

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

Институт Юргинский технологический институт  
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»  
Кафедра «Сварочное производство»

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА СБОРКИ-СВАРКИ СЕКЦИИ ВЕРХНЕЙ КРАНА КС-5371</b>

УДК 621.757: 621.791: 621.873.3.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А30	Сухленко Ю.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крюков А.В.	К.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крюков А.В.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭиАСУ	Нестерук Д.Н.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

И.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

Юрга – 2018 г.

*Планируемые результаты обучения по ООП*

Код результата в	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.

Руководитель ВКР

А.В. Крюков

Студент гр. 3-10А30

Ю.А. Сухленко

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

Институт Юргинский технологический институт  
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»  
Кафедра «Сварочное производство»

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. зав. кафедрой  
Д.П. Ильященко  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А30	Сухленко Юрий Анатольевич

Тема работы:

Разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки секции верхней крана КС-5371	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	25.01.2018 г. № 7/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <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>	Материалы преддипломной практики
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <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>	1. Обзор литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Результаты проведенного исследования. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность.

<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>ФЮРА.КС5371.240.00.000 СБ Секция верхняя Формат 3-А1 ФЮРА.000001.240.00.000 СБ Автоматическая установка Формат А1 ФЮРА.000002.240.00.000 СБ Устройство базирования Формат А1 ФЮРА.000003.240ЛП План участка Формат А1 ФЮРА.000004.240ЛП Экономическая часть Формат А1 ФЮРА.000005.240ЛП Карта организации труда на производстве Формат А1</p>
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Крюков А.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Нестерук Д.Н.
Социальная ответственность	Солодский С.А.

**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 кафедры СП	Крюков А.В.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А30	Сухленко Ю.А.		

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

Институт Юргинский технологический институт

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

Кафедра «Сварочное производство»

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017 – 2018 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Срока сдачи студентом готовой работы

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

**Составил преподаватель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Крюков А.В.	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

Юрга – 2018г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А30	Сухленко Юрию Анатольевичу

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

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

*Оценка стоимости производства по базовому технологическому процессу секции верхней крана КС-5371*

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

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

**Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):**

*При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭиАСУ	Нестерук Д.Н.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А30	Сухленко Ю.А.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А30	Сухленко Юрию Анатольевичу

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание технологического процесса, проектирование и участка сборки-сварки секции верхней крана КС-5371 на предмет возникновения:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);</li> <li>- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).</li> </ul>
<p>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.4.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. Правила устройства электроустановок. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 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. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548.96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*</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"> <li>- физико-химическая природа вредностей, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной - защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul>
---	--

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	-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).
3. Охрана окружающей среды:	- 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.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	- 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 ее последствий.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>Перечень графического материала</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Система вентиляции участка.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А30	Сухленко Ю.А.		

## Содержание

Введение.....	13
1 Обзор и анализ литературы.....	14
2 Объект и методы исследования.....	16
2.1 Описание сварной конструкции.....	16
2.2 Выбор способа сварки.....	17
2.3 Выбор сварочных материалов.....	18
2.4 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки.....	19
3 Расчеты и аналитика.....	21
3.1 Качественная оценка основных элементов производства.....	21
3.1.1 Структура процесса изготовления сварной конструкции.....	21
3.1.2 Анализ вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального.....	22
3.1.2.1 Требования к подготовке кромок.....	26
3.1.2.2 Требования к сварке при прихватке.....	27
3.1.2.3 Требования к сварке при отрицательной температуре.....	27
3.1.2.4 Требования к сборке сварного соединения.....	29
3.1.2.5 Требования к сварке корневого валика. Требования к сварке последующих слоев. Требования к клеймению шва.....	30
3.1.2.6 Требования к оформлению документации.....	32
3.1.2.7 Требования к контролю [11, 12].....	32
3.1.3 Техническое нормирование операций.....	34
3.1.4 Расчет режимов сварки.....	36
3.1.5 Выбор оборудования.....	38
3.1.6 Разработка технической документации.....	41
3.1.7 Расчет основных элементов производства.....	41
3.1.7.1 Определение количества необходимого числа оборудования.....	41
3.1.7.3 Расход сварочной проволоки.....	43
3.1.7.4 Расход защитного газа.....	44
3.1.7.5 Расход электроэнергии.....	44
3.2 Разработка автоматической установки.....	45
3.2.1 Общая характеристика сварочного оборудования.....	45
3.2.2 Проектирование автоматической установки.....	45
3.3 Рациональное размещение производственного процесса.....	47

3.3.1 Состав сборочно-сварочного цеха .....	47
3.3.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха .....	48
3.3.3 Планировка заготовительных отделений .....	49
3.3.4 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков .....	50
3.3.5 Планировка административно-конторских и бытовых помещений...	51
4 Результаты проведенного исследования (разработки).....	53
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. .....	54
5.2 Расчет объемов капитальных вложений .....	55
5.2.1 Определение капитальных вложений в сварочное оборудование и приспособления .....	55
5.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями.....	58
5.2.3 Определение затрат на основные материалы.....	58
5.2.4 Затраты на вспомогательные материалы.....	59
5.2.5 Затраты на заработную плату .....	60
5.2.6 Затраты на силовую электроэнергию .....	61
5.2.7 Затраты на амортизацию и ремонт оборудования.....	61
5.2.8 Затраты на амортизацию приспособлений.....	63
5.2.9 Затраты на содержание помещения .....	64
5.3 Расчет технико-экономической эффективности.....	64
5.4 Основные технико-экономические показатели участка .....	66
6 Социальная ответственность .....	67
6.1 Описание рабочего места .....	67
6.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды .....	68
6.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	71
6.4 Охрана окружающей среды .....	73
6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	74
6.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	75
6.7 Заключение по разделу социальная ответственность .....	78
Заключение .....	80
Список используемых источников.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение А Спецификация секции верхней крана КС-5371.....	

Приложение Б Спецификация автоматической установки .....	
Приложение В Технологический процесс.....	
Диск CD-R	В конверте на обложке
Графический материал	На отдельных листах
ФЮРА.КС5371.240.00.000 СБ Секция верхняя	Формат 3-А1
ФЮРА.000001.240.00.000 СБ Автоматическая установка	Формат А1
ФЮРА.000002.240.00.000 СБ Устройство базирования	Формат А1
ФЮРА.000003.240 ЛП План участка	Формат А1
ФЮРА.000004.240 ЛП Экономическая часть	Формат А1
ФЮРА.000005.240 ЛП Карта организации труда на производстве	Формат А1

## Введение

Сварка на данный момент является ведущим способом получения неразъемных соединений во всех отраслях промышленности. Номенклатура сварных изделий столь обширна, что затрагивает все сферы производства.

Одной из сторон развития сварочного производства, является комплексная механизация и автоматизация. В условиях современного производства это решает множество задач, таких как повышение качества продукции, снижение трудоемкости и сроков выпуска, делает производство более гибким и снижает время на освоение новых технологий.

В данной выпускной квалификационной работе был разработан технологический процесс изготовления секции верхней стрелы крана КС-5371.

В процессе производства секции верхней возникает необходимость сварки длинных швов короба секции, что является очень трудоемким процессом, который осложняется также значительными сварочными деформациями. В работе предлагается использовать автоматическую сварку, что более технологично, чем механизированная сварка при изготовлении протяженных швов. Сварка осуществляется при помощи современного оборудования импульсной дугой. Применение данной установки решает сразу несколько проблем, возникающих в процессе сварки короба. Предлагаемый способ сварки не требует подготовки кромок, сводит к минимуму сварочные деформации, а также сокращает затраты времени на последующую слесарную обработку, так как разбрызгивание практически отсутствует. Это приводит к снижению трудоемкости и положительно сказывается на экономической составляющей проекта.

## 1 Обзор и анализ литературы

При производстве балок коробчатого сечения перед производством встает ряд проблем, для решения которых требуется:

- применение разделок и необходимость двусторонней сварки – для обеспечения проплавления;
- выполнение дополнительных технологических приемов для снижения деформации.

Для того чтобы гарантировать проплавление корня шва листов толщиной от 4 мм их сваривают в разделку, что в свою очередь увеличивает трудоемкость, повышает расход сварочных материалов и увеличивает затраты электроэнергии, что в результате ведет к повышению стоимости готовой продукции.

Меньшие затраты на сварочное оборудование и сварочные материалы сварки в защитных газах, по сравнению со сваркой под слоем флюса, электронно-лучевой, лазерной сваркой и прочими видами, а также ее хорошие технические характеристики дают обоснования для выбора именно этого способа сварки.

Авторы статьи [1] исследовали процесс формирования сварного шва с полным проплавлением при импульсно - дуговой сварке тавровых соединений.

По результатам исследования выявлено, что для гарантированного проплавления необходимо погрузить дугу в зазор. Величина зазора должна быть в пределах от 2 до 4 мм.

