

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

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА СБОРКИ-СВАРКИ КОРПУСА ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА СТРЕЛЫ КОЛЕСНОГО МАНИПУЛЯТОРА HITACHI TCM 100

УДК 621.757:621.791:621.833.38:621.865.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Михалев Д.Г.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Зернин Е.А.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Крюков А.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	к.п.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОПТ	Кузнецов М.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Студент гр. 3-10А41

Руководитель ВКР

Д.Г. Михалев

Е.А. Зернин

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

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. руководителя ОПТ

М.А. Кузнецов

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной проект

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Михалеву Дмитрию Геннадбевичу

Тема работы:

Разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки корпуса червячного редуктора стрелы колесного манипулятора Hitachi TCM 100

Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)

31.01.2019 г. № 9/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 align="center">Материалы преддипломной практики</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; 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.3756.01.222.00.000 СБ Корпус 2 листа (А1). 2. ФЮРА.000001.222.00.000 СБ Приспособление сборочно-сварочное 1 лист (А1). 3. ФЮРА.000002.222.00.000 СБ Директивный техпроцесс 1 лист (А1). 4. ФЮРА.000003.222 ЛП План участка 1 лист (А1). 5. ФЮРА.000004.222 ЛП Карта организации труда 1 лист (А1). 6. ФЮРА.000005.222 ЛП Вентиляция общеобменная 1 лист (А1). 7. ФЮРА.000006.222 ЛП Экономическая часть 1 лист (А1). 8. Технологическая схема сборки и сварки изделия</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Зернин Е.А.
Социальная ответственность	Солодский С.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков Д.Г.

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Зернин Е.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А41	Михалев Д.Г.		

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

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 – 2019 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломной проект

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Зернин Е.А.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

И. о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОПТ	Кузнецов М.А.	К.Т.Н.		

Юрга – 2019 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
З-10А41	Михалеву Дмитрию Геннадьевичу

Институт	Юргинский технологический институт	Отделение	Промышленных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР) / научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих

Нормы и нормативы расходования ресурсов

Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Краткое описание исходных технико-экономических характеристик объекта ИР / НИ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР / НИ; составление бюджета ИР / НИ; краткое описание основных рисков проекта
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР / НИ; расчет вложений в основные и оборотные фонды
4. Планирование показателей по труду и заработной плате (расчет штатного расписания, производительности труда, фонда заработной платы)
5. Проектирование себестоимости продукции; обоснование цены на продукцию
6. Расчет прибыли, технико-экономическое обоснование и экономическая оценка проекта
7. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР / НИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Основные показатели эффективности ИР (технико-экономические показатели проекта)

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	к.п.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А41	Михалев Д.Г.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Михалеву Дмитрию Геннадьевичу

Институт	Юргинский технологический институт	Отделение	Промышленных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка сборки-сварки корпуса на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) <p>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты</i> <p><i>(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i></p>	<p>Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>

<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	Вредные выбросы в атмосферу.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	Перечень наиболее возможных ЧС на объекте.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Лист-плакат Система вентиляции участка

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И. о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А41	Михалев Д.Г.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 111 с., 3 рисунка, 16 таблиц, 28 источник, 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 участка сборки-сварки корпуса червячного редуктора стрелы колесного манипулятора Hitachi TCM 100.

Объектом исследования является процесс изготовления корпуса червячного редуктора стрелы колесного манипулятора Hitachi TCM 100.

Цели и задачи исследования (работы). В результате данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации и автоматизации повышающей производительность труда.

В процессе работы рассчитаны режимы сарки, подобрано сварочное оборудование, пронормированы сборочно-сварочные операции. Посчитан экономический эффект от перечисленных нововведений, что позволяет судить о выгодности предлагаемого технологического процесса.

ВКР выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 16.0 и КОМПАС–3D V10 и представлена на диске (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work 111 pp., 3 figures, 16 tables, 28 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 work: in this final qualifying work, the design of the assembly-welding section of the worm-gear housing of the Hitachi TCM 100 wheel manipulator boom is made.

The object of the research is the process of manufacturing the worm gearbox housing of the Hitachi TCM 100 wheel manipulator boom.

The goals and objectives of the study (work). As a result of this work should get production with the highest degree of mechanisation and automation improves productivity.

In the course of work calculated modes Sarki, picked up welding equipment, are normalized Assembly-welding operations. Calculated economic effect from the innovation that allows to judge about the profitability of the proposed process.

The WRC implemented a text editor Microsoft Word 16.0 and KOMPAS-3D V10 and is represented on the disk (in an envelope on the back cover).

Оглавление

Введение	16
1 Обзор литературы	18
2 Объект и методы исследования	23
2.1 Формулировка проектной задачи	23
2.2 Теоретический анализ	23
3 Результаты проведенного исследования	25
3.1 Инженерный расчёт	25
3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов	25
3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки	30
3.1.3 Расчёт режимов сварки	33
3.2 Технологический раздел	35
3.2.1 Технологический анализ выбранного производства	35
3.2.2 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции	37
3.2.3 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального	39
3.2.4 Нормирование операций	39
3.2.5 Выбор технологического оборудования	42
3.2.6 Контроль технологических операций	46
3.2.7 Разработка технической документации	48
3.3 Конструкторская часть	50
3.3.1 Общая характеристика механического оборудования	50
3.3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений	51
3.4 Пространственное расположение производственного процесса	51
3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха	51
3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха	53
3.4.3 Расчет основных элементов производства	54
	12

3.4.3.1	Определение требуемого количества оборудования	54
3.4.4	Планировка заготовительных отделений	58
3.4.5	Планировка сборочно-сварочных отделений и участков	59
3.4.6	Степень и уровень механизации и автоматизации производственного процесса	60
3.4.7	Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений	62
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
4.1	Финансирование проекта и маркетинг	65
4.2	Сравнительный экономический анализ вариантов	65
4.2.1	Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления	67
4.2.2	Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями	68
4.2.3	Определение затрат на основные материалы	69
4.2.4	Определение затрат на вспомогательные материалы	70
4.2.5	Определение затрат на заработную плату	71
4.2.6	Определение затрат на заработную плату вспомогательных рабочих	72
4.2.7	Заработная плата административно-управленческого персонала	73
4.2.8	Определение затрат на силовую электроэнергию	73
4.2.9	Определение затрат на сжатый воздух	74
4.2.10	Определение затрат на амортизацию оборудования	74
4.2.11	Определение затрат на амортизацию приспособлений	75
4.2.12	Определение затрат на ремонт оборудования	76
4.2.13	Определение затрат на содержание помещения	77
4.3	Расчет технико-экономической эффективности	78
4.4	Основные технико-экономические показатели участка	79
5	Социальная ответственность	81
5.1	Описание рабочего места	81
5.2.	Законодательные и нормативные документы	82
		13

5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	84
5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	89
5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	89
5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	92
5.5 Охрана окружающей среды	93
5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	95
Заключение	96
Список использованных источников	97
Приложение А (Спецификация Корпус)	98
Приложение Б (Спецификация Приспособление сборочно-сварочное)	99
Приложение В (Технологический процесс)	100
Диск CD-R	В конверте на обложке
Графический раздел	На отдельных листах
ФЮРА.3756.01.222.00.000 СБ Корпус А1	Формат 2-
ФЮРА.000001.222.00.000 СБ Приспособление сборочно- сварочное	Формат А1
ФЮРА.000002.222 ЛП Директивный техпроцесс	Формат А1
ФЮРА.000003.222 ЛП План участка	Формат А1
ФЮРА.000004.222 ЛП Карта организации труда на производственном участке. Лист плакат	Формат А1
ФЮРА.000005.222 ЛП Безопасность жизнедеятельности	Формат А1
ФЮРА.000006.222 ЛП Экономическая часть	Формат А1
Технологическая схема сборки и сварки изделия	Формат А1

Введение

Огромное значение в решении задач научно-технического прогресса принадлежит сварке. Сварка является технологическим процессом, она широко применяется практически во всех отраслях народного хозяйства. Серийные и уникальные машины создаются с применением сварки. В конструкцию и технологию производства многих изделий сварка внесла коренные изменения. При прокладке трубопроводов, изготовлении металлоконструкций, установке технологического оборудования, четвертая часть всех строительно-монтажных работ приходится на сварку. Дуговая сварка является основным видом сварки.

Практически любой вид работы с металлом и на производстве, и в мастерской требует применения такого вида обработки материала, как сварка. Режут и сваривают металлические детали с помощью различных сварочных агрегатов. Принципы работы у них могут отличаться, но конечный результат одинаков - получается неразъемное прочное соединение между свариваемыми элементами из металла. Наибольшей популярностью среди всех типов сварочного оборудования пользуются передвижные сварочные агрегаты. Выбор сварочного оборудования на современном потребительском рынке столь велик, что новичку не мудрено растеряться в этом многообразном сварочном изобилии.

Для каждого вида и объема сварочных работ имеется наиболее подходящее сварочное оборудование. Для использования в домашних условиях наиболее приемлемым является аппарат дуговой сварки. В этом случае края соединяемых металлических деталей плавятся под воздействием электрической дуги. Вследствие относительной дешевизны электродов по сравнению с другими видами расходных материалов, любители, как правило, отдают предпочтение сварке ММА. Такой вид сварки можно осуществлять с помощью трансформаторов и инверторов.

При этом если говорить о надежности этого сварочного оборудования, то недостатком трансформаторов, конечно, является переменный ток, который мешает созданию ровного шва, и солидный вес. Но в остальном это сварочное оборудование не так требовательно, как инвертор, который весьма чувствителен к влажности и пыли, и в конечном итоге трансформатор выходит более надежным и долговечным. И, все-таки, начинающему сварщику лучше остановить свой выбор на инверторе, с ним легче освоиться в новом деле сварки, поскольку здесь не возникает проблем с поджигом дуги или залипанием электродов. К тому же инверторы имеют меньший вес и размеры.

