухудшает качество начальных участков швов, приводит к значительному увеличению вспомогательного времени, сварочных материалов и электроэнергии.

Согласно ГОСТ 25616—83, допускается возбуждение дуги после трех соприкосновений электрода с изделием. У сварочных выпрямителей ВДУ число коротких замыканий при зажигании дуги 1-4, а у однофазных 2-5. В отечественных и зарубежных источниках питания для улучшения зажигания дуги применяют "горячий старт", изменение скорости подачи электродной проволоки, а также их комбинации. Способ бесконтактного зажигания дуги имеет недостатки: диаметр застывшей капли на конце вылета электродной проволоки не должен превышать полутора-двух диаметров электрода, надежность зажигания зависит от угла подхода электрода к поверхности изделия, с увеличением диаметра проволоки и скорости ее подачи зажигание ухудшается [1].

1.2 Перенос электродного металла при сварке с импульсной подачей сварочной проволоки

Разбрызгивание непосредственно связано с переносом электродного металла — важным этапом получения качественного сварного соединения при сварке плавящимся электродом в CO_2 . Известно, что разбрызгивание связано с величиной капель электродного металла, переносимых сварочную ванну, следовательно, для уменьшения разбрызгивания при сварке в активных газах

необходимо снижать их объем. Существуют различные способы его снижения, и в частности управляемый перенос электродного металла. Последний можно разделить на способы технологические и энергетические. Одним из которых является сварка с импульсной подачей сварочной проволоки. При данном способе сварки управление величиной капель электродного металла осуществляется путем изменения шага подачи сварочной проволоки [2].

1.3 Способ комбинированного управления процессом переноса электродного металла при механизированной дуговой сварке

Совершенствование процессов механизированной дуговой сварки плавящимся электродом — актуальная задача, направленная на снижение потерь электродного металла, улучшение формы сварного соединения, повышение качества металла шва и ОШЗ, включая их служебные характеристики (механические свойства, плотность металла шва и др.). В последнее время все большее значение приобретают экономические аспекты данной проблемы.

К наиболее перспективным способам, обеспечивающим управление переносом электродного металла, а, следовательно, регулирование тепломассопереноса со снижением потерь электродного металла и влиянием на формирование сварного соединения, относятся основанные на применении источников сварочного тока с определенными алгоритмами управления (импульсных, с реализацией STT – технологии и др.), а также с импульсными алгоритмами подачи электродной проволоки [3].

1.4 Заключение

Основываясь на приведенных выше статьях, выбирается механизированная сварка в защитном газе (CO₂).

2 Объект и методы исследования

2.1 Формулировка проектной задачи

Целью выпускной квалификационной работы является сопоставление достигнутого выпускниками уровня гуманитарной, социально-экономической, естественнонаучной, общепрофессиональной и специальной подготовки с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования по специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства».

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо разработать участок сборки и сварки секции кожуха электрода. При этом произвести выбор наиболее эффективного метода сварки и сварочных материалов, расчёт режимов сварки и выбор необходимого сварочного оборудования, техническое нормирование операций, определить потребный состав всех необходимых элементов производства, произвести расчёт и конструирование оснастки, планировку участка сборки и сварки.

Помимо этого, разрабатываются эргономические и экономические мероприятия, которые совместно с технологической частью должны обеспечивать возможность создания наиболее современного и передового по техническому уровню и высокоэффективного сборочно-сварочного участка по выпуску продукции, при ее себестоимости, обуславливающей рентабельность производства и кратчайшие сроки окупаемости капитальных затрат, а также соблюдение других необходимых требований.

2.2 Теоретический анализ

В результате теоретического анализа существующего технологического процесса сборки и сварки секции кожуха электрода были выявлены существующие недостатки. Для устранения этих недостатков предлагается

произвести следующие изменения в технологическом процессе:

- сократить время производственного цикла за счет внедрения приспособления, что даст возможность уменьшить время, затрачиваемое на сборку;
- заменить ручную дуговую сварку на сварку плавящимся электродом в защитном газе;
- произвести замену оборудования на соответствующее новому технологическому процессу.

В результате внедрения в технологический процесс вышеуказанных изменений значительно улучшаются технические и экономические показатели, снижается себестоимость изделия, что в свою очередь приведет к увеличению конкурентоспособности изделия на рынке производства, сбыта и потребления, а, следовательно, к рентабельности производства данного изделия.

3 Результаты проведенного исследования

3.1 Инженерный расчёт

3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов

Изготавливаемое изделие – секция кожуха электрода. В качестве материала деталей секции кожуха электрода используется сталь марки Ст3.

Выбор этой стали обусловлен необходимостью в сочетании надежности конструкции с хорошей технологической свариваемостью Ст3 и небольшой себестоимостью [4].

Химический состав механические свойства Ст3 приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 - Химический состав Ст3 в % [5]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			Не более					
0,14-0,22	0,4-0,65	0,12-0,3	0,04	0,050	$\leq 0,3$ 0	$\leq 0,30$	0,30	0,08

Таблица 3.2 – Механические свойства Ст3 [5]

σ_b , Н/мм ²	σ_t , Н/мм ²	δ , %	KCU ₄₀ кДж/м ²
230	420	-	-

Для Ст3 рекомендуются следующие способы сварки: ручная дуговая, механизированная и автоматическая сварка в CO₂ электродной проволокой диаметром 0,8...2,0 мм; автоматическая дуговая сварка под флюсом электродной проволокой диаметром 1,6...5,0 мм; электрошлаковая сварка проволочными, пластинчатыми и комбинированными электродами [4].

Принимаем сварку плавящимся электродом в защитном газе CO₂ по ГОСТ 8050-76 сварочная, т. к. существует ряд преимуществ этих способов:

- возможность вести механизированную сварку, а т.к. в изготавливаемом изделии есть сварные швы протяженностью больше двух метров, то возможность использования автоматической сварки очень важна;
- высокая производительность;
- высокие механические свойства сварных соединений;
- меньшая склонность к образованию горячих трещин;
- меньшая себестоимость сварочных работ.

При сварке в защитном газе электродная проволока является единственным материалом, через который можно в достаточно широких пределах изменять состав и свойства металла шва. Состав металла шва выбирают близким к составу основного металла, при этом необходимые свойства металла получают за счёт сварочной проволоки. Сварку ведут проволокой с повышенным содержанием элементов - раскислителей. Выбираем проволоку Св-08Г2С-О по ГОСТ 2246-70.

Проволока Св-08Г2С-О ГОСТ 2246-70 выпускается диаметром от 0,3 до 12 мм. Она поставляется в мотках, упакованных в парафинированную бумагу или полиэтилен. К каждому мотку прикреплена бирка с названием завода-изготовителя, марка, диаметр, ГОСТ. На рабочее место проволока подаётся в кассетах, намотанных на специальных станках. Химический состав проволоки и механические свойства металла шва приведены в таблице 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Химический состав проволоки в % по ГОСТ 2246-70 [6]

Марка проволоки	Химический состав						
	С	Mn	Si	Ni	Cr	S	P
				не более			
Св-08Г2С-О	0,05÷0,11	1,8÷2,1	0,7÷0,95	≤0,025	≤0,02	≤0,025	≤0,03

Таблица 3.4 – Механические свойства металла шва [6]

Марка проволоки	σ_B , МПа	δ , %	КСУ, кДж/см ²	
			20 ⁰ С	-20 ⁰ С
СВ-08Г2С-О	540	24	100	60

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны принимаем углекислый газ по ГОСТ 8050-85 сварочная [4].

Двуокись углерода – бесцветный, неядовитый, тяжелее воздуха. Он хорошо растворяется в воде. Жидкая углекислота – бесцветная жидкость, плотность которой сильно изменяется с изменением температуры. Вследствие этого поставляется по массе, а не по объёму. При испарении 1 кг углекислоты образуется 509 литров двуокиси углерода.

Двуокись углерода поставляется по ГОСТ 8050-85 трёх сортов. Состав приведён в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Состав CO₂, в % [6]

Содержание	Сорт		
	Высший сорт	1 сорт	2 сорт
CO ₂ (не менее)	99,8	99,5	98,8
CO (не более)	0	0	0,05
Водяных паров при 760мм.рт.ст. и 20 ⁰ С (не более), г/см ³ .	0,178	0,515	Не проверяют

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. При определении понятия свариваемости металлов необходимо исходить их физической сущности процессов сварки и отношения к ним металлов. Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: процесс теплового воздействия на металл в околошовных зонах, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металлов в зоне сплавления. Следовательно, под свариваемостью необходимо понимать отношение металлов к этим основным

процессам. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точки зрения [7].

Тепловое воздействие на металл в околошовных участках и процесс плавления определяются способом сварки, его режимами. Отношение металла к конкретному способу сварки и режиму принято считать технологической свариваемостью. Физическая свариваемость определяется процессами, протекающими в зоне сплавления свариваемых металлов, в результате которых образуется неразъёмное сварное соединение.

Физическая свариваемость определяется свойствами соединяемых металлов, их способностью вступать между собой в требуемые физико-химические отношения. Все однородные металлы обладают физической свариваемостью.

Такие особенности сварки, как высокая температура нагрева, малый объём сварочной ванны, специфичность атмосферы над сварочной ванной, а также форма и конструкция свариваемых деталей и т.д. – в ряде случаев обуславливают нежелательные последствия:

- резкое отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химического состава, структуры и свойств основного металла;
- изменение структуры и свойств основного металла в зоне термического влияния;
- возникновение в сварных конструкциях значительных напряжений, способствующих в ряде случаев образованию трещин;
- образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;
- образование пористости и газовых раковин в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения и другое.

При различных способах сварки наблюдается заметное окисление компонентов сплавов. В стали, например, выгорает углерод, кремний,

марганец, окисляется железо. В связи с этим в определение технологической свариваемости должно входить:

- определение химического состава, структуры и свойств металла шва при том или ином способе сварки;
- оценка структуры и механических свойств околошовной зоны;
- оценка склонности сталей к образованию трещин, которая, однако, является не единственным критерием при определении технологической свариваемости;
- оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности сварного соединения.

Существующие методы определения технологической свариваемости могут быть разделены на две группы: первая группа – прямые способы, когда свариваемость определяется сваркой образцов той или иной формы; вторая группа – косвенные способы, когда сварочный процесс заменяется другими процессами, характер воздействия которых на металл имитирует влияние сварочного процесса. Первая группа даёт прямой ответ на вопрос о предпочтительности того или иного способа сварки, о трудностях, возникающих при сварке тем или иным способом, о рациональном режиме сварки и т.п. Вторая группа способов, имитирующих сварочные процессы, не может дать прямого ответа на все вопросы, связанные с практическим осуществлением сварки металлов, и они должны рассматриваться только как предварительные лабораторные испытания.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;
- третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, - это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного

соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [8]:

$$C_{\text{ЭКВ}}=C+(Mn/6)+(Si/24)+(Ni/10)+(Cr/5)+(Mo/4)+(V/14), \quad (3.1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах.