Для того чтобы избежать непровара, а также натеков или прожогов целесообразно применять подкладки, которые крепятся к обратной стороне шва.

Данный способ решает сразу две проблемы: необходимость подготовки кромок и двусторонней сварки.

Значительных деформаций при сварке можно избежать, контролируя погонную энергию, жестким закреплением, обратным деформированием и применяя обратноступенчатый способ сварки.

Средние и длинные швы сварных соединений как правило свариваются обратноступенчатым способом, а также участками вразброс.

Обратноступенчатый способ сварки реализуется путем разделения шва на участки длиной от 100 до 300 мм, причем направление сварки этих участков противоположное общему направлению сварки. Необходимо совпадение конца участка с началом предыдущего.

Сварка данным способом значительно уменьшает сварочные напряжения и деформации.

Для предотвращения появления трещин в местах обрыва дуги, где образуется кратер незаполненный металлом, который ослабляет сварной шов необходимо произвести заварку кратера, для этого электрод непродолжительное время не перемещают, после осуществляю удлинение дуги до обрыва [2].

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Описание сварной конструкции

Рассматриваемая конструкция - секция верхняя стрелы крана самоходного на коротко-базовом шасси КС-5371. Конструкция изделия представлена на чертеже ФЮРА.КС-5371.240.00.000 СБ. Секция верхняя представляет собой сложную сварную конструкцию, состоящую из двух сборочных единиц оголовка и кронштейна. Конструкция изготавливается из сталей 10ХСНД и Ст3 пс5.

Химический состав стали 10ХСНД представлен в таблице 2.1 [3].

Таблица 2.1 – Химический состав стали 10ХСНД в процентах

C	Si	S	Ni	P	Cr	S	Cu	Mn	As
≤0,12	0,8-1,1	≤0,04	0,5-0,8	≤0,035	0,6-0,9	≤0,04	0,4-0,6	0,5-0,8	≤0,08

Механические свойства стали 10ХСНД при T=20°С представлены в таблице 2.2 [3].

Таблица 2.2 – Механические свойства стали 10ХСНД при T=20°С

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	KCU, кДж / м <sup>2</sup>
530-670	390	19	-	-

Химический состав стали Ст3 пс5 представлен в таблице 2.3 [4].

Таблица 2.3 – Химический состав стали Ст3 пс5 в процентах

C	Si	S	Ni	P	Cr	S	Cu	Mn	As
0,14-0,22	0,05-0,15	≤0,05	≤0,3	≤0,04	≤0,3	≤0,04	≤0,3	0,4-0,6	≤0,08

Механические свойства стали Ст3 пс5 при T=20°С представлены в таблице 2.4 [4].

Таблица 2.4 – Механические свойства стали Ст3 пс5 при T=20°C

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	KCU, кДж / м <sup>2</sup>
370-480	245	23-26	-	-

Свариваемость [5]:

Стали 10ХСНД и Ст3 пс5, относятся к 1 группе свариваемости (хорошая). Сварка производится без особых приемов.

Габаритные размеры изделия: 8801×588×1084 мм.

Масса изделия 884 кг.

Секция верхняя работает в тяжелых условиях, подвергается непосредственному воздействию высоких динамических нагрузок.

## 2.2 Выбор способа сварки

Способы сварки выбираются не только из числа типовых, но и из числа специальных, для того чтобы проектируемая технология отвечала современным требованиям, а также была наиболее эффективной.

Выбор способа сварки зависит от исходных данных. Если выбор затруднен, возможностью применения различных способов сварки, то выбирается наиболее экономически эффективный.

Для стали 10ХСНД сварку рекомендуется производить следующими способами: ручная-дуговая, под флюсом, плавящимся электродом в защитных газах и электрошлаковая [5]. Выбираем сварку плавящимся электродом в среде защитных газов.

## 2.3 Выбор сварочных материалов

Проволока Св-08Г2С ГОСТ 2246-70 выпускается диаметром от 0,3 до 12 мм. Она поставляется в мотках, упакованных в парафинированную бумагу или полиэтилен. К каждому мотку прикреплена бирка с названием завода-изготовителя, марка, диаметр, ГОСТ. Химический состав проволоки и механические свойства металла шва приведены в таблице 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 – Химический состав проволоки в % по ГОСТ 2246-70 [5]

Марка проволоки	Химический состав							
	C	Mn	Si	Ti	Ni	Cr	S	P
					не более			
Св-08Г2С	0,06-0,11	1,00-1,30	0,40-0,70	0,05-0,12	<0,03	<0,03	<0,025	<0,03

Таблица 2.4 – Механические свойства металла шва [5]

Марка проволоки	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	КСУ, кДж/см <sup>2</sup>	
			20°С	-20°С
Св-08Г2С	452	18	120	75

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны принимаем смесь двуокиси углерода с аргоном в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона.

Двуокись углерода поставляется по ГОСТ 8050-85 трёх сортов. Состав приведён в таблице 2.5.

Таблица 3.5 – Состав CO<sub>2</sub>, в % [6]

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

В качестве инертного газа в смесь входит аргон по ГОСТ 10157-79.

Состав приведён в таблице 3.6.

Таблица 2.6 – Состав Ar, в % [7]

Содержание	Сорт	
	Высший сорт	Первый сорт
Объемная доля аргона, %, не менее	99,993	99,987
Объемная доля кислорода, %, не менее	0,0007	0,002
Объемная доля азота, %, не менее	0,005	0,01

Смесь изготавливают непосредственно на ООО «Юргинский машзавод» согласно требованиям ТУ 2114-004-00204760-99. Затем смесь централизованно подается через магистраль в цех к рабочим местам.

## 2.4 Metallургические и технологические особенности принятого способа сварки

Физико-металлургические процессы, протекающие при сварке должны обеспечивать получение металла шва такого состава, при котором получают необходимые его свойства для стабильной работы изделия. Это можно достичь легированием металла шва, внося легирующие элементы из присадочного металла, флюса, покрытий либо применением особых методов защиты сварочной ванны [8].

Состав металла шва при сварке в защитных газах плавящимся электродом обуславливается составом газа, составом основного и присадочного металлов, их долями в составе металла шва и ходом металлургических процессов в сварочной ванне.

Температура сварочной ванны является главным параметром, определяющим направление, а также интенсивность физико-химических процессов в ней.

Технологию сварки определяют, в зависимости от марки стали, а также требований, предъявляемым к сварным соединениям, таким образом, чтобы она обеспечивала получение соединений с необходимой работоспособностью при наименьшей трудоемкости.

Основной металл перед сборкой в местах сварки необходимо очистить от влаги, масла, ржавчины, и прочих загрязнений. Сборка должна быть выполнена таким образом, чтобы обеспечить возможность качественной сварки.

Применение смеси аргона и углекислого газа (обычно 18-25%) эффективно при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Преимуществом данной смеси, по сравнению со сваркой в углекислом газе или со сваркой в чистом аргоне является более легкое достижение струйного переноса электродного металла. В отличие от сварки в углекислом газе сварные швы получаются более пластичными. По сравнению со сваркой в чистом аргоне уменьшается вероятность образования пор. [8].

### 3 Расчеты и аналитика

#### 3.1 Качественная оценка основных элементов производства

##### 3.1.1 Структура процесса изготовления сварной конструкции

В современном серийном сварочном производстве, существуют определенные принципы построения маршрута выпуска изделия. Так, при изготовлении продукции, включающей в себя некоторое количество деталей, на первом этапе из соответствующих элементов изготавливают сборочные единицы. Затем из сборочных единиц производят полную сборку изделия.

Производственный процесс изготовления основания состоит из операций: заготовительной, комплектовочной, сборочных, сварочных, слесарной, контрольной, транспортной.

Заготовительную операцию следует разбить на две подоперации: начальную обработку проката и изготовление деталей. Предварительная обработка металла включает зачистку, правку, вырезку заготовок из проката. Металл, прошедший предварительную обработку, поступает в заготовительное отделение цеха, где последовательно проходит ряд производственных операций по изготовлению деталей.

Сборка должна обеспечить точное взаимное расположение деталей и минимальные зазоры между ними.

Зазоры при сборке устанавливаются рабочими чертежами.

Сварка является одной из основных операций изготовления сварочного изделия. Она осуществляется в соответствии с технической документацией и техническими условиями на сварку. Качество сварного изделия зависит от целого ряда факторов: правильности выбора сварочных материалов, оборудования, материала изделия, пространственного положения швов, квалификации сварщика и многих других.

Слесарная операция необходима для зачистки сварочного изделия от брызг расплавленного металла, правки изделия, если это необходимо.

Транспортная операция обеспечивает связь между отдельными рабочими местами, осуществляет перемещение материалов, деталей, сборочных единиц. Она осуществляется как при помощи межоперационного, так и внутрицехового, напольного транспорта.