Во многих отраслях промышленности применяется сварка и сварочное оборудование. Профессионалы предпочитают пользоваться универсальным сварочным оборудованием, например, трехфазным инвертером. Такие сварочные агрегаты одинаково хорошо подходят для осуществления дуговой сварки штучными электродами, аргонно-дуговой сваркой с использованием неплавящегося электрода, сваркой с применением электродной или порошковой проволоки, для пайки. Также это оборудование может быть использовано для выполнения такой операции, как точечная сварка. При этом параметры сварки задаются и регулируются с помощью микропроцессора. Сварочный агрегат поставляется в комплекте с расходными материалами и другими необходимыми принадлежностями для сварки.

1 Обзор литературы

1.1 Влияние двухструйной газовой защиты на эксплуатационные свойства сварных соединений судостроительной стали GL-E36

Одной из важных проблем современного производства является улучшение технико-экономических показателей сварных конструкций путем снижения их удельной металлоемкости, увеличения эксплуатационной надежности, равнопрочности и долговечности. Совершенствование технологии изготовления позволило повысить уровень служебных свойств низколегированного и легированного проката и в первую очередь его стойкость к образованию холодных трещин. Данные стали обеспечивают безопасность эксплуатации крупногабаритных сооружений, мостовых конструкций, корпусов судов и магистральных трубопроводов. При этом желательно, чтобы сварные соединения характеризовались требуемыми эксплуатационными и технологическими свойствами без дополнительной термообработки.

Еще одним фактором, усложняющим получение качественных равнопрочных сварных соединений, является подверженность легированных сталей охрупчиванию в результате насыщения металла шва водородом и образование высокотемпературной химической микронеоднородности (ВХМН) в околошовной зоне, что при высоких внутренних напряжениях или циклической внешней нагрузке может служить причиной зарождения трещин и приводить к разрушению сварной конструкции.

Насыщение металла шва водородом происходит в результате длительного пребывания сварочной ванны в жидкой фазе, что способствует лучшему перемешиванию электродного металла с основным и приводит к снижению уровня ВХМН, структурной и прочностной неоднородности в зоне сплавления. Сократить время пребывания металла сварочной ванны в жидкой фазе и одновременно увеличить скорость его перемешивания можно с помощью импульсно-динамических воздействий, например, управления

переносом электродного металла в сварочную ванну или двухструйной газозащитной средой и др.

По результатам проведенного исследования установлено, что при сварке с двухструйной газовой защитой наблюдается уменьшение в металле сварного шва содержания кремния на 20 % и марганца на 12 % по сравнению со сваркой с традиционной одноструйной газовой защитой.

Уменьшение содержания кремния и марганца свидетельствует об интенсивности протекания металургических процессов в сварочной ванне, что увеличивает пластичность сварного соединения и уменьшает химическую неоднородность.

Использование двухструйной газовой защиты в сочетании с рациональным режимом сварки позволяет добиться выравнивания значений ударной вязкости и твердости по сечению сварного соединения. Верхний предел значения ударной вязкости по линии сплавления практически совпадает с нижним пределом по центру шва, что также свидетельствует об интенсивном перемешивании электродного металла с основным.

Таким образом, обеспечивается требуемый уровень механических свойств металла шва, что позволяет существенно снизить угрозу хрупкого разрушения сварных соединений под действием внешней циклической нагрузки при низких температурах [1].

1.2 Тенденции развития управления процессами переноса металла в защитных газах (Обзор)

Среди дуговых процессов сварка плавящимся электродом в защитных газах занимает ведущее место в промышленности Западной Европы, США, Японии. Однако новые функциональные возможности сварочного оборудования, в том числе источников питания дуги, которые открываются благодаря развитию силовой электроники, не всегда способствуют появлению качественно новых технологических процессов сварки. Разработчики зачастую

рекламируют сварочное оборудование, реализующее различные алгоритмы управления, но обеспечивающее лишь один тип переноса металла электрода, как совершенно новые технологии.

В данной работе автором проанализированы тенденции развития управления переносом металла в защитных газах и технологий сварки плавящимся электродом, а также показана роль импульсно-дугового процесса с управляемым переносом металла электрода.

Многие характеристики процесса сварки в защитных газах зависят от типа переноса металла электрода, который оказывает существенное влияние на различные технологические характеристики сварочной дуги, например, тепловой баланс, ее пространственную устойчивость, интенсивность протекания металлургических реакций в зоне сварки, потери на угар и разбрызгивание, а также глубину проплавления, параметры и форму сварных швов.

Существует несколько типов переноса металла электрода в защитных газах, основными из которых являются мелко- или крупнокапельный с короткими замыканиями (КЗ) дугового промежутка; мелко- или крупнокапельный без КЗ дугового промежутка и струйный процесс, различают также вращательно-струйный. Перенос парами металла присутствует в меньшей или большей мере при всех способах сварки плавящимся электродом в защитных газах. Однако зачастую имеются смешанные типы переноса металла, обусловленные изменением параметров сварочных процессов. Отдельно следует выделить управление переносом металла по принципу «один импульс – одна капля».

Тип переноса металла, а также силы, действующие на металл электрода в дуге, достаточно полно описаны в работах. Каждый тип переноса металла характеризуется как преимуществами, так и недостатками. Поэтому от типа переноса зависят многие технологические характеристики процесса сварки плавящимся электродом в защитных газах, например диапазон свариваемых толщин.

Для каждого типа переноса металла электрода имеется свой диапазон значений сварочных токов и напряжений на дуге. Для импульснодуговой сварки плавящимся электродом (ИДСПЭ) наиболее эффективный диапазон средних токов сварки составляет 60...300 А, напряжения на дуге — 16...32 В.

Тип переноса металла зависит от многих параметров процесса сварки. Основными с точки зрения управления процессом являются следующие: состав электродной проволоки и защитной среды; значение, полярность, плотность и форма сварочного тока; возможность применения различных механизмов подачи сварочной проволоки.

Существуют различные возмущающие воздействия, которые необходимо учитывать при проектировании сварочного оборудования, так как они могут изменить тип переноса металла. Например, при ИДСПЭ уменьшение напряжения питающей сети или вылета электрода может привести к изменению переноса от мелкокапельного без КЗ до переноса с ними. Состояние поверхности проволоки также может сказаться на изменении типа переноса металла электрода. Сварку в защитных газах, как правило, выполняют на постоянном токе. Наличие в процессе сварки магнитного дутья изменяет длину и форму дуги, что в свою очередь оказывает влияние на формирование и отделение капель [2].

1.3 Методика расчета размеров сопел при сварке с двумя отдельными струями газа

Сварка в защитных газах находит широкое применение при производстве разнообразных конструкций. При этом предпочтение часто отдается сварке в среде углекислого газа или его смесям с кислородом, аргоном и пр. Перспективным способом представляется сварка без коротких замыканий с двойной газовой защитой: сварочная дуга защищается аргоном, а металл шва - углекислым газом. Способ позволяет существенно снизить потери на

разбрызгивание электродного металла, затраты труда на зачистку околошовной зоны от брызг, затраты на защитный газ.

Многими отечественными и зарубежными исследователями опытным путем определены основные параметры каждой из струй защитного газа и даны рекомендации по выбору размеров сопел сварочных горелок.

Сварка плавящимся электродом в качестве источника энергии использует электрическую дугу, состоящую из трех областей: анодной, катодной и столба. Анодная и катодная области имеют малые размеры. При сварке в аргоне анодное пятно может занимать всю торцевую поверхность электрода и переходить на его боковую поверхность.

При этом перенос электродного металла осуществляется в виде мелких капель или струи, что благоприятно влияет на процесс переноса электродного металла, снижая разбрызгивание и набрызгивание.

При сварке в двух концентричных газовых потоках обеспечить процесс сварки, связанный с положительным эффектом горения дуги в аргоне, можно при защите аргонем катодной и анодной областей, а также столба дуги [3].

1.4 Заключение

Сварка в защитных газах находит широкое применение при производстве разнообразных конструкций. Применение двухструйной газовой защиты в сочетании с рациональным режимом сварки позволяет добиться выравнивания значений ударной вязкости и твердости по сечению сварного соединения. Сварка в защитных газах характеризуется экономичностью, качеством выполненного шва, удобным управлением режимами сварки, поэтому выбирается автоматическая сварка в смеси газов ($\text{Ar}+\text{CO}_2$).

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 направлению 15.03.01, профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо разработать участок сборки и сварки корпуса червячного редуктора. 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 корпуса червячного редуктора стрелы колесного манипулятора Hitachi TCM 100 были выявлены существующие недостатки. Для устранения этих недостатков предлагается произвести следующие изменения в технологическом процессе:

- сократить время производственного цикла за счет замены плиты сборочной сборочно-сварочным приспособлением, что даст возможность уменьшить время, затрачиваемое на сборку;
- произвести замену ручной дуговой сварки на сварку в смеси газов;
- заменить сварочное оборудование на соответствующее новому способу сварки.

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 – корпус. Он предназначен для передачи мощности вращением и снижения усилия, необходимого для вращения барабана.

В качестве материала деталей корпуса червячного редуктора используют сталь марки СтЗсп ГОСТ 1050-74 (свариваемость хорошая, сварные соединения высокого качества, сварка выполняется без применения особых приемов) [4]. Выбор этой стали обусловлен необходимостью в сочетании надежности конструкции с хорошей технологической свариваемостью и небольшой себестоимостью [4].