Если углеродный эквивалент $C_{\text{ЭКВ}}$ больше 0,45 процентов, то для обеспечения стойкости околошовной зоны против образования околошовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для Ст3:

$$C_{\text{ЭКВ}}=0,15+(0,4/6)+ (0,15/24)+ (0,3/10)+(0,3/5) = 0,31\%.$$

Сталь Ст3 - углеродистая ГОСТ 1050-74 [5]. Эта сталь относится к первой группе свариваемости и обладают хорошей свариваемостью [5]. Ограничения по свариваемости могут быть лишь по минимальной температуре окружающей среды (не ниже минус 10 градусов по Цельсию). Этому способствует ускоренное охлаждение шва. Кроме того, наплавленный металл иногда легируют небольшим количеством марганца и кремния через сварочную проволоку.

3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки

Состав металла шва при сварке в защитных газах плавящимся электродом определяется составом газа, составом электродного и основного металла, их долями в металле шва и ходом металлургических реакций в сварочной ванне.

Температура сварочной ванны является основным параметром, который определяет направление и интенсивность физико-химических процессов в ней.

При высокой температуре дуги происходит реакция диссоциации CO_2 [9]:



С повышением температуры увеличивается количество тепла, вводимого в изделие, что способствует снижению скорости охлаждения. С увеличением содержания кислорода в смеси, время существования ванны в жидком состоянии увеличивается, что способствует более плавному удалению неметаллических включений и дегазации металла сварочной ванны [8].

При сварке в среде CO_2 плавящимся электродом в зоне высоких температур происходит разложение углекислого газа по реакции:



Окисление металла происходит по реакции:



Но в тоже время большая концентрация окиси углерода будет тормозить этот процесс и задерживать окисление углерода стали:



При сварке в CO_2 происходит потеря легирующих элементов. Это приводит к повышенному содержанию кислорода в металле сварочной ванны. В результате возрастает вероятность образования пор из-за выделения оксида углерода в процессе кристаллизации, и снижаются механические свойства металла шва.

Образование пор из-за выделения окиси углерода при сварке углеродистых сталей предотвращается, если металл шва содержит до 0,12 - 0,14% С, не ниже 0,5 - 0,8% Мп. При этом металл шва характеризуется малой склонностью к образованию пор, трещин и достаточно высокими механическими свойствами.

В большинстве случаев при сварке сталей беспористые швы указанного выше состава получают при применении кремне - марганцовистых электродных проволок Св-08Г2С-О, обеспечивающих малую загрязненность металла шва оксидными включениями.

Содержащиеся в проволоке кремний и марганец, обладая большим

средством к кислороду, чем железо, связывают кислород, растворенный в металле:



Окислы кремния и марганца образуют легкоплавкие соединения, которые в виде шлака всплывают на поверхность сварочной ванны. При сварке в углекислом газе количество шлака на поверхности шва составляет примерно от 1 до 1,5 % массы наплавленного металла [8].

Содержание кремния и марганца в наплавленном металле шва, выполняемого в CO_2 проволокой Св – 08Г2С-О остается на необходимом уровне.

С увеличением выгорания кремния происходит образование горячих трещин, с уменьшением содержания кремния увеличивается количество расплавленного металла и уменьшается количество защитного газа на единицу массы переплавленного металла.

Технология сварки выбирается в зависимости от марки стали и требований, предъявляемых к сварным соединениям. Разработанная технология сварки должна обеспечивать получение достаточной работоспособностью при минимальной трудоемкости.

Конструктивные элементы подготовки кромок, типы сварных швов и их размеры при сварке в CO_2 должны соответствовать ГОСТ 14771-76. Основной металл до сборки в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги и других загрязнений.

3.1.3 Расчёт режимов сварки

Расчёт режима дуговой сварки.

Параметры режима дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом следующие [7]:

- диаметр электродной проволоки - $d_{\text{эл}}$;

- скорость сварки ϑ_c ;
- сварочный ток – I_c ;
- напряжение сварки – U_c ;
- вылет электродной проволоки – l_b ;
- скорость подачи электродной проволоки - $V_{эп}$;
- общее количество проходов - $n_{пр}$;
- расход газа $g_{зг}$.

Расчёт режимов сварки выполняем по размерам шва (ширине l и глубине проплавления h_p) [7].

Сварка механизированная, выполняется проволокой Св-08Г2С-О, в нижнем положении. Соединение тавровое типа Т1 с катетом 3 мм. показано на рисунке 3.1.

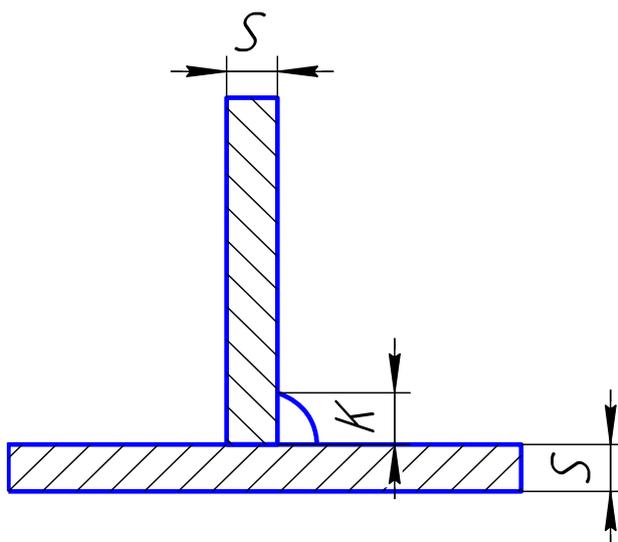


Рисунок 3.1 Соединение Т₁ 3 по ГОСТ 14771 – 76: $S_1=3$ мм.; $S_2=3$ мм.

S – толщина листа, K –катет

Определяем расчётную глубину проплавления по формуле [7]:

$$h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot K, \quad (3.8)$$

где K – катет шва.

Принимаем $h_p = 0,7 \cdot K$, тогда:

$$h_p = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ мм.}$$

Диаметр электродной проволоки $d_{эп}$ определяем по формуле [7]:

$$d_{\text{эл}} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05h_p, \quad (3.9)$$

$$d_{\text{эл}} = \sqrt[4]{2,1} \pm 0,05 \cdot 2,1 = 1,1 \dots 1,31 \text{ мм.}$$

Диаметр электродной проволоки принимаем $d_{\text{эл}} = 1,2 \text{ мм.}$

Скорость сварки определяем по формуле [7]:

$$V_c = K_v \cdot \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}}, \quad (3.10)$$

где K_v – коэффициент, зависящий от диаметра электродной проволоки, $K_v=1060$;

e – ширина сварного шва, мм.

$$e = \sqrt{2} \cdot K, \quad (3.11)$$

$$e = \sqrt{2} \cdot 3 = 4,2 \text{ мм.}$$

Подставляем значения в формулу (3.10) и получим:

$$V_c = 1060 \cdot \frac{2,1^{1,61}}{5,5^{3,36}} = 11,4 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 41 \frac{\text{м}}{\text{ч}}.$$

Силу сварочного тока определяем по формуле [7]:

$$I_c = K_i \cdot \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}}, \quad (3.12)$$

где K_i – коэффициент, зависящий от диаметра электродной проволоки, $K_i=460$.

$$I_c = 430 \cdot \frac{2,1^{1,32}}{5,5^{1,07}} = 184,8 \text{ А.}$$

Принимаем $I_c = 185 \text{ А.}$

Зная значение сварочного тока определяем напряжение сварки по формуле:

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot I_c,$$

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot 185 = 23 \text{ В.}$$

Вылет электродной проволоки определяем по формуле:

$$L_b = 10 d_{\text{эл}} \pm 2 d_{\text{эл}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 9,6 \dots 14,4 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле:

$$V_{\text{ЭП}} = 0,53 \cdot \frac{I_c}{d_{\text{ЭП}}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \frac{I_c^2}{d_{\text{ЭП}}^3}, \quad (3.14)$$

$$V_{\text{ЭП}} = 0,53 \cdot \frac{185}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{185^2}{1,2^3} = 82 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 294 \frac{\text{м}}{\text{ч}},$$

Расход защитной смеси рассчитываем по формуле:

$$q^{\text{зг}} = 0,2 I_c^{0.75}, \quad (3.15)$$

$$q^{\text{зг}} = 0,2 \cdot 185^{0.75} = 0,166 \text{ л/с} = 9,9 \text{ л/мин.}$$

Полученные результаты занесем в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Режимы сварки секции кожуха электрода

Тип шва	$d_{\text{ЭП}}$, мм	V_c , м/ч	I_c , А	U_c , В	l_b , мм	$V_{\text{ЭП}}$ мм/с	N
H1- \triangle 3	1,2	41	185	23	10-15	82	1
T1- \triangle 3	1,2	41	185	23	10-15	82	1

3.2 Технологический раздел

3.2.1 Технологический анализ выбранного производства

При разработке проекта в производстве изделия большое значение имеет определение целесообразных форм организации производственных процессов выпуска заданной продукции.

В зависимости от числа различных заданных видов изделий и повторяемости их изготовления может быть установлена принадлежность проектируемого цеха к определённому типу производства (единичное, мелкосерийное, крупносерийное, массовое). Однако не редко в одном цехе предусматривают организацию производства разных типов. Строгих границ между различными типами производств не существует.

Краткие характеристики перечисленных видов производств сводятся к следующему.

Единичное и мелкосерийное производство отличается большой и

неустойчивой номенклатурой выпускаемых изделий. В производственном процессе применяют универсальное оборудование «переналаживаемую оснастку». Отсутствует закрепление заготовок и деталей за оборудованием. В основном использует общецеховой транспорт.

В серийном производстве номенклатура выпускаемых изделий ограничена и достаточно устойчива. Изготовление изделий производят периодически повторяющимися сериями на специализированных участка. Применяют универсальное оборудование. Характерно применение простой и комбинированной оснастки. Используют общецеховой и напольный транспорт.

В крупносерийном производстве номенклатура выпускаемых изделий весьма ограничена и устойчива. Изделия производят периодически повторяющимися крупными сериями на специализированных участка, механизированных переменного-поточных линиях. Применяют специализированное оборудование, специальные приспособления. Широко используют подвесной и напольный транспорт.

Массовое производство отличается весьма устойчивой номенклатурой выпускаемой продукции, включающей один (редко два или три) тип изделия в большом количестве. Изделия производят с постоянным ритмом потока на комплексно-механизированных и автоматических поточных линиях с применением специализированного межоперационного транспорта.

На основании вышеизложенных характеристик и данных справочной литературы [10], учитывая, что годовая программа выпуска продукции составляет $N = 3000$ штук, а масса секции кожуха электрода равна 215,59 кг, заключаем, что проектируемое сварочное производство относится к типу серийного.

3.2.2 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции

Технологический процесс сборки и сварки секции кожуха электрода начинается с подбора деталей, входящих в сборочную единицу, согласно

комплектовочной карте.