Важное место в процессе производства изделия занимает операция контроля качества. Необходимо контролировать все факторы, которые могут повлиять на качество продукции. Основные из них можно условно сгруппировать как технологические и конструктивные. Служба и система контроля в сварочном производстве должна предусматривать проверку основных технологических факторов, исходных материалов, оборудования, квалификации рабочих, технологического процесса и т.п.

### 3.1.2 Анализ вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального

Технологический процесс сборки и сварки верхней секции имеет принципиальные возможности для усовершенствования и обновления.

На рисунках 3.1, 3.2 и 3.3 представлены схемы изготовления секции верхней.

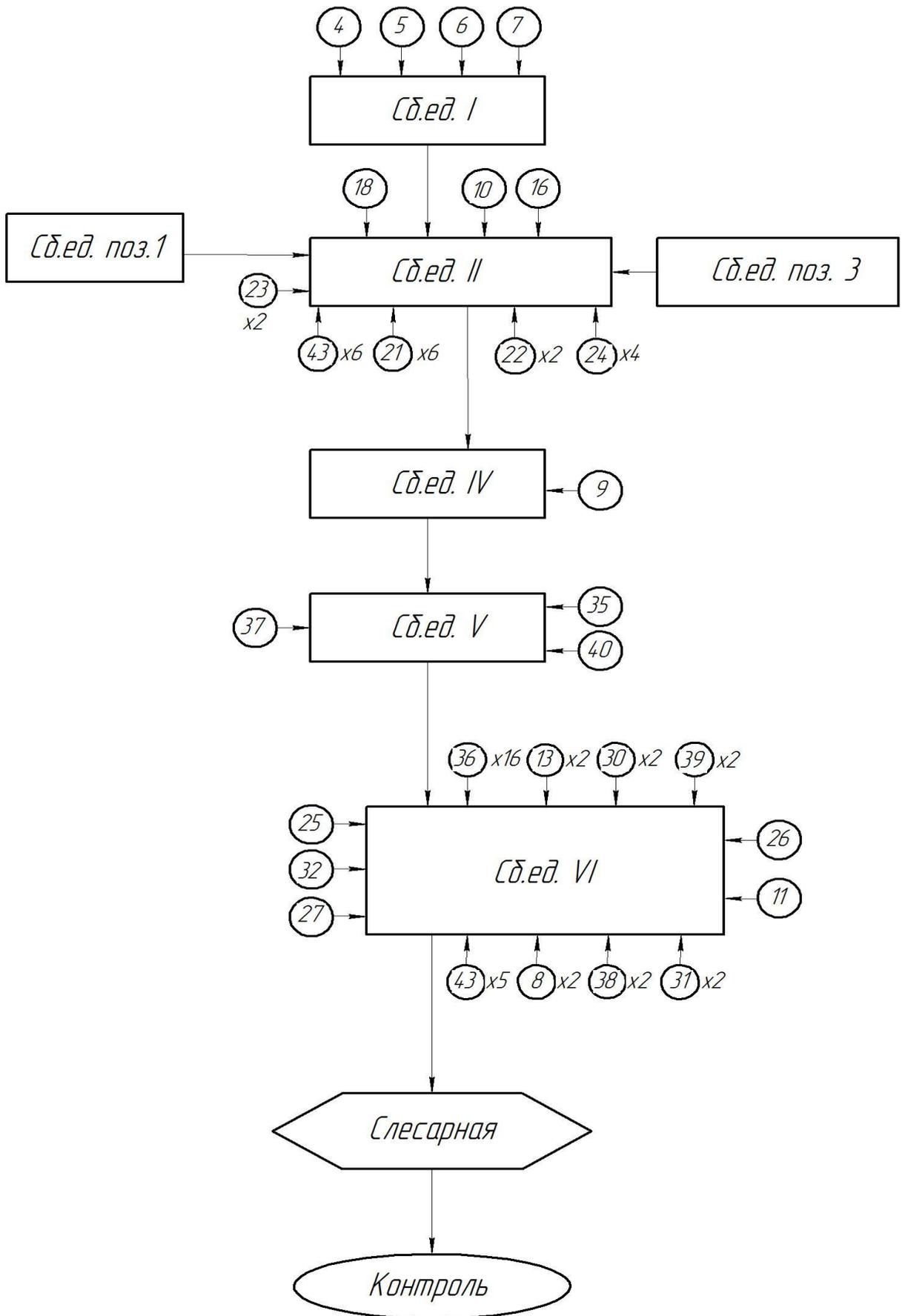


Рисунок 3.1 Схема изготовления изделия № 1

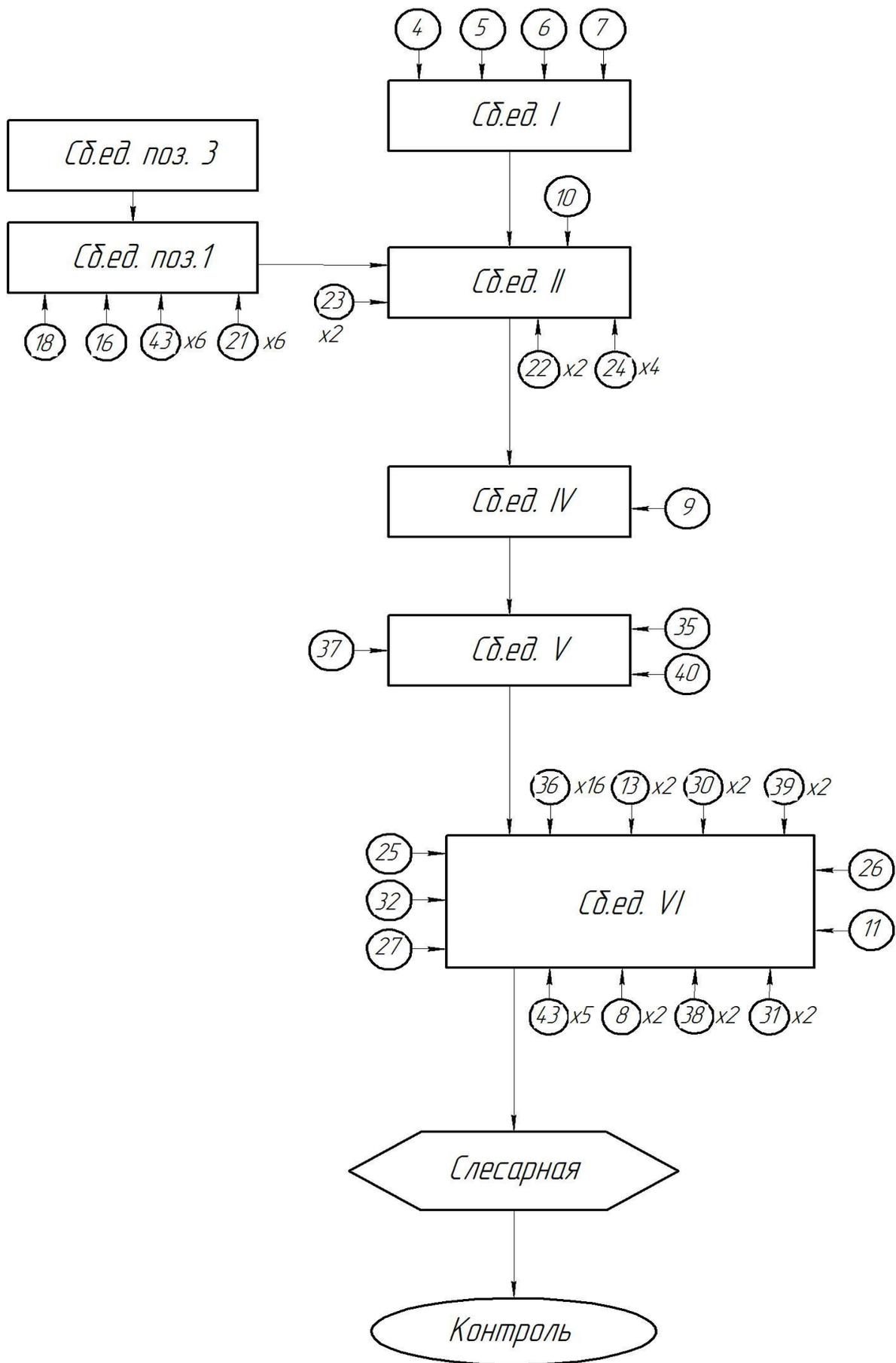


Рисунок 3.2 Схема изготовления изделия № 2

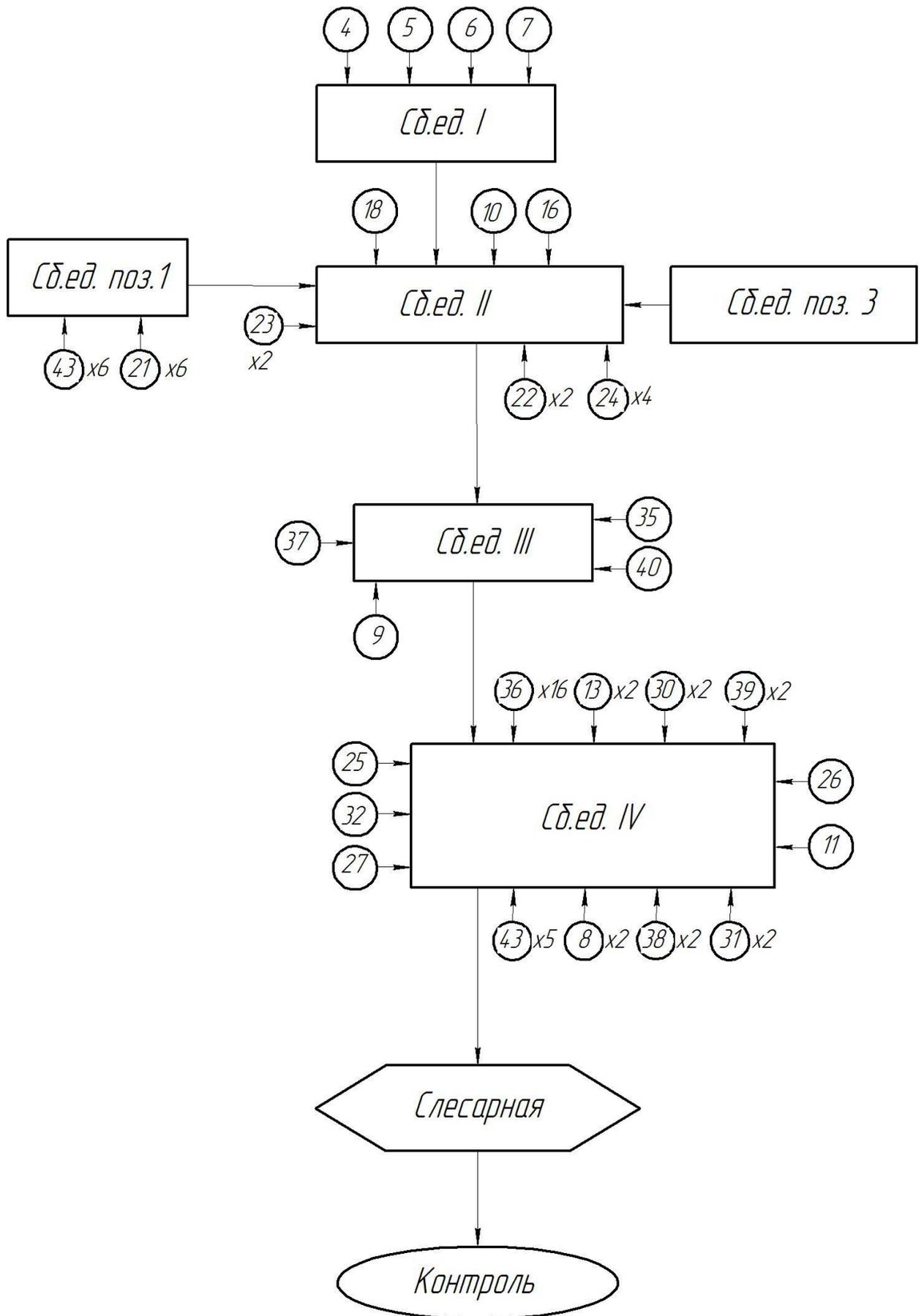


Рисунок 3.3 Схема изготовления изделия № 3

Выбираем схему № 1 как более рациональную и на ее основе составляем пооперационную технологию, которая приведена в приложении В.

### 3.1.2.1 Требования к подготовке кромок

Кромки под сварку обрабатывают способом, который обеспечивает необходимые формы, размеры, шероховатости, которые указываются в рабочих чертежах.

Размеры и допуски после обработки кромок под сварку должны соответствовать требованиям для дуговой сварки в защитном газе ГОСТ 14771-76 и ГОСТ 23518-79.

Свариваемые кромки и прилегающие к ним зоны металла шириной не менее 20 мм перед сборкой необходимо очистить от грязи, ржавчины, масла, влаги и др.

После кислородной и дуговой резки кромки заготовок необходимо очистить от шлака, брызг, наплывов металла. Точность и качество деталей должно соответствовать ГОСТ 14792-80 «Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменно-дуговой резкой. Точность и качество поверхности реза»

Непрямолинейность реза не должна превышать 1 мм, а все наплывы следует удалить и зачистить.

Необходимость механической обработки кромок деталей определяется согласно чертежам и технологической документации.

Если после машинной кислородной резки высота неровностей реза не превышает 0,3 мм, то обработку кромок можно не производить [9, 10].

### 3.1.2.2 Требования к сварке при прихватке

Прихватки элементов сварных конструкций должен выполнять сварщик той же квалификации, что и при сварке, при этом используются те же сварочные материалы. Сварочные материалы могут отличаться, если прихватка и сварка выполняются различными видами сварки (например, прихватка ручной сваркой, а сварка полуавтоматом или автоматом).

Прихватки элементов сварных несущих конструкций должен выполнять сварщик, прошедший аттестацию в соответствии с правилами аттестации сварщиков Госгортехнадзора и имеющий соответствующее удостоверение.

Прихватки нужно располагать в местах расположения сварных швов.

Технологический процесс изготовления определяет количество, размеры и порядок их наложения.

В процессе наложения швов проектного сечения прихватки необходимо переплавить.

Для временного соединения деталей допускается наложение прихваток вне мест расположения швов, если это не создает добавочных концентраторов напряжений. В дальнейшем такие прихватки необходимо удалить и зачистить места из расположения.