Химический состав и механические свойства стали СтЗсп приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 - Химический состав стали СтЗсп в % [5]

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As	N
0,14-0,22	0,05-0,15	0,40-0,65	≤0,05	≤0,04	≤0,30	≤0,3	≤0,30	≤0,08	≤0,01

Таблица 3.2 – Механические свойства стали СтЗсп [5]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	KCU ₄₀ МДж/м ²
370-480	245	26	-

Способ сварки при разработке технологии следует выбирать таким образом, чтобы он удовлетворял всем требованиям, установленным исходными данными.

Для стали СтЗсп рекомендуются следующие способы сварки: ручная дуговая сварка, механизированная и автоматическая сварка в среде защитных газов

Ar+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 смеси газа Ar+CO₂ (смесь двуокиси углерода с аргоном в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона) по ТУ 2114-004-00204760-99, т. к. существует ряд преимуществ этого способа:

- 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 смеси газов 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 кассетах, упакованных в парафинированную бумагу или полиэтилен. 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							
	C	Mn	Si	Ti	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 смесь двуокиси углерода с аргоном К-2 (Pureshield P3), сварочная смесь поставляется в баллонах ТУ 2114-001-65707377-2013. Это наиболее универсальная из всех смесей для углеродисто-конструкционных сталей. Состоит из 82% аргона и 18% двуокиси углерода. Подходит практически для всех типов материалов [7].

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. При определении понятия свариваемости металлов необходимо исходить из 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 [8].

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 определении 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 [9]:

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

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в

металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах.

Если углеродный эквивалент $C_{\text{экр}}$ 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 стали СтЗсп:

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

Сталь СтЗсп – углеродистая ГОСТ 1050-74 [6]. Эта сталь относится к первой группе свариваемости и обладают хорошей свариваемостью [6]. 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 Metallургические 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.

Необходимо отметить, что аргон, входящий в смесь газов в составе 82%, является инертным газом. Поэтому он не участвует в химических реакциях, его роль сводится только к физической защите сварочной ванны.

Температура сварочной ванны является основным параметром, который определяет направление и интенсивность физико-химических процессов в ней. При сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ тепловые характеристики дуги возрастают, что объясняется отчасти повышением доли теплоты, выделяющейся в результате

химических реакций, и некоторым напряжением дуги. При высокой температуре дуги происходит реакция диссоциации CO_2 [10]:



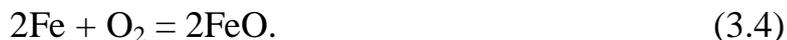
С повышением температуры увеличивается количество тепла, вводимого в изделие, что способствует снижению скорости охлаждения. С увеличением содержания кислорода в смеси, время существования ванны в жидком состоянии увеличивается, что способствует более плавному удалению неметаллических включений и дегазации металла сварочной ванны [9].

Аргон, растекаясь по поверхности свариваемого изделия, защищает достаточно длительно довольно широкую и протяженную зону как расплавленного, так и нагретого при сварке металла.

При сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ плавящимся электродом в зоне высоких температур происходит разложение CO_2 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 $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ 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 в своем составе до 0,12-0,14% С, не ниже 0,5-0,8% Mn. 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 сродством 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 [9].

Содержание кремния и марганца в наплавленном металле шва, выполняемого в $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ проволокой Св-08Г2С-О остается на необходимом уровне.

Значительному снижению разбрызгивания электродного металла способствует добавление в смесь аргона до 82 %. Это приводит к переходу от крупнокапельного переноса металла в дуге к струйному, что способствует улучшению сплавления, уменьшает подрезы, увеличивает производительность сварки и позволяет получать более плотные беспористые швы.

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 работоспособности при минимальной трудоемкости.

Конструктивные элементы подготовки кромок, типы сварных швов и их размеры при сварке в $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ должны обязательно соответствовать

требованиям 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 смеси газов плавящимся электродом следующие [8]:

- диаметр электродной проволоки – $d_{\text{эл}}$;
- скорость сварки – v_c ;
- сварочный ток – I_c ;
- напряжение сварки – U_c ;
- вылет электродной проволоки – l_B ;
- скорость подачи электродной проволоки – $V_{\text{эл}}$;
- общее количество проходов – $n_{\text{пр}}$;
- расход защитной смеси – $g_{\text{зг}}$.

Расчёт режимов сварки выполняем по размерам шва (ширине l и глубине проплавления h_p) [8].

Сварка механизированная, выполняется проволокой Св-08Г2С-О, в нижнем положении. Соединение тавровое типа Т1 с катетом 5 мм показано на рисунке 3.1.

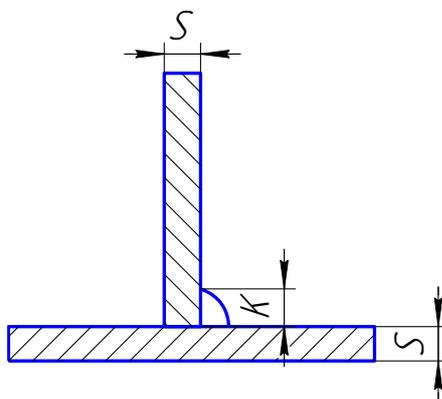


Рисунок 3.1 Соединение Т1- $\nabla 5$ по ГОСТ 14771 – 76 (S-толщина листа,

К-катет)

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по следующей формуле:

$$d_{\text{эл}} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05 \cdot h_p, \quad (3.8)$$

$$h_p = K \leq (0,7 \dots 1,1) \cdot S = 0,8 \cdot 5 = 4, \quad (3.9)$$

$$d_{\text{эл}} = \sqrt[4]{4} \pm 0,05 \cdot 4 = 1,245 \dots 1,614 \text{ мм.}$$

Принимаем $d_{\text{эл}} = 1,6$ мм.

Скорость сварки определяем по зависимости:

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

где, K_V – коэффициент зависимости от диаметра электродной проволоки,
 $K_V = 1120$;

$$V_c = 1120 \cdot \frac{4^{1,61}}{8,4^{3,36}} = 8,3 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{ч}}.$$

Сварочный ток определяем по формуле:

$$I_c = K_T \cdot \frac{h_p^{1,32}}{I^{1,07}} = 430 \cdot \frac{4^{1,32}}{8,4^{1,07}} = 295 \text{ А.} \quad (3.11)$$

Расчетное значение $I_c = 295$ А не выходит за пределы ограничений для нижнего положения [8].

Напряжение сварки U_c определяем по формуле:

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot I_c = 14 + 0,05 \cdot 295 = 28,8 \text{ В.} \quad (3.12)$$

Вылет электродной проволоки найдем по следующей зависимости:

$$l_b = 10 \cdot d_{\text{эл}} \pm 2 \cdot d_{\text{эл}} = 10 \cdot 1,6 \pm 2 \cdot 1,6 = 12,8 \dots 19,2 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Скорость подачи электродной проволоки $V_{\text{эл}}$ определяется по формуле:

$$V_{\text{эл}}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{I_c}{d_{\text{эл}}^2} + 6,94 \cdot \frac{I_c^2}{d_{\text{эл}}^3} = 0,53 \cdot \frac{295}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^4 \cdot \frac{295^2}{1,6^3} = 75,9 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 273 \frac{\text{м}}{\text{ч}}. \quad (3.14)$$

Расход защитного газа CO_2 :

$$q_{\text{зг}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot I_c^{0,75} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 295^{0,75} = 0,235 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 14,1 \frac{\text{л}}{\text{м}}. \quad (3.15)$$

На основании технологической инструкции по изготовлению сварных конструкций изделий горношахтного оборудования ТИ 406.25090.00054 инв. №2815 принимаем следующие режимы сварки [11]:

- для корневых швов $I_{св} = 160-280$ А, $U=18-28$ В, расход газа 12-15 л/мин, вылет электродной проволоки 12-15 мм.
- для сварки больших толщин $I_{св}=280-320$ А, $U=28-32$ В, расход газа 15-17 л/мин, вылет электродной проволоки 18-22 мм.

Согласно инструкции [11] занесем режимы сварки в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Режимы сварки корпуса червячного редуктора [13]

№ шва	Тип шва	$d_{эп}$, мм	$V_{св}$, м/ч	$I_{св}$, А	$U_{св}$, В	$l_{в}$, мм	Расход газа, л/мин	$n_{пр}$
1	У4 - $\nabla 10$	1,2	10-20	260-280	26-28	19,2	15-17	2
2	Т1 - $\nabla 5$	1,2	10-20	260-280	26-28	19,2	15-17	1
3	Т1 - $\nabla 10$	1,2	10-20	260-280	26-28	19,2	15-17	2
4	Т6	1,2	10-20	260-280	26-28	19,2	15-17	2
5	Н1 - $\nabla 10$	1,2	10-20	260-280	26-28	19,2	15-17	2

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 используют общецеховой транспорт.

В серийном производстве номенклатура выпускаемых изделий ограничена и достаточно устойчива. Изготовление изделий производят периодически повторяющимися сериями на специализированных участках. 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 участках, 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 [11], учитывая, что годовая программа выпуска продукции составляет $N = 1200$ штук, а масса корпуса червячного редуктора равна 68 кг, заключаем, что проектируемое сварочное производство относится к типу серийного.

3.2.2 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции

Технологический процесс сборки и сварки корпуса червячного редуктора начинается с подбора деталей, входящих в сборочную единицу, согласно комплектовочной карте.

Изготовление корпуса червячного редуктора начинается с установки на приспособление по штырям плиты опорной поз. 1, на плиту опорную поз. 1 устанавливается шайба поз. 6. Детали прихватываются и привариваются. Далее на плиту опорную поз. 1 установить стойку жесткости №1 поз. 3, жесткости №2 поз. 4 и жесткости №3 поз. 5 (2 шт.). Детали прихватываются и привариваются. После этого устанавливают плиту фронтальную поз. 7 (2 шт.), плиту боковую №1 поз. 8, плиту боковую №2 поз. 9. Детали прихватываются и привариваются. Далее устанавливаются плита верхняя поз. 2. По окончании сварки производится слесарная обработка и контроль.