Изготовление секции кожуха электрода начинается со сборки и сварки обечайки на вальцах (операции 010-030). Затем производится сварка ребер на сварочном столе (операции 035-080). Далее обечайка и ребра перемещается на сварочный кантователь, где производится установка ребер в обечайку по сборочному приспособлению, далее происходит сварка деталей (операция 085-090). Слесарная обработка и контроль осуществляются так же на кантователе (операции 095-100).

Подробно последовательность изготовления секции кожуха электрода приведена в технологическом процессе (Приложение В).

Сварная конструкция считается технологичной, если она сконпонована из такого количества элементов, с приданием им таких размеров и форм, применением таких видов и марок материалов и оборудования, оснастки и методов организации производства, которые при заданном объёме выпуска и полном выполнении эксплуатационных функций обеспечивают простое и экономичное изготовление конструкций, узлов и деталей, судят, прежде всего, по их себестоимости.

К технологичным изделиям обычно относятся конструкции с самой низкой себестоимостью, а сварные конструкции из большого числа металлоёмких элементов, изготовление которых известными способами и средствами невозможно, либо вызывает затруднение и усложнение технологических операций, повышения трудоёмкости, увеличение производительности цикла и повышение себестоимости относят нетехнологичным.

На стадии проектирования сварных конструкций уровень технологичности должен оцениваться по всей совокупности показателей, охватывающий заготовительную, обрабатывающую и сборочно-сварочную стадии производства.

Перечень показателей технологичности сварных конструкций устанавливается в зависимости от состава и характера факторов, к которым

относятся: число и конструктивно-технологическая сложность элементов (заготовок, деталей, узлов), используемых при изготовлении сварной конструкции; уровень унификации, стандартизации и взаимозаменяемости элементов конструкции; степень соответствия размеров и форм готовых деталей; количество обрабатываемых поверхностей; требование к качеству обработки, к точности сборки под сварку; объём трудоёмких подгоночных операций; использование новых материалов.

Оценка технологичности.

Технологичность – совокупность свойств конструкции, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ [10].

Технологичность конструкции изделия может быть различной для разных типов производства и должна рассматриваться в комплексе с заготовительными операциями.

Для толщин от 3 до 6 мм используются механические способы резки, так как этот метод является наиболее целесообразным.

Использование прессы или гильотинных ножниц позволяет обеспечить достаточно хорошее качество кромок, что позволяет не применять дополнительной механической обработки для обеспечения необходимого качества кромок.

Использование стационарных листов, рациональное расположение деталей и заготовок на поверхности листа обеспечивает достаточно высокий коэффициент использования металла.

Применение сварочной оснастки позволяет до минимума сократить потери рабочего времени на установку и кантовку при сварке. Это позволяет снизить трудоёмкость и длительность производственного процесса.

3.2.3 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального

Весь технологический процесс представляет собой последовательность взаимосвязанных операций.

В предлагаемом варианте технологического процесса работы, сопряжённые с нагрузками, выполняются с использованием крана мостового.

Согласно базовому технологическому процессу при изготовлении секции кожуха электрода сварка ведется ручной дуговой сваркой источником питания (выпрямитель) – ВДМ-1200С.

Заменим сварочное оборудование на отечественный сварочный полуавтомат Форсаж-302 с механизмом подачи проволоки Форсаж-МП5.

Предлагаемый технологический процесс сборки и сварки секции кожуха электрода выполняется механизированной сваркой в среде углекислого газа.

3.2.4 Нормирование операций

Техническое нормирование является основой правильной организации труда и заработной платы, а технические нормы времени - главным критерием при расчете потребного количества и загрузки оборудования и определения числа рабочих.

Норма штучного времени $T_{ш}$, мин. для всех видов дуговой сварки определяется по формуле [11]:

$$T_{ш} = (T_{н.ш-к} \cdot L + t_{ви}) K_{п}, \quad (3.16)$$

где $T_{н.ш-к}$ – неполное штучно-калькуляционное время, мин.,

L – длина свариваемого шва по чертежу, мм,

$t_{ви}$ – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования, мин.

Неполное штучно-калькуляционное время определяется по формуле:

$$T_{н.ш-к} = (T_0 + t_{вш}) \cdot [1 + (a_{обс.} + a_{от.л} + a_{п-з}) / 100], \quad (3.17)$$

где T_0 – основное время сварки, мин;

$t_{вш}$ – вспомогательное время, зависящее от длины свариваемого шва, согласно литературе [11] составляет 0,75 мин;

$a_{обс.}, a_{от.л.}, a_{п-з}$ – соответственно время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, подготовительно - заключительную работу, % к оперативному времени.

Для механизированной сварки в смеси газов плавящимся электродом сумма коэффициентов составляет 27%, [11].

Основное время для механизированной сварки в смеси газов определяется по формуле:

$$T_o = \frac{F_1 \cdot \gamma \cdot 60}{I_1 \cdot \alpha_n} + \frac{F_n \cdot \gamma \cdot 60}{I_n \cdot \alpha} \quad (3.18)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, $мм^2$,

I – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, $г/см^3$;

α_n – коэффициент наплавки, $г/(А \cdot ч)$.

Для примера рассчитаем норму времени механизированной сварки в защитном газе на выполнение шва Н1- Δ 3 (рисунок 3.2) в операции 025 приварки кромки листа поз. 1.

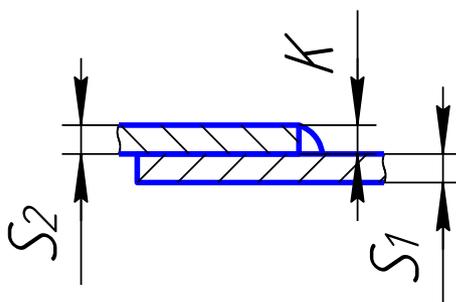


Рисунок 3.2 Соединение Н1- Δ 3 по ГОСТ 14771 – 76: $S_1=3мм.$; $S_2=3 мм.$

Исходные данные:

- марки сталей: Ст3;
- марка электродной проволоки Св-08Г2С-О ГОСТ 2246 – 70 (для предлагаемого варианта);
- сварной шов нахлесточный без разделки;
- шов по ГОСТ 14771-76 – Н1- Δ 3;

- длина шва 1172 мм;
- положение шва нижнее;
- площадь поперечного сечения наплавленного металла шва

$$F = 5,69 \text{ мм}^2;$$

- коэффициент наплавки для сварочной проволоки Св-08Г2С-О при механизированной сварке составляет $\alpha_n=15 \text{ г}/(\text{А}\cdot\text{ч})$.

Количество проходов – $n = 1$ шт.

$$T_o = \frac{5,69 \cdot 7,85 \cdot 60}{185 \cdot 15} = 0,96 \text{ мин.}$$

Неполное штучно-калькуляционное время находим по формуле:

$$T_{\text{н.шт-к}} = (0,96 + 0,75) \cdot \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 2,18 \text{ мин.},$$

где $t_{\text{ви}}$ согласно литературе [12] составляет 2,7 мин.

Определим норму штучного времени:

$$T_{\text{шт}} = 2,18 \cdot 1,172 + 2,7 = 5,27 \text{ мин.},$$

Данные расчетов сводим в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления секции кожуха электрода

№ опер.	Базовый техпроцесс		Предлагаемый техпроцесс	
	Наименование операции	$T_{\text{шт}}$, мин.	Наименование операции	$T_{\text{шт}}$, мин.
1	2	3	4	5
005	Комплектовочная	-	Комплектовочная	-
010	Вальцовка	5,2	Вальцовка	5,2
015	Сварочная	1,7	Сварочная	1,7
020	Вальцовка	0,6	Вальцовка	0,6
025	Сварочная	6,03	Сварочная	5,25
030	Зенковка	–	Зенковка	–
035	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
040	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4	5
045	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
050	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
055	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
060	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
065	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
070	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
075	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
080	Сборочно-сварочная	13,73	Сборочно-сварочная	11,74
085	Сборочно-сварочная	5,13	Сборочно-сварочная	4,35
090	Сборочно-сварочная	97,11	Сборочно-сварочная	78,56
095	Слесарная	27,6	Слесарная	27,6
100	Контроль	26	Контроль	26
Итого		306,68		266,64

3.2.5 Выбор технологического оборудования

Рассчитанные параметры режима позволяют сформулировать требования к оборудованию для сварки данного сварного изделия. Основными критериями для окончательного выбора рациональных типов оборудования должны служить их следующие принципы:

1. Техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой технологии;
2. Наибольшая эксплуатационная надежность и относительная простота обслуживания;
3. Наибольший КПД и наименьшее потребление электроэнергии при эксплуатации;
4. Наименьшие габаритные размеры оборудования;
5. Наименьшая масса;

6. Наименьшая сумма первоначальных затрат на приобретение и монтаж оборудования;

7. Минимальный срок окупаемости.

Исходя из соображений технологического, экономического и эксплуатационного характера было выбрано следующее сварочное оборудование [9]:

Выбираем полуавтомат для дуговой сварки в защитном газе. Сварка ведется в закрытом помещении. Полуавтомат должен обеспечивать сварочный ток 180...190 А; диаметр проволоки 1,2 мм; скорость подачи электродной проволоки 290 м/ч...300 м/ч. Исходя из этих данных выбираем сварочный полуавтомат Форсаж-302 с механизмом подачи проволоки Форсаж-МП5 [12].

Сварочный полуавтомат – Форсаж-МП5 с выпрямителем Форсаж-302 предназначен для:

- полуавтоматической дуговой сварки сплошной плавящейся электродной проволокой диаметром 0,8-1,6 мм металлических конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей в среде CO_2 и смесях $\text{Ar}+\text{CO}_2$;
- полуавтоматической дуговой сварки и наплавки порошковой проволокой диаметром 1,0-2,2 мм открытой дугой или в среде защитного газа низкоуглеродистых и низколегированных сталей;
- ручной дуговой сварки штучным электродом;
- аргоно-дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом с контактным способом поджига дуги и использованием вентильной горелки.

Достоинства механизма подачи проволоки Форсаж-МП5:

- четырехроликовое подающее устройство фирмы «СООРТИМ» (Венгрия);
- плавная регулировка и высокая стабильность скорости подачи сварочной проволоки;
- регулировка длительности подачи газа до и после сварки;
- регулировка времени «растяжки дуги»;
- дистанционное включение сварочного выпрямителя при нажатии

кнопки сварочной горелки;

- возможность увеличения длины кабеля управления, соединяющего источник тока и механизм подачи проволоки (до 30 м), с сохранением стабильных параметров сварки;

- возможность применения в стесненных условиях.

Достоинства сварочного инвертора Форсаж-302:

- современная инверторная технология;
- идеальные сварочные свойства;
- установка и контроль по цифровым индикаторам сварочного тока с точностью до 1 А и напряжения с точностью до 0,1 В;

- встроенный блок питания для механизма подачи проволоки с выходным напряжением +24 В;

- возможность питания от автономных электростанций;

- автоматическое отключение при перепадах напряжения сети;

- защита от перегрева, перегрузки или при аварии.