После сборочных работ швы прихваток и места под сварку необходимо зачистить от шлака, брызг и окалины.

Если прихватки имеют дефекты, их необходимо удалить и выполнить заново [9, 10].

### 3.1.2.3 Требования к сварке при отрицательной температуре

Ручная и механизированная сварка стальных металлоконструкций производится без подогрева при температуре воздуха не ниже указанной в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Температура окружающего воздуха, при которой разрешается производить ручную и механизированную сварку стальных конструкций без подогрева

Толщина стали, мм	Температура воздуха, °С			
	Углеродистая сталь		Низколегированная сталь	
	Тип конструкции			
	Решетчатые	Листовые объемные и сплошные стенчатые	Решетчатые	Листовые объемные и сплошные стенчатые
До 16 (включительно)	-20	-20	-20	-20
Свыше 16 до 30	-15	-15	-10	
» 30 до 40	-10	-10	0	5
» 40	0	0	5	10

**Примечание.** Ручную и механизированную сварку при температуре выше минус 20°С, но ниже указанной в таблице, необходимо производить с подогревом стали до 100 - 150 °С, в зоне выполнения сварки на ширину не менее 100 мм с каждой стороны.

Сварка при отрицательной температуре (без подогрева) выполняется той же сварочной проволокой, что и при положительной температуре.

Если температура воздуха не ниже -20°С, то автоматическую сварку конструкций из углеродистой и низколегированной стали можно выполнять по той же технологии, что и при положительной температуре, при условии обеспечения необходимого качества сварного шва.

Автоматическую сварку можно вести при более низких температурах, но по специальной технологической документации, которая предусматривает увеличение тепловложения, снижение скорости охлаждения, что должно обеспечить получение качественного сварного соединения.

Если температура воздуха ниже минус 5°С, то все швы необходимо заварить полностью, последовательность предусматривается технологическим процессом сварки.

Допускаются перерывы только для смены электродной проволоки и зачистки сварного шва.

Не допускается прерывать сварку до выполнения заданного размера шва. Если прекращение сварки является вынужденным, то перед возобновлением процесса сварки необходимо выполнить подогрев, установленный технологией сварки.

Применение сварочных материалов, находившихся на морозе, возможно лишь после их просушки.

Перед началом холодного сезона (температура ниже минус 5°C), каждый сварщик должен пройти шестичасовую практику. Ее проводят на специальных образцах. После должны быть сварены контрольные образцы для механических испытаний.

Прошедшие данное испытание сварщики допускаются к сварке при любой более высокой температуре, а также при температуре ниже на 10°C, по сравнению с температурой на испытаниях.

Если необходимо осуществить сварку при более низкой температуре, то сварщики обязаны вновь сварить образцы для механических испытаний. Практику при этом повторять не требуется [9, 10].

#### 3.1.2.4 Требования к сборке сварного соединения

При сборке под сварку необходимо обеспечить точность сборки деталей в пределах размеров и допусков, которые установлены рабочими чертежами и нормативными документами.

Требуемая точность обеспечивается специальными сборочно-сварочными кондукторами и приспособлениями, которые должны исключать возможность появления деформаций, не затрудняя при этом выполнение сварки.