Подробно последовательность изготовления корпуса червячного редуктора приведена в технологическом процессе (Приложение В).

Сварная конструкция считается технологичной, если она сконструирована 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 [12].

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 к

нетехнологичным.

На стадии проектирования сварных конструкций уровень технологичности должен оцениваться по всей совокупности показателей, охватывающих 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 [12].

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 корпуса червячного редуктора сварка ведётся ручная дуговая сварка сварочным выпрямителем ВД-306Б.

Предлагаемый технологический процесс сборки и сварки корпуса червячного редуктора выполняется механизированной сваркой в среде углекислого газа и аргона.

Заменим сварочное оборудование на инверторный сварочный полуавтомат MIG-357DT2 "Барс" с переносным механизмом подачи проволоки (МПП).

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 [13]:

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

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:

$$T_{н.ш-к} = (T_o + t_{в.ш}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс.} + a_{отл.} + a_{п-з}}{100} \right), \quad (3.17)$$

где T_o – основное время сварки, мин;

$t_{в.ш}$ – вспомогательное время, зависящее от длины свариваемого шва, согласно литературе [13] составляет 0,75 мин;

$a_{обс.}$, $a_{отл.}$, $a_{п-з}$ – 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%, [13].

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

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

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм²;

I – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³;

α_n – коэффициент наплавки, г/(А·ч);

n – количество проходов, шт.

Для примера рассчитаем норму времени сборки и механизированной сварки в смеси газов в операции 010 на выполнение швов №2 Т1-Δ 5 (рисунок 3.2).

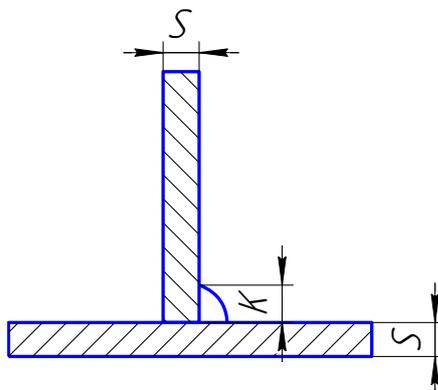


Рисунок 3.2 Соединение Т1-Δ 5 по ГОСТ 14771-76

Исходные данные:

- марка стали СтЗсп;
- марка электродной проволоки Св-08Г2С-О ГОСТ 2246 – 70;
- сварной шов №2 тавровый Т1;
- шов по ГОСТ 14771-76 – №2 Т1-Δ5;
- длины швов: 3384 мм;
- положение шва нижнее;
- площадь поперечного сечения наплавленного металла шва

$$F = 15,7 \text{ мм}^2;$$

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

Определим время на операцию 010

Масса деталь поз. 1 $m_1 = 24,8 \text{ кг}$; установка изделия кран-балкой на сварочный стол $t_1 = 1,6 \text{ мин.}$; масса детали поз. 6 $m_2 = 3,91 \text{ кг}$; установка детали вручную на сварочный стол $t_2 = 0,32 \text{ мин.}$; клеймение $t_3 = 2,1 \text{ мин.}$

Найдем время на прихватку:

- 1) $0,1 \cdot 4 = 0,4 \text{ мин.}$,
- 2) $t_{в.и} = 1,6 + 0,32 + 0,4 + 2,1 = 4,42 \text{ мин.}$,
- 3) Время сварки для шва №2 Н1- Δ5:

$$T_o = \frac{15,7 \cdot 7,85 \cdot 60}{280 \cdot 15} = 1,76 \text{ мин.}$$

$$4) T_{\text{н.ш.к}} = (1,76 + 0,75) \cdot \left(1 + \frac{17}{100}\right) = 3,19 \text{ мин.},$$

$$5) T_{\text{ш}} = 3,19 \cdot 3,384 + 4,42 = 5,97 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитаем другие операции. Данные расчетов сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления корпуса червячного редуктора

№ опер.	Базовый техпроцесс		Предлагаемый техпроцесс	
	Наименование операции	T _{шт} , мин.	Наименование операции	T _{шт} , мин.
005	Комплектовочная	-	Комплектовочная	-
010	Слесарная	98	Слесарная	98
015	Сборочно-сварочная	7,62	Сборочно-сварочная	5,97
020	Сборочно-сварочная	28,42	Сборочно-сварочная	20,37
025	Слесарная	37,6	Слесарная	37,6
030	Сборочно-сварочная	54,14	Сборочно-сварочная	39,55
035	Сборочно-сварочная	2,31	Сборочно-сварочная	17,61
040	Термообработка	-	Термообработка	-
045	Слесарная	17,8	Слесарная	17,8
050	Контроль	66,5	Контроль	66,5
Итого		333,38		303,4

3.2.5 Выбор технологического оборудования

Расчитанные 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 [10].

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

Выбираем полуавтомат для дуговой сварки в смеси газов. Сварка ведется в закрытом помещении. Полуавтомат должен обеспечивать сварочный ток 260...280 А; диаметр проволоки 1,2 мм; скорость подачи электродной проволоки 234 м/ч...270 м/ч. Исходя из этих данных выбираем инверторный сварочный полуавтомат MIG-357DT2 "Барс" с переносным механизмом подачи проволоки (МПП) [14].

Инверторный полуавтомат БАРС Profi MIG-357DT2 – комплект оборудования для сварки на постоянном токе в среде CO₂ с применением электродной сварочной проволоки. Полуавтомат позволяет производить сварку низкоуглеродистых и низколегированных сталей, алюминиевых сплавов, может использоваться для ручной дуговой сварки покрытыми штучными электродами (ММА).

Достоинства:

- два полноценных режима работы: полуавтоматическая сварка в

защитном газе (MIG/MAG) и ручная дуговая сварка штучным электродом (ММА);

- надежный 4-х роликовый механизм подачи обеспечивает подачу проволоки и позволяет использовать горелки длиной до 5 м;
- современная инверторная технология на базе IGBT транзисторов обеспечивает безотказное возбуждение дуги и минимальное разбрызгивание;
- цифровая индикация сварочного тока и напряжения;
- плавная регулировка сварочного тока в режиме ММА;
- плавная регулировка напряжения на дуге в режиме MIG/MAG;
- плавная регулировка индуктивности позволяет изменять жесткость дуги, глубину проплавления и степень разбрызгивания;
- функция заварки кратера с отдельной регулировкой тока и напряжения угасания дуги;
- двухтактный (2Т) и четырехтактный (4Т) режим сварки;
- режим тестовой подачи проволоки без включения нагрузки и газа;
- тестовая подача газа;
- питание 36В подогревателя CO₂;
- более компактный, легкий и экономичный по сравнению с «обычным» трансформаторным полуавтоматом;
- защита от перегрева и перегрузки.

Особенности полуавтомата BAPC Profi MIG – 357DT2:

Комплект полуавтомата-инверторный выпрямитель и переносной механизм подачи проволоки, закрепленный на поворотной турели, смонтирован на транспортной тележке, имеющей поворотные передние колеса, площадку под газовый баллон и ящик для инструмента. Это позволяет легко перемещать по производственной площадке сварочный полуавтомат и баллон с защитным газом. Переносной механизм подачи сварочной проволоки может быть легко демонтирован с турели и использован для сварки в труднодоступных местах.

В комплект поставки входят 5-метровый кабель-пакет (включает кабель управления, сварочный кабель и газовый рукав), обратный кабель с зажимом заземления и горелка.

Область применения:

Сварка в условиях промышленного производства на предприятиях строительной сферы, машиностроения, энергетики и т.д.

Таблица 3.7 – Технические характеристики полуавтомата MIG-357DT2 "Барс"
[14]

Наименование параметра	Значение
1	2
Напряжение питающей цепи, В	3x380 ($\pm 15\%$)
Род тока	DC
Номинальный ток, потребляемый от сети, А	19,4
Номинальный сварочный ток, А	
ПН 60%	350
ПН 100%	269
Диапазон регулирования сварочного тока в режиме MMA, А	10...350
Диапазон регулирования сварочного тока в режиме MIG/MAG, А	30...350
Диапазон регулирования рабочего напряжения, В, в режиме MIG/MAG	15,0-36,0
Напряжение холостого хода, В	60
Номинальная потребляемая мощность, кВА	14
Тип механизма подачи проволоки	встроенный, SSj-15
Число ведущих роликов	4
Мощность двигателя механизма подачи, Вт	80
Охлаждение	Принудительное

Продолжение таблицы 3.7

1	2
Диаметр проволоки:	0,8-1,2
Масса проволоки на кассете, кг, не более	18
Время продувки газа после сварки, с	1
Скорость подачи проволоки, м / мин	1,5-18
Коэффициент мощности	0,93
Габаритные размеры, мм	595x285x438
Масса (с МПП и тележкой), кг	70,0

3.2.6 Контроль технологических операций

Операционный контроль сварочных работ

Операционный контроль сварочных работ выполняется производственными мастерами службы сварки и контрольными мастерами службы технического контроля (СТК).

Перед началом сварки проверяется:

- наличие у сварщика допуска к выполнению данной работы;
- качество сборки или наличие соответствующей маркировки на собранных элементах, подтверждающих надлежащее качество сборки;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;
- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;
- состояние сварочного оборудования или наличие документа, подтверждающего надлежащее состояние оборудования;
- температура предварительного подогрева свариваемых деталей (если таковой предусмотрен НТД или ПТД).