Технические характеристики полуавтомата " Форсаж-302 с механизмом подачи проволоки Форсаж-МП5.

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, 50Гц, В	3x380 ± 10%
Номинальный сварочный ток, А,	315
Продолжительность включения, ПВ, при номинальном токе и цикле сварки 10 мин., (%)	60
Диапазон регулирования сварочного тока, А	20-315
Диапазон регулирования рабочего напряжения, В	15-30
Плавное регулирование скорости подачи сварочной проволоки, м /мин:	1,0-15,8
Диаметр сплошной сварочной проволоки, мм	0,8-1,6
Диаметр порошковой сварочной проволоки, мм	1,2-2,2
Регулируемое время в режиме «растяжка дуги», с	0,2-0,5
Регулируемое время продувки газа до сварки, с	0,5-0,8

Регулируемое время продувки газа после сварки, с	0,5-4,0
Мощность двигателя подающего устройства, Вт	65
Род сварочного тока	постоянный
Вид регулирования сварочного напряжения	плавное
Охлаждение	принудительное
Кол-во ведущих роликов, шт.	4
Тип разъема сварочной горелки	евроразъем
Индикация сварочного напряжения, тока (на источнике)	цифровая
Масса проволоки на кассете, кг, не более	5
Диаметр кассеты с проволокой, мм, не более	200
Температура эксплуатации, °С	-10...+40
Габаритные размеры, (ДхШхВ) мм	
- механизм подачи:	460x180x260
- источник питания (выпрямитель)	425x185x355
Масса, кг	
- механизм подачи:	12
- источник питания (выпрямитель)	16

3.2.6 Контроль технологических операций

Обеспечение высокого качества сварочных работ – наиболее важная проблема в области сварки.

Качество сварных соединений в значительной мере определяет эксплуатационную надёжность и экономичность конструкции [13].

Дефекты сварных соединений – отклонения от заданных свойств, сплошности и формы шва, свойств и сплошности околошовной зоны, что приводит к нарушению прочности и других эксплуатационных характеристик изделия.

Дефекты бывают наружные, внутренние и сквозные.

Дефекты формы и размеров шва:

- неполномерность швов;
- неравномерность шва;
- несимметричность шва;
- бугристость шва;
- грибовидность;
- боковые выплески металла;
- подрезы шва;
- наплывы;
- прожоги.

Дефекты, нарушающие сплошность сварных соединений:

- непровары;
- трещины;
- поры;
- шлаковые включения.

Дефекты могут быть допустимыми и недопустимыми. Вид и размер допустимых дефектов обычно указывается в технических условиях или стандартах на данный вид изделия.

Проверка качества сварки в готовом изделии производится внешним осмотром и измерением сварного шва. Внешним осмотром выявляют несоответствие шва геометрическим размерам, наплывы, подрезы, глубокие кратеры, прожоги, трещины, непровары, свищи и поры и т.д. [13].

Сварные соединения рассматриваются невооружённым глазом или с помощью лупы при хорошем освещении; обмер швов производят с помощью инструментов и шаблонов - катетомеров.

Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними.

Сварка, как и другие процессы обработки металлов, вызывает возникновение в изделиях собственных напряжений.

В зависимости от причины, вызвавшей напряжения, различают:

- тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температур при сварке;

- структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений.

- в зависимости от времени существования:
- временные - существующие лишь в определённый момент времени;
- остаточные - остаются в изделии после исчезновения причины, их вызвавшей.

В зависимости от размеров области:

- напряжения первого рода, которые действуют и уравниваются в крупных объёмах, соизмеримых с размерами изделия или его основных частей;
- напряжения второго рода – уравниваются в микрообъёмах тела в пределах одного или нескольких зёрен металла;
- напряжения третьего рода – уравниваются в объёмах, соизмеримых с атомной решёткой.

Сварочные напряжения являются напряжениями первого рода.

По направлению действия напряжения и деформации различают:

- продольные (вдоль оси шва);
- поперечные (поперёк оси шва).

По виду напряжённого состояния:

- линейные (действующие в одном направлении);
- плоскостные (действующие в двух направлениях);
- объёмные (действующие в трёх направлениях).

В зависимости от изменения при сварке форм и размеров детали различают:

- деформации в плоскости – проявляются в изменении формы и размеров детали. Они могут быть продольными, поперечными и изгиба;
- деформации из плоскости – проявляются в образовании поперечных или продольных волн, изломов и т.д.

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно расчленить на две основные группы:

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения

деформаций и напряжений;

- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие возникших напряжений [13].

С целью предотвращения развития деформаций, обеспечения требуемых форм и точности сварных конструкций, проводятся различные мероприятия, начиная со стадии проектирования и, кончая самим процессом изготовления сварного изделия:

- минимальная протяжённость сварных швов, минимальное сечение швов, удовлетворяющее расчётным условиям, что приводит к уменьшению остаточных деформаций и напряжений;

- симметричное расположение швов;

- оптимизация последовательности выполнения сборочно-сварочных работ;

- закрепление изделия в приспособлениях;

- прихватка деталей для исключения смещения их при сварке.

Эти меры в полной мере обеспечивают достаточно хорошее качество изделия. Применение каких-либо других способов борьбы с деформациями и напряжениями нецелесообразно, так как это ведёт к неоправданному удорожанию изделия.

При изготовлении секции кожуха электрода применяется визуальный способ контроля сварных швов. Данным способом контролируют исходные детали и готовую продукцию, обнаруживают отклонения формы деталей и изделий, изъяны металла, обработки поверхности и видимые дефекты сварных швов.

Преимущества визуального контроля:

- простота контроля;

- несложное оборудование;

- малая трудоемкость.

3.2.7 Разработка технической документации

Основное требование к технологии любой совокупности операций, выполняемых на отдельном рабочем месте, заключается в рациональной их последовательности с использованием необходимых приспособлений и оснастки.

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [14].

Разработка технологических процессов включает:

1 расчленение изделия на сборочные единицы;

2 установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;

3 выбор типов оборудования и способов сварки.

В результате должны быть достигнуты:

- возможная наименьшая трудоёмкость;

- минимальная продолжительность производственного цикла;

- минимальное общее требуемое число рабочих;

- наилучшее использование производственного транспорта вспомогательного оборудования;

- возможный наименьший расход производственной энергии.

Для удобного расположения всех записей и расчётных данных технологический процесс выполняют на особых бланках, называемых ведомостями технологического процесса, технологическими и инструкционными картами.

Эти бланки после их заполнения составляют документацию разработки технологического процесса, которые должны содержать:

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы;
- число данных сборочных единиц в изделии;
- перечень данных сборочных единиц в изделии;
- название цеха;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;
- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоёмкости, расходы основных и вспомогательных материалов [11].

3.3 Конструкторская часть

3.3.1 Общая характеристика механического оборудования

Механизация и автоматизация производственного процесса изготовления сварных изделий представляет собой одну из основных задач современного сварочного производства, решение которой значительно повышает производительность труда.

Сборочные операции при изготовлении сварных конструкций имеют целью – обеспечение правильного взаимного расположения деталей собираемого изделия. Наиболее рационально для сборки использовать прижимы.

Специальное сборочное приспособление позволяет улучшить качество сборки. Применение при этом пневматических прижимов значительно сокращает вспомогательное время, особенно если требуется зажать изделие одновременно в нескольких местах.

В связи с тем, что изделие обладает значительной массой для кантовки и перемещения используется кран мостовой грузоподъемностью 10 тонн.

3.3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса являются комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства. Специфическая особенность этого производства - резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно сварочные операции по своей трудоемкости составляют всего 25-30 процентов общего объема сборочно - сварочных работ, остальные 70-75 процентов приходятся на долю сборочных, транспортных и различных вспомогательных работ, механизация и автоматизация которых осуществляется с помощью так называемого механического сварочного оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации сварочного производства, то их можно охарактеризовать цифрой 70-75 процентов всего комплекса цехового оборудования [15].

В данной выпускной квалификационной работе в предлагаемом технологическом процессе используется приспособление сборочно -сварочное (см. ФЮРА.000001.236.00.000 СБ).

3.4 Пространственное расположение производственного процесса

3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса, требует разработки чертежей плана и разрезов проектируемого цеха [10].

Независимо от принадлежности к какой-либо разновидности сварочного

производства сборочно-сварочные цехи могут включать следующие отделения и помещения:

- производственные отделения: заготовительное отделение включает участки: правки и наметки металла, газопламенной обработки, станочной обработки, штамповочный, слесарно-механический, очистки металла.

Сборочно-сварочное отделение, подразделяющееся обычно на узловую и общую сборку и сварку, с производственными участками сборки, сварки, наплавки, пайки, термообработки, механической обработки, испытания готовой продукции и исправления пороков, нанесения покрытий и отделки продукции;

- вспомогательные отделения: цеховой склад металла, промежуточный склад деталей и полуфабрикатов с участком их сортировки и комплектации, межоперационные складочные участки и места, склад готовой продукции цеха с контрольными и упаковочными подразделениями и погрузочной площадкой; кладовые электродов, флюсов, баллонов с горючими и защитными газами, инструмента, приспособлений, запасных частей и вспомогательных материалов, мастерская изготовления шаблонов, ремонтная, отделение электромашинное, ацетиленовое, компрессорное, цеховые трансформаторные подстанции;

- административно - конторские и бытовые помещения: контора цеха, гардероб, уборные, умывальные, душевые, буфет, комната для отдыха и приема пищи, медпункт [10].

Проектируемый в составе завода самостоятельный сборочно-сварочный цех всегда является, с одной стороны, потребителем продукции заготовительных и обрабатывающих цехов и складов завода, а с другой стороны – поставщиком своей продукции для цехов окончательной отделки изделий и для общезаводского склада готовой продукции.

Таким образом, между проектируемым сборочно-сварочным цехом и другими цехами, сооружениями и устройствами завода существует определенная производственная связь, необходимая для облегчения нормального выполнения процесса изготовления заданной продукции по заводу

в целом.

При проектировании как всего завода, так и его отдельных цехов необходимо стремиться к осуществлению прямопоточности всех производственных связей между отдельными цехами, к недопущению возвратных перемещений материалов и изделий.

3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха

Размещение цеха - всех его производственных отделений и участков, а также вспомогательных, административно-конторских и бытовых помещений должно по возможности полностью удовлетворять всем специфическим требованиям процессов, подлежащих выполнению в каждом из этих отделений.

Эти требования обуславливаются главным образом индивидуальными особенностями заданных сварных конструкций и соответствующих рационально выбранных способов их изготовления; характерными особенностями типа производства и организационных форм его существования; степенью производственной связи основных отделений и участков с другими производственными и вспомогательными отделениями цеха [10].