Приспособления, используемые при сборке под сварку, необходимо периодически проверять. Периодичность проверки, а также ее порядок устанавливает предприятие-изготовитель.

Перед сборкой, детали необходимо высушить, очистить и выровнять.

Свариваемые кромки и прилегающие к ним зоны металла шириной не менее 20 мм перед сборкой необходимо очистить от ржавчины, грязи, масла, влаги и др.

Если необходимо перед сваркой дополнительно очистить место сварки и удалить концентрации влаги. Зачистка должна обеспечить необходимое качество.

Уступы и неровности, которые мешают правильной сборке, необходимо обработать.

Отклонения от геометрических размеров и формы, а также расположения поверхностей деталей в сборочной единице указаны на чертежах. Они должны обеспечить свободное перемещение секций крановых стрел относительно друг друга, а при раздвинутой стреле не превышать значений, указанных на чертеже [9, 10].

3.1.2.5 Требования к сварке корневого валика. Требования к сварке последующих слоев. Требования к клейменю шва

Сварку металлоконструкций необходимо производить в помещениях, которые исключают воздействие отрицательных атмосферных условий на качество сварных соединений.

Сварку на открытом воздухе допускается производить при условии применения специальных защитных приспособлений, которые надежно защищают место сварки и свариваемые поверхности от попадания осадков и ветра.

Механизированную сварку в защитных газах необходимо производить проволокой диаметром до 1,6 мм, вертикальные и потолочные швы - проволокой диаметром 0,8-1,2 мм.

Механизированную сварку в большинстве случаев выполняют с использованием выводных планок. В тех случаях, когда применение выводных планок невозможно, допускается производить сварку без них, но с обязательной заваркой кратера. При полуавтоматической сварке не рекомендуется зажигать дугу на основном металле вне границ сварного шва и выводить кратер на основной металл.

В случае перерыва в процессе сварки допускается возобновление после зачистки концевой участка сварного шва длиной не менее 50 мм и кратера от шлака. Кратер необходимо полностью перекрыть швом.

При двухсторонней сварке первым необходимо проварить корень шва, затем очистить шлак и протекший металл, после чего наложить с обратной стороны основной шов.

При многослойной сварке после наложения каждого слоя нужно зачистить швы и свариваемые кромки от шлака, обнаруженные дефекты необходимо устранить согласно технологии предприятия-изготовителя.

В случаи если применяются закрепления и обратные выгибы для выполнения определенных швов, необходимо их удалить после полного остывания детали. Сварку с закреплением деталей проводить только, если данное закрепление предусмотрено технологическим процессом.

После завершения сварки все швы, а также прилегающую к ним зону основного металла очистить от шлака, брызг, натеков металла, и удалить выводные планки. Удаление выводных планок осуществлять кислородной резкой или механическим путем, после этого торцы швов зачистить. Запрещается удалять выводные планки ударами молотка или кувалды.

Зачистку сварных брызг разрешается не проводить в труднодоступных местах металлоконструкции, если это указано в конструкторской документации.

После выполнения сварки каждый сварщик должен поставить свое клеймо: если одну металлоконструкцию сваривает группа сварщиков, то клеймо ставится рядом с выполненным швом, если сварку выполнял один сварщик, то клеймо ставится один раз в определенном месте, которое предусматривает чертеж или технологическая документация [9, 10].

#### 3.1.2.6 Требования к оформлению документации

Документы специального назначения предназначены для описания технологических процессов и операций в зависимости от типа производства. К числу обязательных документов для единичного и мелкосерийного производства относится маршрутная карта (МК). Маршрутная карта (МК) является составной и неотъемлемой частью комплекта технологических документов, разрабатываемых на технологические процессы изготовления или ремонта изделий и их составных частей. В ней дается полное описание технологического процесса, включая все технологические операции, а также контроль и перемещение детали (изделия) в технологической последовательности его изготовления (ремонта) с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах. Формы МК, установленные ГОСТ 3.1118 – 82, являются унифицированными и их следует применять независимо от типа и характера производства и степени детализации описания технологических процессов.

#### 3.1.2.7 Требования к контролю [11, 12]

Требования к контролю устанавливаются на основе РД36-62-00

Изготовленные детали, сборочные единицы и готовые грузоподъемные машины должен принять отдел технического контроля предприятия-изготовителя.

Приборы и аппараты, применяемые при контроле размеров и параметров деталей, сборочных единиц и готовых грузоподъемных машин должны пройти государственную или ведомственную проверку и признаны пригодными.

ГОСТ 29266-91 контролирует точность измерений параметров.

Из партии деталей приемку должны пройти не менее 10% деталей партии, но не меньше 2.

При нахождении хотя бы одной бракованной детали, количество образцов удваивают. Если вновь обнаруживают брак, то приемка проводится на все детали этой партии.

Количество проверяемых деталей при приемке устанавливает предприятие-изготовитель и указывает их в технологической или нормативной документации.

Контроль качества сварных швов металлоконструкций производится: визуальным контролем и измерениями, ультразвуковым контролем.

Визуальный контроль и измерения выявляют наружные дефекты, ему подвергаются все швы сварного соединения.

Визуальным контролем проверяют, предварительно очищенную от шлака, брызг, подтеков металла, поверхность сварного шва и прилегающий к нему участок металлоконструкции шириной не менее 20 мм по обе стороны от сварного шва

Визуальный контроль и измерения служат для проверки размеров и форм швов, взаиморасположения сварных деталей и сборочных единиц, перпендикулярность осей, а также смещение кромок.

Визуальный контроль сварных соединений проводят невооруженным глазом или при помощи оптических приборов.

При осмотре расчетных соединений применяют лупы десятикратного увеличения.

Визуальным осмотром выявляют прожоги, непровары корня шва, наплывы, подрезы, незаваренные кратеры, наружные трещины, пористость.

Для измерения размеров швов, которые указаны в конструкторской документации, служат шаблоны и универсальные измерительные инструменты.

С целью проверки соответствия прочности и пластичности сварных соединений металлоконструкций проводят механические испытания контрольных образцов.

Предприятие-изготовитель устанавливает перечень сборочных единиц, которые необходимо проверить этим способом. Оно также устанавливает периодичность проведения испытаний. Механические испытания проводятся на специализированных предприятиях в соответствии с ГОСТ 6996-66.

Ультразвуковым методом контроля швов сварных соединений проверяют ответственные сварные швы объемом 100%, чтобы полностью выявить дефектные места.

Ультразвуковой метод контроля проводят при неудовлетворительных результатах механических испытаний контрольных образцов.

Основанием для проверки ультразвуковым методом контроля является инструкция по проверке качества швов сварных соединений и технологическая документация, которую разрабатывает предприятие-изготовитель. Ультразвуковой метод контроля проводится в соответствии с ГОСТ 14782-86.

### 3.1.3 Техническое нормирование операций

Целью технического нормирования является установление для определенных организационно – технических условий затрат времени, которое необходимо для выполнения заданной работы.

Техническое нормирование имеет большое значение, так как является основой всех расчетов при организации и планировании производства.

Норма штучного времени для всех видов дуговой сварки определяется по формуле [13]:

$$T_{ш} = T_{н.ш.к} \cdot L + t_{в.и}, \quad (3.1)$$

где  $T_{ш}$  – норма штучного времени для всех видов дуговой сварки, мин;  
 $T_{н.ш.к}$  – неполное штучно-калькуляционное время, мин;  
 $L$  – длина сварного шва по чертежу, мм;  
 $t_{в.и}$  – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования, мин.

Неполное штучно-калькуляционное время на один метр шва [13]:

$$T_{н.ш.к} = (T_0 + t_{в.ш}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс.} + a_{отл.} + a_{п-з}}{100}\right), \quad (3.2)$$

где  $T_{н.ш.к}$  – неполное штучно-калькуляционное время на 1 метр шва, мин;  
 $T_0$  – основное время сварки для полуавтоматической и автоматической сварки в защитном газе, мин;  
 $t_{в.ш}$  – вспомогательное время, зависящее от длины сварного шва, мин;  
 $a_{обс.}$ ,  $a_{отл.}$  и  $a_{п-з}$  – соответственно время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности и подготовительно-заключительную работу, мин.

$$T_0 = \frac{F \cdot \gamma \cdot 60}{I \cdot \alpha_n}, \quad (3.3)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм<sup>2</sup>;  
 $I$  – сила сварочного тока, А (определяется по нормативам);  
 $\gamma$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup> (при сварке сталей плотность наплавленного металла равна 7,8 г/см<sup>3</sup>);  
 $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч).