В процессе сварки проверяется:

- режим сварки;
- последовательность наложения швов;
- размеры накладываемых слоев шва и окончательные размеры шва;
- выполнение специальных требований, предписанных ПТД;
- наличие клейма сварщика на сварном соединении после окончания сварки.

Контроль сварных соединений стальных конструкций

Контроль качества сварных соединений стальных конструкций производится:

- внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100%;
- неразрушающими методами (радиографированием или ультразвуковой дефектоскопией) в объеме не менее 0,5% длины швов. Увеличение объема контроля неразрушающими методами или контроль другими методами проводится в случае, если это предусмотрено чертежами КМ или НТД (ПТД).

Результаты контроля качества сварных соединений стальных конструкций должны отвечать требованиям СНиП 3.03.01-87 (пп. 8.56-8.76).

Контроль размеров сварного шва и определение величины выявленных дефектов следует производить измерительным инструментом, имеющим точность измерения $\pm 0,1$ мм, или специальными шаблонами для проверки геометрических размеров швов. При внешнем осмотре рекомендуется применять лупу с 5-10-кратным увеличением.

Трещины всех видов и размеров в швах сварных соединений конструкций не допускаются и должны быть устранены с последующей заваркой и контролем.

Выборочному контролю швов сварных соединений, качество которых согласно проекту, требуется проверять неразрушающими физическими методами, должны подлежать участки, где наружным осмотром выявлены

дефекты, а также участки пересечения швов. Длина контролируемого участка не менее 100 мм.

В швах сварных соединений конструкций, возводимых или эксплуатируемых в районах с расчетной температурой ниже минус 40°C до минус 65°C включительно допускаются внутренние дефекты, эквивалентная площадь которых не превышает половины значений допустимой оценочной площади. При этом наименьшую поисковую площадь необходимо уменьшить в два раза. Расстояние между дефектами должно быть не менее удвоенной длины оценочного участка [15].

Сварные соединения, контролируемые при отрицательной температуре окружающего воздуха, следует просушить нагревом до полного удаления замерзшей воды.

При изготовлении корпуса червячного редуктора применяется визуальный измерительный контроль 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 визуально-измерительный 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 [16].

Разработка технологических процессов включает:

- расчленение изделия на сборочные единицы;
- установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;
- 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 и 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 и 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 [16].

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-балка грузоподъемностью 5 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% общего объема сборочно-сварочных работ, остальные 70-75% 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, их можно охарактеризовать цифрой 70-75% всего комплекса цехового оборудования [19].

В данной выпускной квалификационной работе в предлагаемом технологическом процессе используется приспособление сборочно-сварочное (см. ФЮРА.00001.222.00.000 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 [12].

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 [12].

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 [12].

Для проектируемого участка сборки и сварки корпуса червячного редуктора 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 найдем по формуле [12]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{ш}}{60 \cdot F_d \cdot K_{вн}}, \quad (3.20)$$

где N – годовая производственная программа, шт., $N = 1200$ шт.

$T_{ш}$ – трудоемкость определенной операции, мин.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч,

$F_d = 3762$ 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 [12]:

$$K_{зо} = C_p / C_{п} \cdot 100, \quad (3.21)$$

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

Номер операции	Наименование оборудования	$T_{ш}$, мин	C_p , шт	$C_{п}$, шт	$K_{зо}$, %
1	2	3	4	5	6
Базовый технологический процесс					
010, 045, 050	Плита слесарная	182,3	0,97	1	96,9

015-035	Плита сварочная	151,1	0,8	1	80,3
---------	-----------------	-------	-----	---	------

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6
Предлагаемый технологический процесс					
010, 045, 050	Плита слесарная	182,3	0,97	1	96,9
015-035	Приспособление сборочно-сварочное ФЮРА.000001.222.00.000 СБ	121,1	0,64	1	64,2

В соответствии с количеством рабочих мест принимаем для базового и принятого количество сварочного оборудования равным 1 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	80,3
Предлагаемый	1	64,2

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 [16]:

$$P_{\text{сп}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.22)$$

$$P_{\text{яв}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{н}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (3.23)$$

где N – годовая программа выпуска изделия, шт.; N = 1200 шт.

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

F_d – действительный фонд рабочего времени, ч $F_d = 1743$ ч.;

F_n – номинальный фонд рабочего времени, ч; $F_n=1981$ 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_p .

Численность вспомогательных рабочих рассчитывается в процентах от основных рабочих по формуле [16]:

$$P_{всп} = P_{сп} \cdot \Pi / 100, \quad (3.24)$$

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 [16]:

$$P_{итр} = (P_{сп} + P_{всп}) \times \Pi / 100, \quad (3.25)$$

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
1	2	3
Трудоемкость $T_{ш}$, мин.	333,38	303,4
Расчетное/принятое списочное число основных рабочих $P_{сп}$ и P_p , чел.	3,83/4	3,49/4
Расчетное/принятое явочное число основных рабочих $P_{яв}$ и P_p , чел.	3,67/3	3,06/4

Продолжение таблицы 3.10

1	2	3
Расчетное/принятое число вспомогательных рабочих $P_{яв}$ и $P_{п}$, чел.	1/1	1/1
Расчетная/принятая численность ИТР, чел.	0,4/1	0,4/1
Расчетная/принятая численность МОП, чел.	0,1/1	0,1/1
Расчетная/принятая численность контролеров, чел.	0,05/1	0,05/1

Определяем коэффициент сменности по формуле [12]:

$$k_p = P_{яв} / P_{яв1}, \quad (3.26)$$

где k_p – коэффициент сменности,

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

Для базового технологического процесса:

$$k_p = 4/2 = 2.$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$k_p = 4/2 = 2.$$

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 [12].

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) [12].

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 приблизительно 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 [12].

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 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 корпуса червячного редуктора 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 механизмов, 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 [12]:

$$C_M = \frac{k \cdot T_M}{T_{HM} + kT_M} \cdot 100\% \quad (3.27)$$

где T_M – трудоемкость работ, выполняемых механизированным способом, мин.,
 $T_M = 2422$ ч.;

T_{HM} – трудоемкость работ, выполняемых немеханизированным способом,
 $T_{HM} = 3646$ ч.;

k – коэффициент повышения производительности труда на данном участке,
 $k = 2$ [12].

$$C_M = \frac{2 \cdot 2422}{3646 + 2 \cdot 2422} \cdot 100 = 55 \%$$

Качественный уровень механизации производственного процесса можно определить по формуле [12]:

$$Y_M = C_M(1 - 1/k) = 55(1 - 1/2) = 27,5\% \quad (3.28)$$

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 корпуса червячного редуктора 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 м
Гардеробные	Индивидуальный шкаф 0,35x0,5 м	Один шкаф на каждого работающего по списочному составу	0,18	0,43x15 м
Уборные	Кабина 1,2x0,9 м	При максим. явочном числе работающих в смену до 20 чел.	1,08	3,06x8
	Шлюз (тамбур)		-	6,8 м
Душевые	Кабина 0,9x0,9 м	Одна кабина на каждые 10 явочных рабочих	0,81	1,62x2 м
	Место для	Три места на каждую	0,35	1x6 м

	переодеван ия 0,7x0,5 м	кабину		
	Тамбур	Между душевой и раздевальной один тамбур	-	4

Продолжение таблицы 3.13

1	2	3	4	5
Помещения для приема пищи	Комната	1 м ² /чел. По явочному составу	-	1x8 м

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 как можно 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 [17].

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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 корпуса червячного редуктора ФЮРА.3756.01.222.00.000 СБ допускает различные варианты решения.

Корпус ФЮРА.3756.01.222.00.000 СБ является частью червячного редуктора.

Корпус червячного редуктора является конкурентноспособным, конкурентами предприятия являются предприятия таких стран как: Китай также выпускающих металлоконструкции.

Существует базовый вариант изготовления корпуса червячного редуктора, который используется на АК «АЛРОСА» (ПАО).

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 [18]:

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

где C – себестоимость единицы продукции, руб/год;

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

K – капиталовложения, руб/год.

Согласно базовому технологическому процессу сборочные и сварочные операции при изготовлении корпуса червячного редуктора производятся на сварочной плите. Это приводит к увеличению расхода времени на сборку.

Швы выполняются в смеси газов, в качестве сварочного оборудования используется оборудование фирмы БАРС.

В предлагаемом технологическом процессе применим сборочно-сварочное приспособление с шаблоном для точной установки деталей.

Проведем технико-экономический анализ сравнения базового и предлагаемого вариантов. Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления корпуса червячного редуктора приведены в таблице 3.6.

4.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капитальные вложения в оборудование найдем по формуле [18]:

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

где Π_{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 01.01.2019 (смотри таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [14] [19]

Наименование оборудования		Ц _о , руб
Базовый технологический процесс		
ВД-306Б	1 шт.	43725
Предлагаемый технологический процесс		
MIG-357DT2 "Барс"	1 шт.	86500

Капитальные вложения в сварочное оборудование смотри в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования		K _{co} , руб. · год
Базовый технологический процесс		
ВД-306Б	1 шт.	35111
Предлагаемый технологический процесс		
MIG-357DT2 "Барс"	1 шт.	55533

Капитальные вложения в приспособления найдем по формуле [18]:

$$K_{np} = \sum_{j=1}^m K_{npj} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{nj}, \quad (4.3)$$

где K_{npj} – оптовая цена единицы приспособления j -го типоразмера, руб.;

P_j – количество приспособлений j -го типоразмера, ед.;

$\mu_{пj}$ – коэффициент загрузки j -го приспособления.