Для проектируемого участка сборки и сварки секции корпуса электрода принимаем схему компоновки производственного процесса с продольным направлением производственного потока. Направление производственного потока на таком участке совпадает с направлением, заданным на плане цеха. Продольное перемещение обрабатываемого металла и изготавливаемых деталей, сборочных единиц и изделий выполняется кран – балкой, а поперечное (на складах) – автокарами либо краном мостовым.

3.4.3 Расчет основных элементов производства

3.4.3.1 Определение требуемого количества оборудования

Необходимое количество оборудования определяется по формуле [10]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot K_{вн}}, \quad (3.24)$$

где N – годовая производственная программа, шт., $N = 3000$ шт.

$T_{шт}$ - трудоемкость определенной операции, мин.;

F_d - действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч, $F_d = 3752$ ч.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм., $K_{вн} = 1,0$.

Определяем необходимое количество вспомогательных приспособлений, оборудования и рабочих и данные расчета сводим в таблицы 3.8, 3.9 и 3.10. Определение количества оборудования осуществляем путем округления расчетного количества оборудования C_p до целого числа в большую сторону.

Коэффициент загрузки оборудования определяем по формуле [10]:

$$K_{зо} = C_p / C_{п} \cdot 100, \quad (3.25)$$

где C_p - расчетное количество оборудования, шт.;

$C_{п}$ - принятое количество оборудования, шт.

Таблица 3.8 – Количество вспомогательного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

№ операции	Наименование оборудования	$T_{шт}$, мин	C_p , шт	$C_{п}$, шт	$K_{зо}$, %
Базовый технологический процесс					
010-025	Вальцы	13,53	0,18	1	18
035-080	Сварочный стол	137,3	1,83	2	91,4
085-100	Кантователь	155,84	2,07	3	69
Предлагаемый технологический процесс					
010-025	Вальцы	12,75	0,17	1	16,98
035-080	Сварочный стол	117,37	1,56	2	78,1
085-100	Кантователь Приспособление Сборочно-сварочное	136,51	1,82	2	90,9

В соответствии с количеством рабочих мест принимаем для базового количество сварочного оборудования равным 1 шт. и принятого количество сварочного оборудования равным 4 шт. и заносим в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 - Количество сварочного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

Технологический процесс	С _п , шт	К _{зо}
Базовый	1	68,7
Предлагаемый	4	88,77

3.4.3.2 Определение состава и численности работающих

Определим необходимое количество основных рабочих. Основными считаются те рабочие, которые заняты выполнением операций технологического процесса по изготовлению продукции. Количество основных рабочих – списочное и явочное определяется по формуле [14]:

$$P_{\text{сп}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.26)$$

$$P_{\text{яв}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{н}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.27)$$

где N – годовая программа выпуска изделия, шт.; N = 3000 шт.

T_{шт} - трудоемкость технологического процесса, мин.;

F_д – действительный фонд рабочего времени, ч F_д = 1739 ч.;

F_н- номинальный фонд рабочего времени, ч; F_н=1976 ч.;

K_{вн}- коэффициент выполнения норм.

Численность основных рабочих рассчитывается для двухсменного режима работы. Затем полученное число рабочих распределяют по сменам и по операциям технологического процесса в зависимости от загрузки оборудования на этих операциях.

Расчетная величина численности основных рабочих получается дробной, поэтому ее округляют до целого числа в большую сторону и называют

принятой $P_{п}$.

Численность вспомогательных рабочих рассчитывается в процентах от основных рабочих по формуле [14]:

$$P_{всп} = P_{сп} \cdot \Pi / 100, \quad (3.28)$$

где $P_{сп}$ - принятое списочное число основных рабочих, чел.;

Π – процент вспомогательных рабочих, $\Pi = 25\%$.

Численность инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала определяем по формуле [14]:

$$P_{итр} = (P_{сп} + P_{всп}) \times \Pi / 100, \quad (3.29)$$

где Π для ИТР – 8%, МОП – 2%, контролеры – 1%.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Количество рабочих на участке

Вариант технологического процесса	Базовый	Предлагаемый
Трудоемкость $T_{ш}$, ч.	5,11	4,44
Расчетное/принятое списочное число основных рабочих $P_{сп}$ и $P_{п}$, чел.	8,82/9	7,67/8
Расчетное/принятое явочное число основных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	7,76/8	6,75/7
Расчетное/принятое число вспомогательных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	2,25/3	2/2
Расчетная/принятая численность ИТР, чел.	0,96/1	0,8/1
Расчетная/принятая численность МОП, чел.	0,24/1	0,2/1
Расчетная/принятая численность контролеров, чел.	0,21/1	0,1/1

Определяем коэффициент сменности по формуле [10]:

$$k_p = P_{яв} / P_{яв1}, \quad (3.30)$$

где k_p - коэффициент сменности,

$P_{яв1}$ - число рабочих в первую смену, чел.

Для базового технологического процесса:

$$k_p = 7/4 = 1,75.$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$k_p = 8/5 = 1,6.$$

3.4.4 Планировка заготовительных отделений

Заготовительные отделения сборочно-сварочного цеха обычно располагают в продольных пролетах. При этом они либо служат продолжением продольных пролетов сборочно-сварочных отделений, либо располагаются параллельно этим пролетам.

Заготовительные отделения для данной компоновки, когда пролеты сборочно-сварочного и заготовительного отделений составляют продолжения один другого, планируют в следующем порядке:

- из общего количества различных сортов металла, подлежащего обработке в заготовительном отделении, выделяют группы сходных сортаментов, поддающихся обработке на одинаковых группах станков;

- общее количество станков различных типоразмеров подразделяют на количество групп, равное установленному выше количеству групп подлежащих обработке сортаментов металла;

- количество групп станочного оборудования, полученное на основе описанных выше данных, размещают в пролетах заготовительного отделения, число которых равно установленному ранее числу пролетов сборочно-сварочного отделения [10].

Если при планировке заготовительного отделения требуемое число пролетов последнего получается меньше установленного количества пролетов для сборочно-сварочного отделения, площадь, остающаяся в пролетах, не занятых заготовительным отделением, используют для размещения различных вспомогательных производств и помещений (мастерских – инструментальной, ремонтной) [10].

3.4.5 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков

При разработке плана отделений узловой и общей сборки и сварки основным является определение требуемого числа пролетов и необходимых размеров каждого из них – длины, ширины, высоты. Эти параметры, принятые приближенно при составлении компоновочной схемы цеха, подлежат уточнению в процессе подробной разработки технологического плана с учетом рекомендуемых размеров пролетов по нормам технологического проектирования.

При детальном проектировании основным методом уточнения указанных параметров плана отделений сборки и сварки служит последовательное (по ходу выполнения технологического процесса) размещения на плане принятого по расчету количества оборудования, сборочно-сварочных стендов и других рабочих мест. При этом стремятся не только обеспечить прямоточность производства, но также достигнуть наилучшего использования грузоподъемности транспортных средств.

В схеме компоновки цеха с продольным направлением производственного потока процессы как узловой, так и общей сборки, и сварки каждого изделия расположены в одних и тех же продольных пролетах, специализация которых осуществляется по производству отдельных типов заданных для изготовления изделий. В связи с этим для рассматриваемой схемы планировки цеха необходимое число пролетов зависит от количественного соотношения заданных к производству изделий разных типов. В таком случае требуемое число пролетов можно приближенно оценить на основе их специализации с уточнением его в процессе последующего размещения оборудования и рабочих мест на плане проектируемого цеха [10].

После проведения всех подсчетов и установления на основе указанных выше соображений рационального взаимного расположения продольных пролетов приступают к нанесению на бумагу в принятом масштабе сетки колонн проектируемого цеха и к размещению в его пролетах оборудования и

рабочих мест.

Планировку элементов производства в каждом пролете сборочно-сварочных отделений выполняют сообразно с последовательностью работ, указанной в ранее разработанной карте технологического процесса.

Одновременно с вычерчиванием габаритов рабочих мест в проходах, вокруг последних указывают также размещение рабочих.

3.4.6 Степень и уровень механизации и автоматизации производственного процесса

Результаты разработки и внедрения в проект сборочно-сварочного участка изготовления секции кожуха электрода комплексной механизации и автоматизации оценивают особыми показателями, определяющими достигнутые степень и уровень механизации и автоматизации предусмотренных работ по изготовлению заданных к выпуску изделий.

Прежде всего, всякая замена ручного труда работой машин и автоматов является механизацией и автоматизацией производственных процессов.

Однако машины и автоматы бывают разные. Одни из них могут представлять собой менее или более прогрессивную технологию изготовления изделий и, следовательно, отличаться меньшей или большей производительностью, чем другие. Поэтому, наряду с определением количественного охвата всех работ механизацией и автоматизацией необходимо определять ее качественный уровень.

Количественный уровень (степень) механизации выражают в процентах и вычисляют по формуле [11]:

$$C_m = \frac{k \cdot T_m}{T_{nm} + kT_m} \cdot 100\%, \quad (3.31)$$

где T_m – трудоемкость работ, выполняемых механизированным способом, мин.,
 $T_m = 13332$ мин.;

T_{nm} – трудоемкость работ, выполняемых немеханизированным способом,
 $T_{nm} = 13730$ мин.;

k – коэффициент повышения производительности труда на данном участке, $k = 2$ [10].

$$C_M = \frac{2 \cdot 13332}{137730 + 2 \cdot 13332} \cdot 100 = 66 \%$$

Качественный уровень механизации производственного процесса можно определить по формуле [10]:

$$Y_M = C_M(1 - 1/k) = 66(1 - 1/2) = 33\% \quad (3.32)$$

3.4.7 Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений

При каждом сборочно-сварочном цехе либо в отдельном здании вблизи цеха должны быть предусмотрены административно-конторские и бытовые помещения.

Правила проектирования административно-конторских и бытовых помещений изложены в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий». Перечень этих помещений, а также расчетные нормы требуемой площади для данного участка сборки и сварки секции кожуха электрода представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Планировка административно-конторских и бытовых помещений

Помещения	Расчетная единица	Условия для определения требуемого количества расчетных единиц	Площадь, м ²	
			Полезная	Общая
1	2	3	4	5
Контора цеха	Рабочее место	Один стол на каждого сотрудника	-	4x3
Гардеробные	Индивидуальный шкаф 0,35x0,5 м	Один шкаф на каждого работающего по списочному составу	0,18	0,43x15

Продолжение таблицы 3.11

1	2	3	4	5
Уборные	Кабина 1,2x0,9 м Шлюз (тамбур)	При максим. явочном числе работающих в смену до 20 чел.	1,08 -	3,06x8 6,8
Душевые	Кабина 0,9x0,9 м	Одна кабина на каждые 10 явочных рабочих	0,81	1,62x2
	Место для переодевания 0,7x0,5 м	Три места на каждую кабину	0,35	1x6
	Тамбур	Между душевой и раздевальной один тамбур	-	4
Помещения для приема пищи	Комната	1 м ² /чел. По явочному составу	-	1x8

Все бытовые и административно-конторские помещения цеха часто размещают в особой пристройке к основной производственной части здания цеха. Местоположение и общую компоновку этой пристройки с остальной частью здания цеха выбирают таким образом, чтобы при увеличении масштабов производства бытовые помещения не могли служить препятствием для расширения производственной части здания.