Расчеты затрат времени на каждую операцию сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Нормы затрат времени необходимого для выполнения заданной операции

№ опер.	1	010	015	020	025	030	035	040	050	055	060	070
Время, мин	2	60,2	64,8	6,2	6,82	210,4	28,8	180,4	32,4	38,4	183,6	3,6
№ опер.	1	075	080	085	090	095	100	105	110	120	065	
Время, мин	2	47,4	6,0	7,8	74,2	45,6	51,6	202,2	88,6	68,2	1,8	

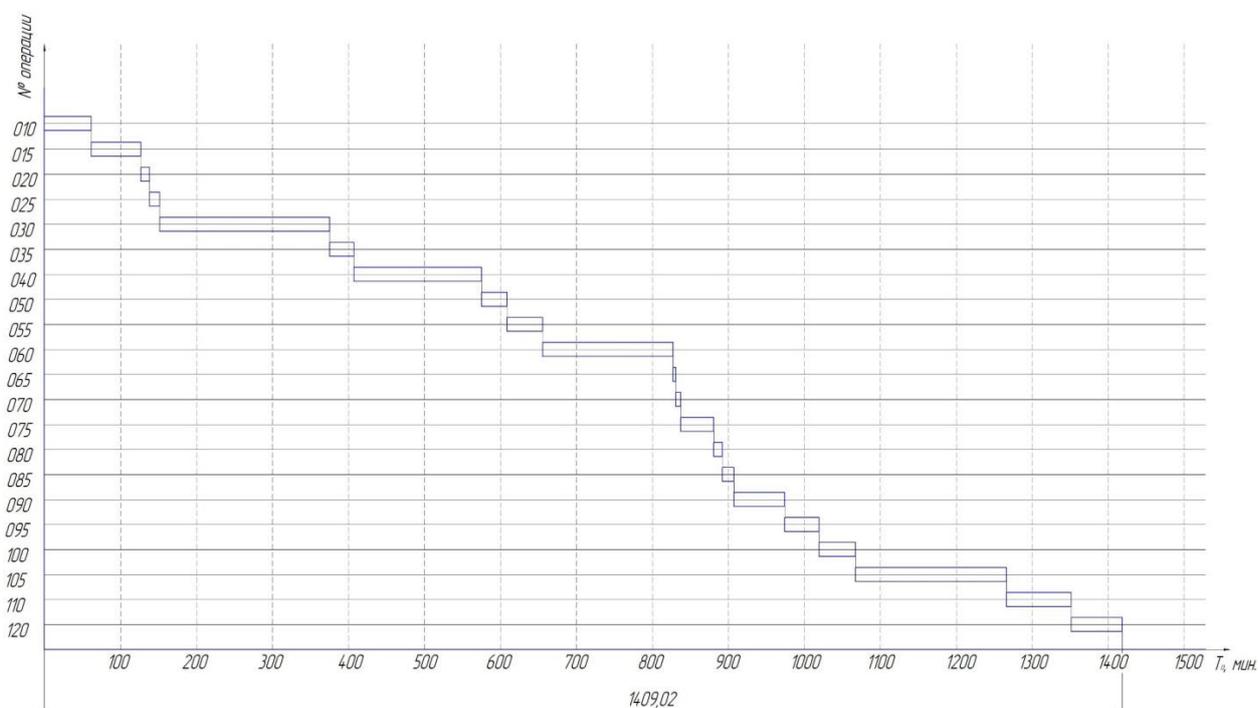


Рисунок 3.4 График загрузки операций

### 3.1.4 Расчет режимов сварки

Определим основные параметры режимов сварки в защитных газах:

Диаметр электродной проволоки рассчитывается по формуле [14]:

$$d_{\text{эл}} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05 \cdot h_p, \quad (3.4)$$

где  $d_{\text{эл}}$  – диаметр электродной проволоки, мм;

$h_p$  – расчётная глубина проплавления, мм [14].

Скорость сварки рассчитывается по формуле [14]:

$$V_c = K_v \cdot \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}}, \quad (3.5)$$

где  $V_c$  – скорость сварки, мм/с;

$K_v$  – коэффициент, зависящий от диаметра электродной проволоки.

Сварочный ток определяется по формуле [14]:

$$I_c = K_i \cdot \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}}, \quad (3.6)$$

где  $I_c$  – сварочный ток, А;

$K_i$  – коэффициент, полученный экспериментальным путем и зависящий от диаметра электродной проволоки [14].

Напряжение сварки определяется по формуле [14]:

$$U_c = 14 + 0.05 \cdot I_c, \quad (3.7)$$

где  $U_c$  – напряжение сварки, В.

Расход защитного газа определяется по формуле [14]:

$$q_{\text{зг}} = 14 + 0.05 \cdot I_c, \quad (3.8)$$

где  $q_{\text{зг}}$  – расход защитного газа, л/мин.

Расчеты параметров режима дуговой сварки в смеси газов плавящемся электродом сведены в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Режимы сварки в Ar 80% + CO<sub>2</sub>20% стали 10ХСНД

Толщина металла, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/мин
10	1,2	241	28	17,1	12,6
6	1,2	177	19,9	25,5	11,34
4	1,2	82	16,2	29	5,34

Табличные параметры режима сварки приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Режимы сварки в Ar 80% + CO<sub>2</sub>20% стали 10ХСНД [15]

Толщина металла, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/мин
≤12	1,6	240-300	29-31	18-22	15
4-6	1,2	180-260	28-30	-	15
2-4	1,2	90-120	17-19	-	8,33

### 3.1.5 Выбор оборудования

Выбираем источники сварочного тока и сварочный аппарат для автоматической сварки.

Для сварки в среде защитного газа плавящимся электродом нужен источник тока, обеспечивающий ток сварки  $I_c = 180-260$  А, напряжение сварки  $U = 28-30$  В. Согласно требуемым условиям выбираем сварочный мультипроцессорный полуавтомат LorchSapromS 3 SpeedPulse с двумя съемными механизмами подачи и с двумя соединительными шланг-пакетами в комплекте [16].

Технические характеристики LorchSapromS 3SpeedPulse представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические характеристики LorchSapromS 3 SpeedPulse

Параметры	Значение
Напряжение питания, В	380
MIG/MAG сварочный ток, А	25-320
MIG/MAG ток при ПВ 100%, А	250
MIG/MAG ток при ПВ 60%, А	280
Количество роликов в подающем механизме	4
Диаметр алюминиевой проволоки (min-max), мм	1,0-1,2
Диаметр стальной проволоки (min-max), мм	0,6-1,2
Класс защиты	IP23
Сетевой предохранитель, А	16
Артикул	lss3
Габаритные размеры, мм	1116x463x812
Вес, кг	92,80

Для автоматической сварки выбираем сварочную каретку Lizard [17].

Технические характеристики Lizard приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Технические характеристики Lizard

Параметры	Значение
Напряжение сети, В	220
Потребляемая мощность, Вт	25
Скорость движения, мм/мин	0-1200
Регулировка направляющих, мм	75
Регулировка горелки вверх/вниз, мм	35
Регулировка горелки вправо/влево, мм	35
Регулировка горелки угол, град	360
Вес, кг	13,5
Габаритные размеры, мм	423x372x390

Выбираем источники сварочного тока и сварочный аппарат для полуавтоматической сварки.

Для сварки в среде защитного газа плавящимся электродом нужен источник тока, обеспечивающий ток сварки  $I_c = 90-260$  А, напряжение сварки  $U = 19-30$  В. Согласно требуемым условиям выбираем источник питания LincolnElectricIDEALARCV 505 [18].

Технические характеристики LincolnElectricIDEALARCV 505 представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические характеристики LincolnElectricIDEALARCV 505

Параметры	Значение
Напряжение питания, В	380
MIG/MAG сварочный ток, А	30-500
MIG/MAG ток при ПВ 100%, А	385
MIG/MAG ток при ПВ 60%, А	500
Сетевой предохранитель, А	48
Габаритные размеры, мм	870x565x1030
Вес, кг	149

К источнику LincolnElectricIDEALARCV 505 выбираем механизм подачи проволоки LincolnElectric LF-33 [19].

Технические характеристики LincolnElectric LF-33 представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Технические характеристики LincolnElectric LF-33

Параметры	Значение
Напряжение питания, В	34-44
Количество роликов в подающем механизме	4
Диаметр проволоки (min-max), мм	0,8-1,6
Скорость подачи проволоки, м/мин	1-20
Тип охлаждения	А
Габаритные размеры, мм	440x275x636
Вес, кг	17

### 3.1.6 Разработка технической документации

Все решения, принятые в процессе ТПП изделия должны быть документально оформлены. К технологическим документам (ТД) относят текстовые и графические документы отдельно или в совокупности определяющие ТП изготовления или ремонта изделия с учетом контроля и перемещения, комплектацию деталей и сборочных единиц и маршрут прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия по службам предприятия. Создаваемая технологическая документация выполняет две основные функции – организационную и информационную. В рамках организационной функции ТД обеспечивает изготовление деталей и сборочных единиц, служит средством организации труда всех участников производственного процесса. Информационная функция заключается в том, что ТД содержит необходимую информацию для различных служб предприятия, в частности, используемую для определения загрузки оборудования участков, цехов и предприятия, установления потребности в средствах технологического оснащения и материалах, расчета себестоимости изделия.