Капитальные вложения в приспособления приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Капитальные вложения в приспособления

Наименование оборудования	$K_{прj}$, руб	Базовый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		P_j , шт	$K_{пр}$, руб/ед.год	P_j , шт	$K_{пр}$, руб/ед.год
Плита слесарная	110000	1	106590	1	106590
Приспособление сборочно - сварочное ФЮРА.000001.222.00.000СБ	67500	-	-	1	43335
Плита сварочная	110000	1	88330	-	-
ИТОГО			194920		149925

4.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями

Капитальные вложения в здание определяется по формуле [18]:

$$K_{зд} = \sum_{i=1}^n S_{Oi} \cdot h \cdot C_{зд}, \text{ руб.}, \quad (4.4)$$

где S_{Oi} – площадь, занимаемая оборудованием, $m^2/ед.$

Для базового технологического процесса: $S_o=71,4 m^2$.

Для предлагаемого технологического процесса: $S_o=62,43 m^2$;

h – высота производственного здания, м, $h = 12$ м [23];

$C_{зд}$ – стоимость $1m^3$ здания на 01.01.2019 для АК «АЛРОСА» (ПАО) составляет, $C_{зд}=94$ руб/ m^3 .

$$K_{здб} = 71,4 \cdot 12 \cdot 94 = 80539 \text{ руб.},$$

$$K_{зДП} = 62,43 \cdot 12 \cdot 94 = 70421 \text{ руб.}$$

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

Таблица 4.4 – Капитальные вложения в здание, занимаемое оборудованием

Наименование оборудования	К _{зд} , руб.
Базовый технологический процесс	
ВД-306Б	1372336
Предлагаемый технологический процесс	
MIG-357DT2 "Барс"	1372336

4.2.3 Определение затрат на основные материалы

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия определяем по формуле [18]:

$$C_M = m_M \cdot k_{т.з.} \cdot C_M - N_0 \cdot C_0 \text{ руб./изд.}, \quad (4.5)$$

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

C_M – средняя оптовая цена стали 09Г2С на 01.01.2019, руб./кг:

- для стали СтЗсп $C_M = 38,5$ руб./кг, при $m_M = 68 \cdot 1,3 = 88,4$ кг;

$k_{т.з.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов $k_{т.з.} = 1,04$ [15];

N_0 – норма возвратных отходов, $N_0 = m_M \cdot 0,3 = 68 \cdot 0,3 = 20,4$ кг/шт;

C_0 – цена возвратных отходов, $C_0 = 20$ руб/кг;

Коэффициент потерь материала на отходы составляет 1,3.

$$C_M = 88,4 \cdot 1,04 \cdot 38,5 - 20,4 \cdot 20 = 3131,54 \text{ руб/изд.}$$

Затраты на электродную проволоку определяем по формуле [18]:

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

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

$G_d = 2,86$ кг - для электродов УОНИ-13/45 для базового технологического процесса;

$G_d = 2,86$ кг - для проволоки Св-08Г2С-О для предлагаемого технологического процесса;

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

ψ_p – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки, $\psi_p = 1,01...1,15$, принимаем $\psi_p = 1,1$;

$\Pi_{п.с.} = 93$ – стоимость электродов УОНИ-13/45 базового технологического процесса, руб/кг по данным АК «АЛРОСА» (ПАО) на 01.01.2019.

$\Pi_{п.с.} = 78,8$ – стоимость сварочной проволоки Св-08Г2С-О предлагаемого технологического процесса, руб/кг по данным АК «АЛРОСА» (ПАО) на 01.01.2019.

$$C_{п.сбаз.} = 2,86 \cdot 1,6 \cdot 93 = 425,57 \text{ руб./изд.},$$

$$C_{п.спредл.} = 2,86 \cdot 1,03 \cdot 1,1 \cdot 78,8 = 255,34 \text{ руб./изд.}$$

4.2.4 Определение затрат на вспомогательные материалы

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

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

где $g_{з.г.}$ – расход смеси, м³/ч.

$k_{т.п.}$ – коэффициент, учитывающий тип производства, $k_{т.п.} = 1,15$ [18];

$\Pi_{г.з.}$ – стоимость смеси, м³, $\Pi_{г.з.} = 62,42$ руб./ м³;

T_o – основное время сварки в смеси газов, ч., $T_o = 0$ ч. – для базового варианта, $T_o = 1,16$ ч. – для предлагаемого варианта.

Для данного технологического процесса $g_{з.г.} = 1,02$ м³/ч.

Для базового технологического процесса:

$$C_{з.г.} = 1,02 \cdot 1,15 \cdot 62,42 \cdot 0 = 0 \text{ руб/изд.}$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_{з.г.} = 1,02 \cdot 1,15 \cdot 62,42 \cdot 1,16 = 68,59 \text{ руб/изд.}$$

4.2.5 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_{з.п.сд} = TC \cdot \sum_{i=1}^m \frac{T_{шт}}{60} \cdot K_{д} \cdot K_{пр} \cdot K_{рай} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{100} \right), \quad (4.8)$$

где TC – тарифная ставка на 01.01.2019, руб., TC – 154 руб.;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, $K_{д}=1,15$;

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

$K_{рай}$ – районный коэффициент, $K_{рай}=1,7$;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – 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:

$$C_{з.п.сд} = 154 \cdot \frac{333,38}{60} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100} \right) = 3332,31 \frac{\text{руб}}{\text{изд.}}$$

Заработная плата основных производственных рабочих по предлагаемому технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = 154 \cdot \frac{303,4}{60} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100} \right) = 3032,64 \frac{\text{руб}}{\text{изд.}}$$

4.2.6 Определение затрат на заработную плату вспомогательных рабочих

Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_{з.п.всп.р} = \sum_{j=1}^k TC_j \cdot Ч_{врj} \cdot \frac{F_d}{12} \cdot K_d \cdot K_{пр} \cdot K_{рай} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{100}\right), \quad (4.9)$$

где TC – тарифная ставка вспомогательного рабочего соответствующего разряда на 01.01.2019, руб.:

- для слесарей TC– 120 руб.;
- для контролер ОТК TC– 156 руб.;
- для МОП TC– 81 руб.;

k – количество профессий вспомогательных рабочих;

Ч_{врj} – численность рабочих по соответствующей профессии;

F_d – действительный фонд рабочего времени, F_d = 1769 ч;

K_d – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, K_d=1,15;

K_{пр} – коэффициент, учитывающий процент премии и доплаты, K_{пр}=1,3;

K_{рай} – районный коэффициент, K_{рай}=1,3;

α₁, α₂, α₃, α₄ - 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 слесарей:

$$C_{з.п.слесарей} = 120 \cdot 1 \cdot \frac{1769}{12} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 68891,23 \frac{\text{руб}}{\text{изд}}$$

Затраты на заработную плату контролеров ОТК:

$$C_{з.п.отк} = 156 \cdot 1 \cdot \frac{1769}{12} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 89558,6 \frac{\text{руб}}{\text{изд}}$$

Затраты на заработную плату МОП:

$$C_{з.п.моп} = 81 \cdot 1 \cdot \frac{1769}{12} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 46501,58 \frac{\text{руб}}{\text{изд}}.$$

$$C_{зп.вс.р} = C_{зп.слесарей} + C_{зп.отк} + C_{зп.моп} = 68891,23 + 89558,6 + 46501,58 = 204951,4 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

4.2.7 Заработная плата административно-управленческого персонала

Затраты на заработную плату административно-управленческого персонала рассчитываем по формуле:

$$C_{з.п.ауп} = C_{зуп} \cdot \chi_{ауп} \cdot 12 \cdot K_{д} \cdot K_{пр} \cdot K_{рай} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{100}\right), \quad (4.11)$$

где $C_{зуп}$ – месячный оклад работника административно-управленческого персонала, $C_{зуп} = 28865$ руб.;

$\chi_{ауп}$ – численность работников административно-управленческого персонала должности, $\chi_{ауп} = 2$ чел.

$$C_{з.п.ауп} = 28865 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 2697856,83 \frac{\text{руб}}{\text{год}}.$$

4.2.8 Определение затрат на силовую электроэнергию

Расход технологической электроэнергии найдем по формуле [7]:

$$W_{тэ} = \sum \frac{U_{ci} \cdot I_{ci} \cdot t_{ci}}{\eta_u} + P_x \cdot \left(\frac{T_o}{K_u} - T_o\right), \quad (4.12)$$

где U_c и I_c – электрические параметры режима сварки;

T_o – основное время сварки;

η_u – КПД оборудования, для базового технологического процесса: $\eta = 0,84$,
для предлагаемого технологического процесса: $\eta = 0,86$;

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]:

$$C_{э.с.} = W_{тэ} \cdot Ц_э, \quad (4.13)$$

где $Ц_э$ – средняя стоимость электроэнергии по данным АК «АЛРОСА» (ПАО),
 $Ц_э = 3,68$ руб.

Затраты на электроэнергию по базовому технологическому процессу:

$$C_{э.с.} = 30 \text{ руб./изд.}$$

Затраты на электроэнергию по предлагаемому технологическому процессу: $C_{э.с.} = 20,77$ руб./изд.