В целях сокращения пути, который должен проходить рабочий, гардеробные следует располагать возможно ближе к входам в цех. В непосредственной близости от них должны быть расположены уборные, умывальные и душевые.

В целях осуществления санитарно-гигиенических требований эксплуатации бытовых помещений помещения для принятия пищи рекомендуется располагать на достаточно большом расстоянии от места расположения уборных [14].

4.1 Финансирование проекта и маркетинг

Маркетинг - это организационная функция и совокупность процессов создания, продвижения и предоставления ценностей покупателям и управления взаимоотношениями с ними с выгодой для организации. В широком смысле задачи маркетинга состоят в определении и удовлетворении человеческих и общественных потребностей.

Финансирование проекта осуществляется на 50% за счет заказчика, а 50% берет предприятие в банке. Погашение кредита будет осуществляться в соответствии с графиком утвержденным банком выдавшим кредит с учетом процентной ставки банка. Окончательный расчет с банком осуществляется после сдачи оговоренной партии изделия заказчику, и окончательного расчета заказчика с предприятием.

4.2 Сравнительный экономический анализ вариантов

Разработка технологического процесса изготовления секции кожуха электрода допускает различные варианты решения.

Секция кожуха электрода - является частью кожуха электрода, предназначенного для заполнения электродной смесью при наращивании электрода. Электрод служит для подвода электрической энергии в зону плавления ферросплавной печи.

Секция кожуха электрода является конкурентноспособным, конкурентами предприятия являются предприятия таких стран как: Китай, Польша, также выпускающих оборудование для печей.

Существует базовый вариант изготовления секции кожуха электрода, который используется на ОСП «Юргинский Ферросплавный Завод».

При замене базового варианта технологического процесса сборки и сварки на разработанный, необходимо обосновать экономическую эффективность, достигнутую при внедрении предлагаемого варианта.

Наиболее экономически целесообразным считается тот вариант, который при наименьших затратах обеспечивает выполнение заданной годовой программы выпуска продукции.

Показатель приведенных затрат является обобщающим показателем. В нем находят отражение большинство достоинств и недостатков каждого из сравниваемых вариантов технологического процесса.

Определение приведенных затрат производят по формуле [16]:

$$Z_{\text{п}} = C + E_{\text{н}} \cdot K, \quad (4.1)$$

где C - себестоимость единицы продукции, руб/изд;

$E_{\text{н}}$ - норма эффективности дополнительных капиталовложений, (руб/год)/руб;

K - капиталовложения, руб/ед.год.

Согласно базовому технологическому процессу сборочные и сварочные операции при изготовлении секции кожуха электрода производятся на кантователе, разметка под установку ребер производится вручную. На это уходит значительное количество времени.

Швы ручной дуговой сваркой покрытыми электродами, в качестве сварочного оборудования используется выпрямитель – ВДМ-1200С.

В предлагаемом технологическом процессе применим сборочно - сварочное приспособление для точной установки ребер.

Для данного вида сварки применим современное российское сварочное оборудование, которым заменим выпрямитель – ВДМ-1200С.

Проведем технико-экономический анализ сравнения базового и предлагаемого вариантов. Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления секции кожуха электрода приведены в таблице 3.7.

4.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капитальные вложения в оборудование определяем по формуле [16]:

$$K_{co} = \sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi}, \quad (4.2)$$

где C_{oi} - оптовая цена единицы оборудования i -го типоразмера с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб.;

O_i - количество оборудования i -го типоразмера, ед.;

μ_{oi} - коэффициент загрузки оборудования i -го типоразмера.

Цены на оборудование берутся за 01.01.2016 (смотри таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [12, 17]

Наименование оборудования	C_o , руб
Базовый технологический процесс	
ВДМ-1200С 1 шт.	52380
Предлагаемый технологический процесс	
Форсаж-302 4 шт.	91900
Форсаж- МП5 4 шт.	

Капитальные вложения в сварочное оборудование приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования	K_{co} , руб.:год
Базовый технологический процесс	
ВДМ-1200С 1 шт.	32985
Предлагаемый технологический процесс	
Форсаж-302 4 шт.	326319
Форсаж- МП5 4 шт.	

Капитальные вложения в приспособления найдем по формуле [16]:

$$K_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^m K_{\text{пр}j} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{\text{п}j}, \quad (4.3)$$

где $K_{\text{пр}j}$ - оптовая цена единицы приспособления j -го типоразмера, руб.;

Π_j - количество приспособлений j -го типоразмера, ед.;

$\mu_{\text{п}j}$ - коэффициент загрузки j -го приспособления.

Капитальные вложения в приспособления приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Капитальные вложения в приспособления

Наименование оборудования	Ц _{пр.} руб	Базовый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		С _п , шт	К _{пр} , руб/ед.год	С _п , шт	К _{пр} , руб/ед.год
Вальцы	376000	1	67680	1	63345
Сварочный стол	50000	2	91400	2	78100
Кантователь	51800	3	107226	2	91172
Приспособление сборочно - сварочное ФЮРА.000001.236.00.000 СБ	10300	–	–	2	18725
ИТОГО			266306		254842

4.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями

Капитальные вложения в здание определяется по формуле [16]:

$$K_{\text{зд}} = \sum_{i=1}^n S_{\text{О}i} \cdot h \cdot k_{\text{в}} \cdot \mu_{\text{О}i} \cdot \text{Ц}_{\text{зд}}, \text{ руб.}, \quad (4.4)$$

где $S_{\text{О}i}$ - площадь, занимаемая единицей оборудования, м²/ед.

Для базового техпроцесса: $S_1=12 \text{ м}^2$; $S_2=4 \text{ м}^2$ и $S_3=8 \text{ м}^2$.

Для предлагаемого техпроцесса: $S_1=12 \text{ м}^2$; $S_2=4 \text{ м}^2$ и $S_3=3 \text{ м}^2$,

h - высота производственного здания, м, $h = 12 \text{ м}$ [16];

$k_{\text{в}}$ - 1,75...3,00 - коэффициент, учитывающий вспомогательную площадь

проходов, проездов и хранения деталей (меньшие значения относятся к крупногабаритным изделиям);

$C_{зд}$ - стоимость 1 м^3 здания на 01.01.2016 для цеха ЭМЦ составляет, $C_{зд}=94$ руб/ м^3 .

Определяем капитальные вложения в здание, и результаты заносим в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Капитальные вложения в здание, занимаемое оборудованием

Наименование оборудования	$K_{зд}$, руб.
Базовый технологический процесс	
ВДМ-1200С	105581
Предлагаемый технологический процесс	
Форсаж-302	90951
Форсаж- МП5	

4.2.3 Определение затрат на основные материалы

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия определяем по формуле [16]:

$$C_M = m_M \cdot k_{т.з.} \cdot C_M, \text{ руб./изд.}, \quad (4.5)$$

где m_M – норма расхода материала на одно изделие, кг;

C_M - средняя оптовая цена стали Ст3 на 01.01.2016, руб./кг:

- для стали Ст3 $C_M = 32$ руб./кг, при $m_M = 215,59 \cdot 1,3 = 280,276$ кг;

$k_{т.з.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов $k_{т.з.}=1,04$ [11].

$$C_M = 1,04 \cdot (280,276 \cdot 32) = 9327,29 \text{ руб./изд.}$$

Затраты на электродную проволоку определяем по формуле [16]:

$$C_{п.с.} = \sum_{d=1}^h G_d \cdot k_{нд} \cdot C_{п.с.}, \text{ руб./изд.}, \quad (4.6)$$

где G_d - масса наплавленного металла электродной проволоки и электродов, кг:

$G_d = 2,384$ кг - для электродов МР-3 для базового технологического

процесса;

$G_d = 2,384$ кг - для проволоки Св-08Г2С-О для предлагаемого технологического процесса;

k_{nd} - коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки (электрода) [18], $k_{p-п.с.} = 1,02$, для покрытых электродов $k_{p-п.с.} = 1,6$;

$Ц_{п. с2} = 51,69$ - стоимость покрытых электродов Э-50А, руб/кг по данным ОСП «Юргинский Ферросплавный Завод» на 01.01.2016.

$Ц_{п. с} = 87$ - стоимость сварочной проволоки Св-08Г2С-О, руб/кг по данным ОСП «Юргинский Ферросплавный Завод» на 01.01.2016.

$$C_{п.сбаз.} = 2,384 \cdot 1,6 \cdot 51,69 = 197,17 \text{ руб.},$$

$$C_{п.спредл.} = 2,384 \cdot 1,02 \cdot 87 = 211,56 \text{ руб.}$$

4.2.4 Определение затрат на вспомогательные материалы

Затраты на защитную смесь газов определяем по формуле [7]:

$$C_{з.г.} = g_{з.г.} \cdot k_{т.п.} \cdot Ц_{г.з.} \cdot T_o, \text{ руб./изд.}, \quad (4.7)$$

где $g_{з.г.}$ - расход смеси, м³/ч.

$k_{т.п.}$ - коэффициент, учитывающий тип производства, $k_{т.п.} = 1,15$ [16];

$Ц_{г.з.}$ - стоимость CO₂, м³, $Ц_{г.з.} = 23,6$ руб./ м³;

T_o - основное время сварки в смеси газов, ч., $T_o = 0$ ч. - для базового варианта, $T_o = 1,304$ ч. - для предлагаемого варианта.

Для данного технологического процесса $g_{з.г.} = 0,594$ м³/ч.

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_{з.г.} = 0,594 \cdot 1,15 \cdot 23,6 \cdot 2,93 = 47,19 \text{ руб/изд.}$$

4.2.5 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_{з.п.сд} = (ТС \cdot \Sigma T_{ш}) \cdot K_d \cdot K_{гр} \cdot K_{рай} \cdot [1 + (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) / 100], \quad (4.8)$$

где ТС- тарифная ставка на 01.01.2016, руб., ТС– 46,36 руб.;

K_d -коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,
 $K_d=1,15$;

$K_{пр}$ - коэффициент, учитывающий процент премии, $K_{пр}=1,5$;

$K_{рай}$ - районный коэффициент, $K_{рай}=1,3$;

a_1, a_2, a_3, a_4 - страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая-32,8.