Технологический процесс производства верхней секции приведен в приложении В.

### 3.1.7 Расчет основных элементов производства

К основным элементам производства относятся рабочие, ИТР, контролеры, оборудование, материалы и энергетические затраты [20, 21].

#### 3.1.7.1 Определение количества необходимого числа оборудования

Количество необходимого числа оборудования определяется по формуле [20]:

$$n_p = \frac{T_r}{\Phi_d}, \quad (3.9)$$

где  $n_p$  – количество необходимого числа оборудования, шт.;

$T_r$  – время необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.;

$\Phi_d$  – действительный фонд рабочего времени, ч.;

$$T_r = N \cdot T, \quad (3.10)$$

где  $N$  – годовая программа выпуска продукции, шт.;

$T$  – длительность одной операции, мин.

Расчеты необходимого числа оборудования сведены в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Число необходимого оборудования

№ опер.	010-015	025-045	050-105
$n_{p\text{расч.}}$	0,25	0,76	1,63
$n_{p\text{прин.}}$	1	1	2
$K_3$	0,25	0,76	0,81

### 3.1.7.2 Определение состава и численности рабочих

Определим общее время необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.:

$$\Sigma T_r = 200,6 + 216 + 20,6 + 22,7 + 701,3 + 96 + 601,3 + 108 + 128 + 612 + 6 + 12 + 158 + 20 + 26 + 2 + 47,3 + 152 + 172 + 674 + 295,3 + 227,3 = 4696,3 \text{ ч.}$$

$\Phi_H$  — номинальный фонд рабочего времени равен 1975 часов, найдем действительный, отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_d = \Phi_H - 12\% = 1975 - 12\% = 1738 \text{ ч.}$$

Определим количество рабочих явочных [20]:

$$P_{\text{яв}} = \frac{T_r}{\Phi_n} = \frac{4696,3}{1975} = 2,37. \quad (3.11)$$

Примем число сварщиков равным  $P_{\text{яв}} = 3$ .

Определим количество рабочих списочных [20]:

$$P_{\text{сп}} = \frac{T_r}{\Phi_d} = \frac{4696,3}{1738} = 2,7. \quad (3.12)$$

Принимаем число рабочих  $P_{\text{сп}} = 3$ .

Вспомогательных рабочих (30% от количества основных рабочих) – 1;

ИТР (8% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;

Счетно-контровская служба (3% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;

МОП (2% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;

Контроль качества продукции (1% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1.

### 3.1.7.3 Расход сварочной проволоки

Расчет расхода сварочной проволоки для сварки в смеси газов [20]:

$$M_{\text{эп}} = K_{\text{р.п}} \cdot (1 + \psi_p) \cdot M_{\text{но}}, \quad (3.13)$$

где  $M_{\text{эп}}$  – расход сварочной проволоки для сварки в смеси газов, кг;

$K_{\text{р.п}}$  – коэффициент расхода проволоки, учитывающий потери её при наладке сварочного аппарата,  $K_{\text{р.п}} = 1,02 \dots 1,03$ , принимаем  $K_{\text{р.п}} = 1,03$ ;

$\psi_p$  – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки,  $\psi_p = 0,01 \dots 0,15$ , принимаем  $\psi_p = 0,1$ ;

$M_{\text{н.о.}}$  – масса наплавленного металла, кг.

$$M_{\text{эл}} = 1,03 \cdot (1 + 0,1) \cdot 24,01 = 27,2 \text{ кг.}$$

#### 3.1.7.4 Расход защитного газа

Расчет расхода защитного газа производится по формуле [20]:

$$Q_{\text{зг}} = q_{\text{зг}} \cdot t_{\text{с}}, \quad (3.14)$$

где  $Q_{\text{зг}}$  – расход защитного газа, л;

$q_{\text{зг}}$  – расход защитного газа на один метр шва, л;

$t_{\text{с}}$  – общее время сварки, мин.

$$Q_{\text{зг}} = 15 \cdot 884 = 13260 \text{ л.}$$

#### 3.1.7.5 Расход электроэнергии

Расход технологической электроэнергии производится по формуле [20]:

$$W_{\text{ТЭ}} = \sum \frac{U \cdot I_{\text{с}} \cdot t_{\text{с}}}{\eta_{\text{и}}} + P_{\text{х}} \cdot (T - t_{\text{с}}), \quad (3.15)$$

где  $U, I_{\text{с}}$  – электрические параметры режима сварки;

$t_{\text{с}}$  – основное время сварки 1 м шва, ч.;

$\eta_{\text{и}}$  – КПД источника сварочного тока;

$P_{\text{х}}$  – мощность холостого хода источника, кВт;

$T = t_{\text{с0}} / K_{\text{и}}$  – общее время работы источника, зависящее от способа сварки и типа производства, мин,  $K_{\text{и}} = 0,65$ .

$$W_{\text{ТЭ}} = \sum \frac{28 \cdot 260 \cdot 0,10}{0,92} + 0,4 \cdot \left( \frac{0,10}{0,65} - 0,10 \right) = 791 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

## 3.2 Разработка автоматической установки

### 3.2.1 Общая характеристика сварочного оборудования

Механизация и автоматизация производственного процесса изготовления сварных конструкций является одной из основных задач современного сварочного производства, решение которой значительно повышает производительность труда.

Обработка кромок под сварку значительно увеличивает трудоемкость, повышает расход сварочных материалов, увеличивает затраты электроэнергии. Результатом этого становится повышение стоимости готовой продукции.

### 3.2.2 Проектирование автоматической установки

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса являются комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства.

Автоматизация сварочных процессов направлена на повышение качества сварных соединений, а также на их стабилизацию при производстве однотипных изделий, путем исключения влияния таких факторов, как квалификация и утомляемость рабочего. Исключая или сводя к минимуму количество недопустимых дефектов сварных швов, она значительно уменьшает потери рабочего времени, материальные и энергетические затраты, которые связаны с исправлением брака, а также экономит трудовые ресурсы.

В данной выпускной квалификационной работе в предлагаемом технологическом процессе используется автоматическая сварочная установка в состав которой входят:

- сварочный мультипроцессорный полуавтомат LorchSapromS 3 SpeedPulse;

- сварочная каретка Lizard;

- колонна механизированная для сварочного полуавтомата ПЗ02;

- оправка;

- опоры.

Перед сваркой при помощи оправки к обратной стороне сварных швов прижимаются медные подкладки, для исключения протекания расплавленного металла, так как сварочная дуга горит непосредственно в зазоре между деталями. Кроме того подкладки позволяют обеспечить формирование обратного валика.

Процесс сварки осуществляется следующим образом: сварочная каретка движется непосредственно по коробу секции верхней, базируется по кромкам с помощью роликовых направляющих, в конструкцию которых были внесены изменения для устойчивого крепления каретки на коробе секции верхней. Горелки закреплены на сварочной каретке с помощью регулируемого крепления, двойной держатель горелки обеспечивает крепление двух горелок одновременно. Полуавтомат LorchSapromS 3 SpeedPulse позволяет производить сварку при сдвоенной подаче.

Каретка Lizard обладает системой обратной связи, которая позволяет стабилизировать скорость движения, снижать до минимума количество дефектов шва. Автоматическая система ARC включает сварочное оборудование при начале движения каретки, а также обеспечивает одновременный процесс сварки и передвижения каретки. Lizard может быть запрограммирована на выполнение непрерывного или интервального сварного шва, что позволяет осуществить сварку обратноступенчатым способом, который значительно снижает деформации.

Снижает величину деформаций и сварочный мультипроцессорный полуавтомат LorchSapromS 3 SpeedPulse. Его режим SpeedArc контролирует погонную энергию, которая влияет на качество шва и деформации при сварке.

Опоры также служат инструментом уменьшения деформаций. С их помощью задается обратный выгиб короба.

Колонна механизированная предназначена для правильного позиционирования сварочного полуавтомата относительно изделия и его перемещение с заданной скоростью в процессе сварки.

Данная установка позволяет производить одностороннюю сварку секции верхней за один проход с полным проплавлением. При этом подготовка кромок не требуется. Данный способ сварки не только значительно снижает основное время сварки, но и исключает время, затрачиваемое на механическую подготовку кромок, а также уменьшает время на последующую слесарную обработку поверхностей, так как технология сварки SpeedPulse обеспечивает практически непрерывный перенос капель, что в свою очередь почти полностью исключает брызги во время сварки. Технология SpeedPulse отличается незначительной теплопередачей, которая обеспечивает минимальную величину деформаций и наилучшее качество шва.