4.2.9 Определение затрат на сжатый воздух

Затраты на сжатый воздух определяется по формуле [18]:

$$C_{\text{возд}} = g_{\text{возд}}^{\text{ЭН}} \cdot k_{\text{тип}} \cdot Ц_{\text{возд}}, \text{ руб./изд,} \quad (4.14)$$

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

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

Для изготовления одной корпуса расход воздуха составляет:

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

$Ц_{\text{возд}} = 0,25443$ руб/ м^3 , стоимость воздуха на 01.01.2019 г.;

$$C_{\text{возд пр}} = 1,2 \cdot 1,15 \cdot 0,25443 = 0,35 \text{ руб./изд.}$$

4.2.10 Определение затрат на амортизацию оборудования

Определяются по формуле [18]:

$$C_з = \sum_{i=q}^n \frac{Ц_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot a_i \cdot r_i}{N_r}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.15)$$

где a_i – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования

i-го типоразмера, % [18];

$$a_{ni} = \frac{1}{T_{co}} \cdot 100\%, \text{ руб,} \quad (4.16)$$

где T_{co} – срок службы оборудования ($T_{co}=3\div 12$ лет);

$$a_{ni} = \frac{1}{7} \cdot 100\% = 14,3 \text{ руб,}$$

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	
	$a_i, \%$	$C_3, \text{ руб/изд.}$	$a_i, \%$	$C_3, \text{ руб/изд.}$
ВД-306Б	14,3	501,59		-
MIG-357DT2 "Барс"		-	14,3	793,33

4.2.11 Определение затрат на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений определяются по формуле [18]:

$$C_u = \sum_{j=q}^m \frac{K_{npj} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{nj} \cdot a_j}{N_r}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.17)$$

где a_j - норма амортизационных отчислений для оснастки j-го типоразмера, $a_j=0,15$ [18];

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	
		П _j , шт.	С _и , руб/изд.	П _j , шт.	С _и , руб/изд.
Плита слесарная	110000	1	13,32	1	13,32
Приспособление сборочно-сварочное ФЮРА.000001.222.00.000СБ	67500	-	-	1	5,42
Плита сварочная	110000	1	11,04	-	-
ИТОГО			24,36		18,74

4.2.12 Определение затрат на ремонт оборудования

Затраты на ремонт оборудования определяем по формуле [18]:

$$C_p = \frac{R_m \cdot \omega_m + R_{\text{э}} \cdot \omega_{\text{э}}}{T_{\text{рц}}} \cdot \sum \frac{T_{\text{ш}}}{K_{\text{вн}} \cdot 60}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.18)$$

где R_m $R_{\text{э}}$ – группа ремонтной сложности единицы оборудования соответственно: механической и электрической части $R_m = 0$ [18];

ω – затраты на все виды ремонта;

$T_{\text{рц}}$ – длительность ремонтного цикла, $T_{\text{рц}} = 8000$ ч. [18].

Определение затраты на ремонт сводятся в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Затраты на ремонт оборудования

Наименование оборудования	R _э	ω _э	T, ч	C _р , руб/изд.
Базовый технологический процесс				
ВД-306Б	8	1849,5	5,56	0,14
Итого:				0,14
Предлагаемый технологический процесс				
MIG-357DT2 "Барс"	8	1096	5,06	0,13
Итого:				0,13

4.2.13 Определение затрат на содержание помещения

Определение затрат на содержание здания определяется по формуле [18]:

$$C_{\text{п}} = \frac{S \cdot \mu_{\text{oi}} \cdot C_{\text{ср.зд}}}{N_{\text{г}}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.19)$$

где S – площадь сварочного участка, м^2 , $S = 71,4 \text{ м}^2$ – для базового варианта, $S = 62,43 \text{ м}^2$ – для предлагаемого варианта;

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

Затраты на содержание здания по базовому технологическому процессу:

$$C_{\text{п}} = \frac{71,4 \cdot 1 \cdot 250}{1200} = 14,87 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

По предлагаемому варианту:

$$C_{\text{п}} = \frac{62,43 \cdot 1 \cdot 250}{1200} = 13 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

4.3 Расчет технико-экономической эффективности

Определим количество приведенных затрат по формуле:

$$Z_{\text{п}} = C + \dot{\epsilon}_{\text{н}} \cdot K, \quad (4.20)$$

где C – себестоимость единицы продукции, руб./год.;

$\dot{\epsilon}_{\text{н}}$ – норма эффективности дополнительных капитальных затрат,

$\dot{\epsilon}_{\text{н}} = 0,15$ руб./год [23];

K – удельные капитальные вложения, руб./год.

Себестоимость продукции за год определяется по формуле:

$$C = N_{\Gamma} \cdot (C_{\text{м}} + C_{\text{в.м.}} + C_{\text{зп.сд.}} + C_{\text{эс}} + C_{\text{возд}} + C_{\text{з}} + C_{\text{у}} + C_{\text{р}} + C_{\text{п}}) + C_{\text{зп.вс.р}} \cdot 12 + C_{\text{зп.АУП}}, \quad (4.21)$$

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.;

$C_{\text{зп.вс.р}}$ – затраты на заработную плату вспомогательных рабочих, руб.;

$C_{\text{зп.АУП}}$ – затраты на заработную плату административно-управленческого персонала, 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:

$$K = K_{\text{со}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{зд}}. \quad (4.22)$$

Определим количество приведенных затрат по базовому технологическому процессу:

$$K = 35111 + 194920 + 80539 = 310570 \text{ руб/год,}$$

$$C = 1200 \cdot (3131,54 + 425,57 + 0 + 3332,31 + 30 + 0,35 + 501,59 + 24,36 + 0,14 + 14,87) + 204951,4 \cdot 12 + 2697856,83 = 14110140,78 \text{ руб/изд. год,}$$

$$Z_n^1 = 14110140,78 + 0,15 \cdot 310570 = 14156726,34 \text{ руб/год.}$$

Определим количество приведенных затрат по предлагаемому технологическому процессу:

$$K = 55533 + 149925 + 70421 = 275879 \text{ руб/год,}$$

$$C = 1200 \cdot (3131,54 + 255,34 + 68,59 + 3032,64 + 20,77 + 0,35 + 793,33 + 18,74 + 0,13 + 13) + 204951,4 \cdot 12 + 2697856,83 = 13958592,67 \text{ руб/изд. год,}$$

$$Z_n^2 = 13958592,67 + 0,15 \cdot 275879 = 13999974,53 \text{ руб/год.}$$

Рассчитаем величину экономического эффекта по формуле:

$$\mathcal{E} = Z_n^1 - Z_n^2, \quad (4.23)$$

$$\mathcal{E} = (Z_n^1 - Z_n^2) / N_r. \quad (4.21)$$

Величина экономического эффекта от выпуска годовой производственной программы:

$$\mathcal{E} = 14156726,34 - 13999974,53 = 156751,81 \text{ руб./год.}$$

Величина экономического эффекта на единицу изделия составит:

$$\mathcal{E} = (14156726,34 - 13999974,53) / 1200 = 130,63 \text{ руб/изд.}$$

4.4 Основные технико-экономические показатели участка

Основные технико-экономические показатели участка представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Основные технико-экономические показатели участка

№ п/п	Параметр	Значение
1	2	3
1	Годовая производственная программа, шт.	1200
2	Средний коэффициент загрузки оборудования	64,2
3	Производственная площадь участка, м ²	62,43
4	Количество оборудования, шт	1

Продолжение таблицы 4.8

1	2	3
5	Списочное количество рабочих, чел.	4
6	Явочное количество рабочих, чел	4
7	Количество рабочих в первую смену, чел	2
8	Количество вспомогательных рабочих	1
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.	130,63

Вывод: Результаты расчетов показали, что предлагаемый технологический процесс изготовления корпуса дает положительный экономический эффект.

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места

На участке производится сборка и корпуса червячного редуктора. При изготовлении корпуса червячного редуктора осуществляются следующие операции: сборка, механизированная сварка в среде углекислого газа и аргона, слесарные операции.

При изготовлении корпуса на участке используется следующее оборудование:

- полуавтомат MIG-357DT2 "Барс" 1 шт.
- приспособление сборочно-сварочное
ФЮРА.000001.222.00.000 СБ 1 шт.
- плита слесарная 1 шт.

Перемещение изделия производят кран-балкой грузоподъемностью 0,5 т.

Изготавливаемое изделие, корпус, он является частью червячного редуктора. Масса корпуса червячного редуктора составляет 68 кг.

В качестве материала этих деталей используют сталь марки СтЗсп. Сварка производится в смеси Ar (82 %) + CO₂ (18 %) сварочной проволокой Св-08Г2С-О диаметром 1,2 мм.

Проектируемый участок находится на последнем пролете цеха, поэтому освещение осуществляется двумя пятью, расположенными в стене здания, а также используется шесть светильников, 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 (1 шт.) автомобильным 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 $S = 62,43 \text{ м}^2$.

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. Нормы освещения строительных площадок. М.: Изд. стандартов, 2001.

5 ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.

6 Правила устройства электроустановок. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002.

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.

11 СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

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 (ПДК 0,1-0,2 мг/м^3), а также CO_2 до 0,5÷0,6 процентов; CO до 160 мг/м^3 ; окислов азота до 8,0 мг/м^3 ; озона до 0,36 мг/м^3 (ПДК 0,1 мг/м^3); оксидов железа 7,48 г/кг расходуемого материала; оксида хрома 0,02г/кг расходуемого

материала

(ПДК 1 мг/м³) [21, 22].

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

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.

Характер воздействия пыли на организм человека зависит от ее химического состава, который определяет биологическую активность пыли. По этому признаку пыль подразделяют на пыль раздражающего действия и токсическую. Попадая в организм человека, частицы такой пыли взаимодействуют с кровью и тканевой жидкостью, и в результате протекания химических реакций образуют ядовитые вещества.

Отдельные виды пыли могут растворяться в воде и биологических жидких средах: крови, лимфе, желудочном соке, что может иметь как положительные, так и отрицательные последствия.

Медико-биологические исследования показали непосредственную связь между количеством, концентрацией, химическим составом пыли в рабочей зоне и возникающими профессиональными заболеваниями работников транспорта. Продолжительное действие пыли на органы дыхания может привести к профессиональному заболеванию - пневмокониозу. Пневмокониоз характеризуется разрастанием соединительной ткани в дыхательных путях.