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих по базовому технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = (46,39 \cdot 5,11) \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot (1 + 32,8/100) = 705,68 \text{ руб./изд.}$$

Заработная плата основных производственных рабочих по предлагаемому технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = (46,36 \cdot 4,44) \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot (1 + 32,8/100) = 613,55 \text{ руб./изд.}$$

4.2.6 Определение затрат на силовую электроэнергию

Расход технологической электроэнергии найдем по формуле [7]:

$$W_{тэ} = \sum \frac{U_{ci} \cdot I_{ci} \cdot t_{ci}}{\eta_u} + P_x \cdot \left(\frac{T_o}{K_u} - T_o \right), \quad (4.9)$$

где U_C и I_C - электрические параметры режима сварки;

T_o - основное время сварки;

η_u - КПД оборудования, для базового технологического процесса: $\eta=0,92$,
для предлагаемого технологического процесса: $\eta=0,93$;

P_x - мощность холостого хода источника, $P_x = 0,4$ Вт;

K_u -коэффициент, учитывающий простой оборудования, $K_u = 0,5$;

Затраты на технологическую электроэнергию определим по формуле [7]:

$$C_{э.с} = W_{тэ} \cdot Ц_э, \quad (4.10)$$

где $Ц_э$ - средняя стоимость электроэнергии по данным ОСП «Юргинский Ферросплавный Завод», $Ц_э = 2,34$ руб.

Затраты на электроэнергию по базовому техпроцессу: $C_{э.с} = 22,45$ руб.

Затраты на электроэнергию по предлагаемому технологическому процессу: $C_{э.с} = 37,09$ руб.

4.2.7 Определение затрат на сжатый воздух

Затраты на сжатый воздух определяется по формуле [16]:

$$C_{\text{возд}} = g_{\text{возд}}^{\text{ЭН}} \cdot k_{\text{ТП}} \cdot C_{\text{возд}}, \text{ руб./изд.} \quad (4.11)$$

где $g_{\text{возд}}^{\text{ЭН}}$ - расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$k_{\text{ТП}}$ - коэффициент, учитывающий тип производства, $k_{\text{ТП}} = 1,15$.

Для изготовления одного корпуса расход воздуха составляет:

$$g_{\text{возд}}^{\text{ЭН}} = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$C_{\text{возд}} = 0,184295 \text{ руб}/\text{м}^3, \text{ стоимость воздуха на 01.01.2016 г.};$$

$$C_{\text{возд пр}} = 1,2 \cdot 1,15 \cdot 0,18429 = 0,25 \text{ руб./изд.}$$

4.2.8 Определение затрат на амортизацию оборудования

Определяются по формуле [16]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n \frac{C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot a_i \cdot r_i}{N_{\Gamma}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.12)$$

где a_i - норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования i -го типоразмера, % [18];

r_i - коэффициент затрат на ремонт оборудования, $r_i = 1,15 \dots 1,20$.

Амортизация оборудования приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Амортизация оборудования

Наименование оборудования	Вариант технологического процесса			
	Базовый		Предлагаемый	
	$a_i, \%$	$C_3, \text{руб/изд.}$	$a_i, \%$	$C_3, \text{руб/изд.}$
ВДМ-1200С	19,4	0,7		-
Форсаж-302 Форсаж- МП5		-	19,4	2,53

4.2.9 Определение затрат на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений определяются по формуле [16]:

$$C_u = \sum_{j=q}^m \frac{K_{прj} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{nj} \cdot a_j}{N_r}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.13)$$

где a_j - норма амортизационных отчислений для оснастки j -го типоразмера, $a_j=0,15$ [16];

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.6

Таблица 4.6 – Затраты на амортизацию приспособлений

Наименование оборудования	Ц _{пр} , руб	Базовый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		Π _ж , шт.	С _и , руб/изд.	Π _ж , шт.	С _и , руб/изд.
1	2	3	4	5	6
Вальцы	376000	1	3,38	1	3,19

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6
Сварочный стол	50000	2	4,57	2	3,09
Кантователь	51800	2	5,36	2	4,71
Приспособление сборочно - сварочное ФЮРА.000001.236.00.000 СБ	10300	–	–	2	0,93
ИТОГО			13,32		12,74

4.2.10 Определение затрат на ремонт оборудования

Затраты на ремонт оборудования определяем по формуле [16]:

$$C_p = \frac{R_M \cdot \omega_M + R_{\text{Э}} \cdot \omega_{\text{Э}}}{T_{\text{рц}}} \cdot \sum \frac{T_{\text{ш}}}{K_{\text{вн}} \cdot 60}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.14)$$

где R_M $R_{\text{Э}}$ - группа ремонтной сложности единицы оборудования соответственно: механической и электрической части $R_M = 0$ [16];

ω - затраты на все виды ремонта;

$T_{\text{рц}}$ - длительность ремонтного цикла, $T_{\text{рц}} = 8000$ ч. [16].

Определение затраты на ремонт сводятся в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 - Затраты на ремонт оборудования

Наименование оборудования	$R_{\text{Э}}$	$\omega_{\text{Э}}$	T, ч	C_p , руб/год.
Базовый технологический процесс				
ВДМ-1200С	8	1849,5	20,08	0,13
Итого:				0,13
Предлагаемый технологический процесс				
Форсаж-302	7	1096	20,01	0,06
Форсаж- МП5				
Итого:				0,06

4.2.11 Определение затрат на содержание помещения

Определение затрат на содержание здания определяется по формуле [16]:

$$C_{\text{п}} = \frac{S \cdot \mu_{\text{oi}} \cdot C_{\text{ср.зд}}}{N_{\text{г}}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.15)$$

где S – площадь сварочного участка, м^2 , $S = 103,6 \text{ м}^2$ - для базового варианта, $S = 80,62 \text{ м}^2$ - для предлагаемого варианта;

$C_{\text{ср.зд}}$ - среднегодовые расходы на содержание 1 м^2 рабочей площади, руб./год.м, $C_{\text{ср.зд}} = 250$ руб./год м.

Затраты на содержание здания по базовому технологическому процессу:

$$C_{\text{п}} = \frac{103,6 \cdot 1 \cdot 250}{3000} = 7,8 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

По предлагаемому варианту:

$$C_{\text{п}} = \frac{80,62 \cdot 1 \cdot 250}{3000} = 6,72 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

4.3 Расчет технико-экономической эффективности

Определим количество приведенных затрат по формуле:

$$Z_{\text{п}} = C + \epsilon_{\text{н}} \cdot K, \quad (4.16)$$

где C - себестоимость единицы продукции, руб./ед.;

$\epsilon_{\text{н}}$ - норма эффективности дополнительных капитальных затрат,
 $\epsilon_{\text{н}} = 0,15$ (руб./ед)/руб. [18];

$K_{\text{у}}$ - удельные капитальные вложения, руб./ед.год.

Себестоимость продукции за год определяется по формуле:

$$C = N_{\text{Г}} \cdot (C_{\text{м}} + C_{\text{в.м.}} + C_{\text{зп.сд.}} + C_{\text{эс}} + C_{\text{возд}} + C_{\text{з}} + C_{\text{у}} + C_{\text{р}} + C_{\text{п}}), \quad (4.17)$$

где $C_{\text{м}}$ - затраты на основной материал, руб;

$C_{\text{в.м.}}$ - затраты на вспомогательные материалы, руб;

$C_{\text{зп.сд.}}$ - затраты на заработную плату основных рабочих, руб;

$C_{\text{э.с.}}$ - затраты на силовую электроэнергию, руб;

$C_{\text{возд.}}$ - затраты на сжатый воздух, руб;

$C_{\text{з}}$ - затраты на амортизацию оборудования, руб;

$C_{\text{у}}$ - затраты на амортизацию приспособлений, руб;

$C_{\text{р}}$ - затраты на ремонт оборудования, руб;

$C_{\text{п}}$ - затраты на содержание помещения, руб.

Капитальные вложения находим по формуле:

$$K = K_{\text{со}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{зд.}} \quad (4.18)$$

Определим количество приведенных затрат по базовому технологическому процессу:

$$K = 35985 + 266306 + 105581 = 407872 \text{ руб/изд. год,}$$

$$C = 3000 \cdot (2937,29 + 197,17 + 0 + 705,68 + 27,45 + 0,25 + 0,07 + 13,32 + 0,13 + 7,8) =$$

$$= 30837465,82 \text{ руб/изд. год,}$$

$$З_{п}^1 = 30837465,82 + 0,15 \cdot 407872 = 30868646,6 \text{ руб/изд. год.}$$

Определим количество приведенных затрат по предлагаемому технологическому процессу:

$$K = 326319 + 254843 + 90951 = 672112 \text{ руб/изд. год,}$$

$$C = 3000 \cdot (9327,29 + 211,56 + 47,19 + 613,55 + 37,09 + 0,25 + 2,53 + 12,74 + 0,06 + 6,72) =$$

$$= 30776942,92 \text{ руб/изд. год,}$$

$$З_{п}^2 = 30776942,92 + 0,15 \cdot 672112 = 30877759,68 \text{ руб/изд. год.}$$

Рассчитаем величину экономического эффекта по формуле:

$$\mathcal{E} = З_{п}^1 - З_{п}^2, \quad (4.19)$$

$$\mathcal{E} = (З_{п}^1 - З_{п}^2) / N_{г.} \quad (4.20)$$

Величина экономического эффекта от выпуска годовой производственной программы:

$$\mathcal{E} = 30868646,6 - 30877759,68 = 20886,92 \text{ руб./год.}$$

Величина экономического эффекта на единицу изделия составит:

$$\mathcal{E} = (30868646,6 - 30877759,68) / 3000 = 6,96 \text{ руб/изд.}$$

Результаты расчетов показали, что предлагаемый технологический процесс изготовления секции кожуха электрода дает положительный экономический эффект.

4.4 Основные технико-экономические показатели участка

1. Годовая производственная программа, шт.	3000
2. Средний коэффициент загрузки оборудования	83,5
3. Производственная площадь участка, м ²	88,77
4. Количество оборудования, шт	4
5. Списочное количество рабочих, чел.	7
6. Явочное количество рабочих, чел	7
7. Количество рабочих в первую смену, чел	4
8. Количество вспомогательных рабочих	2

9. Количество ИТР	1
10. Количество МОП	1
11. Количество контролеров	1
12. Разряд основных производственных рабочих	4
13. Экономический эффект от внедрения нового технологического процесса, руб./изд.	6,96

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места

На участке производится сборка и сварка секции кожуха электрода. При изготовлении секции кожуха электрода осуществляются следующие операции: сборка и сварка механизированная в среде углекислого газа, слесарные операции.

При изготовлении секции кожуха электрода на участке используется следующее оборудование:

- полуавтомата "Форсаж-302 с механизмом подачи проволоки Форсаж-МП5 4 шт.
- вальцы 1 шт.
- приспособление сборочно-сварочное
ФЮРА.000001.236.00.000 СБ 2 шт.
- кантователь 2 шт.
- стол сварочный 2 шт.

Перемещение изделия производят краном мостовым грузоподъемностью 10 т.

Изготавливаемое изделие – секция кожуха электрода - является частью кожуха электрода, предназначенного для заполнения электродной смесью при наращивании электрода. Электрод служит для подвода электрической энергии в зону плавления ферросплавной печи. Масса секции кожуха электрода составляет 215,59 кг.

В качестве материала этих деталей используют сталь марки Ст3. Сварка производится в защитном газе (CO₂) сварочной проволокой Св-08Г2С-О диаметром 1,2 мм.

Проектируемый участок находится на последнем пролете цеха, поэтому освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стене здания, а также восьмью светильниками, расположенными непосредственно над

участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона.

Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2шт.) автомобильным транспортом, также через одни ворота проложено железнодорожное полотно, т.е. имеется возможность доставки и вывоза грузов железнодорожным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью $S = 80,62 \text{ м}^2$.

5.2. Законодательные и нормативные документы

Формализация всех производственных процессов и их подробное описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, заболеваний, связанных с профдеятельностью человека, травм на производстве.

Именно инструкции считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении должностных обязанностей служащими и рабочими. Такие документы разрабатываются на базе:

- положений «Стандартов безопасности труда»;
- законов о труде РФ;
- технологической документации;
- норм и правил отраслевой производственной санитарии и безопасности труда;
- типовых инструкций по ОТ;

- пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);
- рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Из подзаконных актов отметим постановления Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К нормативным документам относятся:

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.
2. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.
3. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.

4. ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.
5. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.
6. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.
7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.
8. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
9. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.
10. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При выполнении сварки на работников участка могут воздействовать вредные и опасные производственные факторы: повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла; производственный шум; статическая нагрузка на руку; электрический ток.

1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

При данном процессе сварки в воздух рабочей зоны выделяется до 180 мг/м^3 пыли с содержанием в ней марганца до 13,7 процентов, а также CO_2 до 0,5÷0,6 процентов; CO до 160 мг/м^3 ; окислов азота до $8,0 \text{ мг/м}^3$; озона до $0,36 \text{ мг/м}^3$; оксидов железа $7,48 \text{ г/кг}$ расходуемого материала; оксида хрома $0,02 \text{ г/кг}$ расходуемого материала.

Образующийся при сварке аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью—более 90% частиц, скорость витания частиц $< 0,1$ м/с.

Источником выделения вредных веществ также может быть краска, грунт или покрытие, находящиеся на кромках свариваемых деталей и попадающие в зону сварки. Для уменьшения выделения вредных веществ поверхности свариваемых деталей должны при необходимости зачищаться от грунта и покрытия по ширине не менее 20 мм от места сварки.

Автотранспорт, который используется для перевозки готовых изделий, выбрасывает в атмосферу цеха опасные для здоровья рабочих вещества, к ним относятся: свинец, угарный газ, бенз(а)пирен, летучие углеводороды.

На участке сборки и сварки изготовления секции кожуха электрода применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом – зонтом, открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой, приближено к источнику выделений. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть $0,2 \div 0,5$ метров в секунду.

Определим необходимый объём воздуха L , удаляемый от местных отсосов по формуле [19]:

$$L = 3600 \cdot F \cdot V, \quad (5.1)$$

где F – суммарная площадь рабочих проёмов и неплотностей, м^2 ;

V – скорость всасывания воздуха на рабочем участке, м/с; $V = 0,5$ м/с.

$$L = 3600 \cdot 0,05 \cdot 0,5 = 90 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Из расчета видно, что объём воздуха удаляемый от местных отсосов составляет $L = 90 \text{ м}^3/\text{с}$.

В результате проведенных расчетов выбираем вентилятор радиальный FUK-1800/СП с двигателем типа АДМ63В2У2, мощностью 0,55 кВт.

2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- полуавтомат "Форсаж-302;
- механизм подачи проволоки Форсаж-МП5;

- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 2$ кг) ГОСТ 2310 - 77, шабер, машинка ручная шлифовальная универсальная пневматическая ИП 2002 ГОСТ 12364 – 80, молоток рубильный МР – 22.

Шум возникает также при кантовке изделия с помощью подъемно – транспортных устройств (кран мостовой и кран - балка) и при подгонке деталей по месту с помощью кувалды и молотка.

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [19].

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для снижения шума, создаваемого оборудованием, это оборудование следует помещать в звукоизолирующие ограждения. Вентиляционное оборудование следует устанавливать на виброизолирующие основания с резиновыми амортизаторами для агрегатов с эластичной муфтой к вентиляторам, а вентиляторы следует устанавливать в отдельные звукоизолирующие помещения с обшивкой двумя слоями гипсоволокнистых листов с каждой стороны.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники.

3. Статическая нагрузка на руку.

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести с энерготратами $172 \div 293$ Дж/с ($150 \div 250$ ккал/ч) [19].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке

и т. п. Предлагается использовать сборочно-сварочное приспособление.

5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке

Для освещения используем газораспределительные лампы, имеющие высокую светоотдачу, продолжительный срок службы, спектр излучения люминесцентных ламп близок к спектру естественного света. Лампы устанавливают в светильник, осветительная арматура которого должна обеспечивать крепление лампы, присоединение к ней электропитания, предохранения её от загрязнения и механического повреждения. Подвеска светильников должна быть жёсткой.

Система общего освещения сборочно-сварочного участка должна состоять из 12 светильника типа С 3-4 с ртутными лампами ДРЛ мощностью 250 Вт, построенных в 3 ряда по 4 светильника.

5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

1. Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает пол, стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что ухудшает условия работы.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже

при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги.

Тепловая радиация на рабочем месте может в целом составлять 0,5-6 кал/см²·мин.

2. Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

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

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

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Циток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск.

3. Электрический ток.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380 В.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003 – 81. В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

4. Электробезопасность.

На участке сборки и сварки применяются искусственные заземлители – вертикально забитые стальные трубы (4 шт.) длиной 2,5 метра и диаметром 40 мм.

Сопrotивление заземляющего устройства должно составлять не более 4 Ом.

На участке используется контурное заземление – по периметру площади размещают оценочные заземлители.

Для связи вертикальных заземлителей используют полосовую сталь сечением 4x12 миллиметров.

5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Для защиты тела применяются огнестойкая спецодежда (костюмы брезентовые или хлопчатобумажные с огнестойкой пропиткой).

Защита от движущихся механизмов.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м.;
- свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м²;
- при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- правильная фиксация секции кожуха электрода на приспособлениях, а также контроль за правильностью строповки;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъёмных средств и стропов.

5.5 Охрана окружающей среды

1. Охрана воздушного бассейна.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и

пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого на участке сборки и сварки секции корпуса электрода ФЮРА.6М.12.10.236.00.000 СБ используют масляные фильтр для очистки воздуха от пыли по ГОСТ Р 51251-99. Пыль, проходя через лабиринт отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мере загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной плёнкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95÷98 процентов.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30 процентов вредных веществ для рабочей зоны [19].

2. Охрана почв и утилизация промышленных отходов.

На проектируемом участке сборки и сварки секции кожуха электрода предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (обрезки сварочной проволоки, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются в металлургический цех, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается [19].

5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

Разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

- пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОХП-10 (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов

возгорания).

5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Проект вытяжной вентиляции.

На участке сборки и сварки применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

В холодный и переходной периоды года при категории работ Пб – работы средней тяжести оптимальные параметры, следующие: температура от плюс 17 до минус 19°С; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,3 м/с. В тёплый период года: температура 20÷22° С; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,4 м/с.

Для поддержания необходимой температуры применяется центральное отопление.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе в целях интенсификации производства, повышения качества изготавливаемой продукции, снижения себестоимости ее изготовления разработан механизированный участок сборки-сварки секции кожуха электрода.

Для сборки-сварки секции кожуха электрода применено переносное сборочно – сварочное приспособление, которое ускорило сборку деталей, заменено сварочное оборудование на соответствующее новому технологическому процессу.

В результате перечисленных нововведений время изготовления секции кожуха электрода сократилось на 0,667 ч.

Кроме того, в данной работе приведено обоснование выбора способа сварки, сварочных материалов и оборудования, произведён расчёт элементов приспособлений.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитан экономический эффект от перечисленных нововведений, что позволяет судить о выгодности предлагаемого технологического процесса.

Годовая производственная программа составляет 3000 изделий.

Площадь спроектированного участка – 88,77 м².

Средний коэффициент загрузки оборудования – 83,5 %.

Экономический эффект на изделие – 6,96 рублей.

Список использованных источников

1. Мейстер Р. А., канд. техн. наук, Мейстер А. Р.. Особенности зажигания и горения дуги на малых токах при сварке в углекислом газе. Сварочное производство. 2013. №7. стр. 30 -32.
2. Проценко П. П., Привалов Н. Т. Влияние легирующих элементов на перенос электродного металла при дуговой сварке в защитных газах. Автоматическая сварка 1999 №12 С. 29 – 33.
3. Патон Б. Е., Лебедев В. А., Микитин Я. И., Способ комбинированного управления процессом переноса электродного металла при механизированной дуговой сварке Сварочное производство 2006 №8 С. 27 – 31.
4. Кисаримов Р. А. Справочник сварщика. – М.: И П РадиоСофт, 2007 – 288 с.
5. Марочник сталей и сплавов / Ю. Г. Драгунов, Ю. В. Каширский и др.; под общей ред. А.С Зубченко – М.: Машиностроение, 2015. 1216с.: ИЛЛ.
6. Костин А. М. Сварочные материалы – «НУК», 2004. – 225 с.
7. Васильев В. И., Ильященко Д. П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. - 96 с.
8. Томас К. И., Ильященко Д. П. Технология сварочного производства. Томск. «Томский политехнический университет» -2011. - 247с.
9. Оботуров В. И. Дуговая сварка в защитных газах. М: Стройиздат, 1989 232с.
10. Крампит Н. Ю. Проектирование сварочных цехов: Методические указания. Ю.: Изд-во ИПЛ ЮТИ ТПУ. - 2005. - 40с.
11. Крампит Н. Ю. Нормативы времени на сварочные операции: Методические указания / Крампит Н. Ю. Ю.: Изд-во ЮФ ТПУ. - 2002. - 26с.
12. Сварочный полуавтомат – Форсаж-МП5 с выпрямителем Форсаж-302 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.seveko.ru/catalog/02->

mig-mag/invertornye-svarochnye-poluavtomaty-perenosnoi-mpp-/forsadj-mp5-s-forsadj-302.html

13. Маслов Б. Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: Учеб. пос. для вузов. – М.: Академия, 2008. – 272 с.

14. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500 «Оборудование и технология сварочного производства».-Томск: Изд. ЮФТПУ, 2000.-24с.

15. Азаров Н. А. Конструирование и расчет сварочных приспособлений Томск, ТПУ, 2009. – 48 с.

16. О. Н. Жданова. Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 120500 «Оборудование и технология сварочного производства» -Юрга; ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2005. 32с.

17. ВДМ-1200С выпрямитель сварочный [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.svarca.ru/tovar_92_327.html

18. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 3. – М.: Машиностроение, 1978-557с.

19. Куликов О. Н. Охрана труда при производстве сварочных работ: Академия, 2006 – 176 с.