Наряду с пневмокониозом, наиболее частым заболеванием, вызываемым действием пыли, является бронхит. В бронхах скапливается мокрота, и болезнь хронически прогрессирует.

Пыль, попадающая на слизистые оболочки глаз, вызывает их раздражение, конъюнктивит. Оседая на коже, пыль забивает кожные поры, препятствуя терморегуляции организма, и может привести к дерматитам, экземам. Некоторые виды токсической пыли (известки, соды, мышьяка, карбида

кальция) при попадании на кожу вызывают химические раздражения и даже ожоги [23].

На участке сборки и сварки изготовления корпуса червячного редуктора применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом – зонтом, открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой приближено к источнику выделений. Средняя скорость поступающего воздуха в проеме составляет 0,3÷3 метров в секунду.

Определим количество конвективного тепла выделяемого источником [24]:

$$Q = 1,5 \cdot \sqrt{t_{\text{и}} + t_{\text{в}}}, \quad (5.1)$$

где $t_{\text{и}}$ и $t_{\text{в}}$ – температура поверхности источника и воздуха, °С.

$$Q = 1,5 \cdot \sqrt{350 + 15} = 28,7 \text{ Вт.}$$

Максимальное расстояние от кромки зонта до источника тепловыделений определяется по формуле:

$$H = 1,5 \cdot \sqrt{F} = 1,5 \cdot \sqrt{1,62 \cdot 1,68} = 2,47 \text{ м.} \quad (5.2)$$

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), подтекающего к зонту с конвективным потоком, определяем по формуле:

$$L_{\text{к}} = 0,68 \cdot \sqrt{Q \cdot F^2 \cdot H}, \quad (5.3)$$

где Q – количество конвективного тепла, выделенного с поверхности источника, Вт,

F – площадь горизонтальной проекции источника тепловыделений, м^2 .

$$L_{\text{к}} = 0,68 \cdot \sqrt{28,7 \cdot 2,72^2 \cdot 2,47} = 15,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

Найдем размеры вытяжного зонта:

$$A = a + 0,8 \cdot H = 1,62 + 0,8 \cdot 2,47 = 3,6 \text{ м,} \quad (5.4)$$

$$B = b + 0,8 \cdot H = 1,68 + 0,8 \cdot 2,47 = 3,33 \text{ м,} \quad (5.5)$$

Определим количество воздуха, которое должен удалять вытяжной зонт:

$$L_B = \frac{L_k \cdot F_3}{F} = \frac{15,6 \cdot 3,6 \cdot 3,33}{2,72} = 68,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}. \quad (5.6)$$

Определим количество воздуха для всех зонтов.

$$L_o = 68,6 \cdot 1 = 68,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Из расчета видно, что объём воздуха удаляемый от местных отсосов составляет $L = 68,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

В результате проведенных расчетов выбираем вентилятор радиальный ВЦ 4-75-2,5 с двигателем АИР56А4 0,12/1350.

2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- полуавтомат MIG-357DT2 "Барс";
- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 2 \text{ кг}$) ГОСТ 2310-77, шабер, машинка ручная шлифовальная 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.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности приведены в таблице 5.1 [25].

Таблица 5.1 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

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 [25].

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 по ГОСТ Р 12.4.210-99.

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 энергозатратами $172 \div 293$ Дж/с ($150 \div 250$ ккал/ч) [26].

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 6 светильников типа С 3-4 с ртутными лампами ДРЛ мощностью 250 Вт, построенных в 3 ряда по 2 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 $0,5-6 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ [27].

2. Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски по ГОСТ 12.4.023. 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 по ГОСТ 12.4.250-2013 – 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, исключаящие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень

средств индивидуальной защиты, имеющихся на проектируемом участке приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – 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
Щиток 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.

Для защиты окружающих рабочих применяются ширмы.

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 подъемно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- правильная фиксация корпуса червячного редуктора на приспособлениях, а также контроль за правильностью строповки;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

5.5 Охрана окружающей среды

1. Защита селитебной зоны

Распределение территорий осуществляется на основании генеральных планов, на которых указаны участки расселения, использования природного компонента, а также учитываются территориальные возможности производительных сил. Весь комплекс планирования, определения зон, застройки и т. д. необходим, чтобы городские и сельские поселения были максимально удобными, грамотно распланированными, отвечающими требованиям безопасного проживания, а также имели способность развивать инфраструктуру на территории. В СНиП 2.07.01-89:2 дается определение "селитебная зона", определяются правила, требования, регламентируется последовательность действий для создания городских и сельских поселений, а также указываются данные для проведения расчетов [28].

Промышленные объекты являются основным источником загрязнения окружающей среды. Поэтому следует учитывать, при создании селитебной зоны, направление ветра, которое наиболее вероятно в этой местности. Так же селитебная зона должна быть отгорожена от промышленных предприятий зелеными насаждениями.

2. 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 корпуса червячного редуктора ФЮРА.3756.01.222.00.000 СБ используют масляные фильтры 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 [17].

3. Охрана водного бассейна

Охрана водного бассейна заключается в очистке стоков машиностроительного предприятия, для этого применяют механические методы, химические и физико-химические методы, а также комбинированные. Выбор того или иного метода зависит от концентрации взвешенного вещества, степени дисперсности его частиц и требований, предъявляемых к очищенной воде.

4. Охрана почв и утилизация промышленных отходов.

На проектируемом участке сборки и сварки корпуса червячного редуктора 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 [17].

5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

На участке возможно возникновение пожара. Поэтому 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 переходный 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 участок сборки сварки корпуса червячного редуктора.

Для сборки-сварки корпуса червячного редуктора применено стационарное сборочно-сварочное приспособление, которое позволило облегчить сборку изделия, заменено сварочное оборудование на соответствующее принятому способу сварки.

В результате перечисленных нововведений время изготовления корпуса червячного редуктора сократилось на 0,5 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 1200 изделий.

Площадь спроектированного участка – 62,43 м².

Средний коэффициент загрузки оборудования – 64,2 %.

Экономический эффект на годовую программу – 15751,81 рублей.

Список использованных источников

1. Д.А. Чинахов, канд. техн. наук. Влияние двухструйной газовой защиты на эксплуатационные свойства сварных соединений судостроительной стали GL-E36 // Автоматическая сварка – 2009 – №9, С. 39-42.
2. А.М. Жерносеков, канд. техн. наук. Тенденции развития управления процессами переноса металла в защитных газах (Обзор) // Автоматическая сварка – 2012 – №1, С. 33-37.
3. В.М. Белоконь, канд. техн. наук, А. О. Коротеев, инж. Методика расчета размеров сопел при сварке с двумя отдельными струями газа // Автоматическая сварка – 2012 – №11, С. 37-40.
4. Кисаримов Р.А. Справочник сварщика. – М.: И П РадиоСофт, 2007 – 288 с.
5. Марочник сталей и сплавов / М.М. Колосков, Е.Т Долбенко, Ю.В. Коширский и др.; под общей М28 ред. А.С Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. 627с.: ИЛЛ.
6. Костин А. М. Сварочные материалы – «НУК», 2004. – 225 с.
7. Составы газовых смесей [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: http://svartek.ru/articlesview.php?id_articles=301
8. Васильев В.И., Ильященко Д. П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. – 96 с.
9. Томас К.И., Ильященко Д.П. Технология сварочного производства. Томск. «Томский политехнический университет» –2011. – 247с.
10. Оботуров В.И. Дуговая сварка в защитных газах. М: Стройиздат, 1989 – 232 с.
11. Технологическая инстр. по изготовлен. сварных конструкций изделий горношахтного оборудования ТИ 406.25090.00054 инв. №2815.
12. Крампит Н.Ю. Проектирование сварочных цехов: Методические указания. Ю.: Изд-во ИПЛ ЮТИ ТПУ. – 2005. – 40 с.

13. Крампит Н.Ю. Нормативы времени на сварочные операции: Методические указания / Крампит Н. Ю.: Изд-во ЮФ ТПУ. – 2002. – 26с.
14. Сварочный полуавтомат MIG-357DT2 "Барс" [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: https://www.seveko.ru/catalog/elektro-svarochnoe-oborudovanie/poluavtoma-ticheskaya-svarka/poluavtomaty-perenosnoj-mpp/bars-profi-mig-357dt2/?_openstat=ZGlyZWN0LnlnhbmRleC5ydTsxNDgxNTU1OzYyMzMwMTIzNjM7bm92YS5yYW1ibGVyLnJ1OnByZW1pdW0&yclid=603515863867625522
15. РД 34.15.132-96 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.
16. 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.
17. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.
18. 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. 32 с.
19. Сварочный выпрямитель ЭТА ВД-306 Б 3х380 СВ000002878 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: https://www.vseinstrumenti.ru/silovaya_tehnika/svarochnoe_oborudovanie/mma/svarochnyj_vypryamitel/eta/svarochnyj_vypryamitel_eta_vd-306_b_3h380_sv000002878/
20. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 3. – М.: Машиностроение, 1978 – 557 с.
21. ГОСТ 12.0.0030-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)»
22. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

23. Запыленность и загазованность воздуха в рабочих зонах [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.ecolosorse.ru/ecologs-281-1.html>
24. В.М. Гришагин, В.Я. Фарберов «Расчеты комфорта и безопасности». – Юрга: Изд. филиала ТПУ, 2012. – 96с.
25. 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.
26. П.П. Кукин, В.Л. Лапин. Е.А. Подгорных и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов / М.: Высшая школа, 2004. – 298 с.
27. Брауде М.З. «Охрана труда при сварке в машиностроении» / М.: Машиностроение, 1978. – 141 с.
28. Селитебные зоны – это что? Селитебная территория [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://fb.ru/article/288464/selitebnyie-zonyi---eto-cto-selitebnaya-territoriya>