### 3.3 Рациональное размещение производственного процесса

#### 3.3.1 Состав сборочно-сварочного цеха

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса требует разработка чертежей плана и разрезов проектируемого цеха. Для этого, прежде всего, необходимо установить состав последнего [21].

Независимо от принадлежности к любой разновидности сварочного производства сборочно-сварочные цеха обычно включают в свой состав следующие помещения и отделения.

Производственные отделения. Заготовительное отделение включает производственные участки: правки и наметки металла, резки, станочной обработки, слесарно-механический и очистки металла. Сборочно-сварочное отделение, которые подразделяются на общую и узловую сборку-сварку, с производственными участками сборки, сварки, механической обработки, термообработки испытания изделий и исправления брака, нанесения покрытий. Участки механической обработки, нанесения покрытий и отделки продукции не входят в состав проектируемого сборочно-сварочного цеха, если сваренные в нем конструкции подлежат передаче в механосборочный цех для монтажа механизмов, окончательной сборки, отделки и выпуска изделий завода.

Вспомогательные отделения. Цеховой склад металла с площадкой для разгрузки и сортировки с участком подготовки металла, промежуточный склад деталей и сборочных единиц для их сортировки и комплектации, межоперационные склады, склад готовой продукции с контрольным и упаковочным отделениями, а также с погрузочной площадкой. Кладовые сварной проволоки, баллонов с защитными газами, приспособлений, инструмента, запасных частей, вспомогательных материалов. Мастерские: ремонтная, изготовления шаблонов, электромеханическая и другое. Отделения: электромашинное, ацетилено-компрессорное. Цеховые трансформаторные подстанции.

Административно-конторские и бытовые помещения. Цеховая контора, гардероб, уборные, душевые и умывальные, комната для отдыха, столовая, медпункт [20, 21].

### 3.3.2 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. В этом заключается одна из главных задач рационального проектирования промышленных предприятий.

В соответствии с различными типами сварочных производств и разновидностями их организации в практике проектирования одноэтажных сборочно-сварочных цехов установились определенные типовые схемы взаимного расположения. Каждая типовая схема удовлетворяет требованиям организации отдельных разновидностей сварочных производств.

В данном проекте применена типовая схема со смешанным направлением производственного потока [20, 21].

Перемещение обрабатываемого металла и изготавливаемых деталей, сборочных единиц и изделий выполняется мостовым краном. Специализация пролетов в заготовительном отделении осуществляется по группам сортамента обрабатываемого металла, а в отделениях узловой и общей сборки – сварки - по типоразмерам изготавливаемых изделий.

### 3.3.3 Планировка заготовительных отделений

Планировка заготовительного отделения сборочно-сварочного цеха расположено в продольных пролетах.

Пролеты заготовительного отделения расположены параллельно пролетам сборочно-сварочного отделения. Прежде всего длину пролетов заготовительного отделения принимают равной установленной ранее длине пролетов сборочно-сварочного отделения. Затем, устанавливают требуемое число пролетов проектируемого заготовительного отделения, исходя из предусматриваемой их специализации по обработке заданного количества групп сортов металлов [20, 21].

Окончательная корректировка числа пролетов на плане цеха достигается посредством размещения в них всего запроектированного к установке

оборудования (габаритов). Одновременно с размещением оборудования уточняют предварительно принятую для компоновочной схемы ширину каждого пролета. Затем определяют расчетные значения высоты каждого пролета. Окончательные значения высоты пролетов и взаимное расположение последних устанавливают после сравнительного сопоставления между собой расчетных значений высоты всех пролетов заготовительного и сборочно-сварочного отделений проектируемого цеха. При этом руководствуются условиями архитектурно-строительного характера в части обязательного взаимного размещения продольных пролетов: более высокие – в средней части здания, а более низкие – у наружных стен здания цеха [20, 21].

### 3.3.4 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков

При планировании отделений узловой и общей сборки и сварки главным является определение необходимого числа пролетов и определение их размеров.

При детальном проектировании пользуются методом уточнения заданных параметров плана отделений сборки и сварки, для этого последовательно размещают на плане принятое по расчету количество оборудования, сборочно-сварочных стендов и других рабочих мест. При этом стараются не просто обеспечить точность производства, но и специализировать работы на каждом пролете, при этом стремятся достигнуть рационального использования грузоподъемных средств. Число пролетов уточняют на основе наиболее рациональной специализации располагаемых в них сборочно-сварочных работ [20, 21].

В типовой схеме цеха с продольным направлением производственного потока процессы как узловой, так и общей 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.

Расстояние между рабочим местом или ограждением сварочной кабины и складочным местом для прибывающих деталей и сборочных единиц, а также для сборочных единиц, отправляемых с данного рабочего места на следующие рабочие места рассматриваемой линии, принимают в пределах 1-1,6 м [20, 21].

Ширину проезда между двумя линиями рабочих мест, расположенными в одном пролете, принимают в пределах 2-3 м (в случае, если ширина участка составляет не менее 18 м). Такая ширина необходима для обеспечения свободного проезда средств внутрицехового напольного транспорта. Также ширина проходов составляет по 1 м с каждой стороны сборочно-сварочного устройства. Эти проходы необходимы для перемещения рабочих в процессе выполнения ими работ на данном рабочем месте [20, 21].

Согласно нормам технологического проектирования, высота производственных помещений от пола до потолка составляет не менее 4,5 м.

### 3.3.5 Планировка административно-конторских и бытовых помещений

При каждом сборочно-сварочном цехе либо в отдельном здании должны быть предусмотрены необходимые административно-конторские и бытовые помещения. Исключение составляют сборочно-сварочные цеха малой производительности, размещаемые в общем, здании с другими цехами завода.

Правила проектирования административно-конторских и бытовых помещений, сооружаемых при цехах промышленных предприятий, изложены в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий».

Перечень этих помещений, составленный применительно к проекту сборочно-сварочного цеха средней либо большой мощности представлен ниже.

Административно-конторские помещения: контора цеха, контора сменного технологического персонала. Бытовые помещения: гардеробные, уборные, умывальные, душевые, помещения для приема пищи, цеховой здравпункт.

Все бытовые и конторские отделения 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.

Взаимное расположение отдельных помещений пристройки определяется целесообразностью и удобством эксплуатации их в соответствии с местными условиями, вытекающими из общей планировки всего цеха в целом. Поэтому планировка бытовых и административно-конторских помещений зависит от следующих положений:

- при многоэтажном расположении, на первом этаже должны находиться и комната сменного технического персонала, и гардеробные, уборные, умывальные и душевые;

- в целях сокращения пути, гардеробные следует располагать, возможно, ближе к выходам;

- в непосредственной близости от прохода в цех, рядом с гардеробными должны находиться уборные, умывальные и душевые.

- контора цеха должна быть расположена по соседству с кабинетом начальника цеха. Контора для сменного технического персонала по возможности должна иметь выход непосредственно в производственные пролеты цеха.

#### 4 Результаты проведенного исследования (разработки)

В процессе проведенной разработки была выбрана наиболее рациональная схема изготовления секции верхней.

Обозначены требования к подготовке кромок деталей под сварку, к сборке, прихватке и сварке, требования к контролю и др.

Проведено техническое нормирование операций.

Рассчитаны режимы сварки.

Произведен подбор сварочного оборудования.

Рассчитаны основные элементы производства.

Разработана автоматическая установка для сварки короба секции верхней. Использование современного оборудования, которое способно вести сварку больших толщин без разделки кромок за один проход импульсной дугой, позволяет уменьшить трудоемкость изготовления изделия, повысить его качество и получить положительный экономический эффект.

Спроектирован план участка сборки-сварки секции верхней.

На основании проведенного исследования был разработан технологический процесс изготовления секции верхней стрелы крана КС-5371.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

### 5.1 Сравнительный экономический анализ вариантов

Экономическая часть предназначена для экономической оценки производственного процесса.

Разработка технологического процесса изготовления секции верхней крана КС-5371 допускает различные варианты решения.

Существует базовый вариант изготовления перекрытия, который используется на ООО «Юргинский машзавод».

При замене базового варианта технологического процесса сборки и сварки на новый, 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 [1]:

$$C_{\text{прив}} = C_{\text{год}} + E_n \times K, \quad (5.1)$$

где  $C_{\text{год}}$  – себестоимость годового объема продукции, руб/изд;

$E_n = 0,15$  – норма эффективности капитальных вложений, (руб/год);

$K$  – суммарные капитальные вложения, руб.

Годовой экономический эффект от выбранного варианта организации производства определяется по разности приведенных затрат по формуле:

$$\Xi = C_{\text{прив}}^1 - C_{\text{прив}}^{11}, \quad (5.2)$$

где  $C_{\text{прив}}^1$ ,  $C_{\text{прив}}^{11}$  – приведенные затраты по сравниваемым вариантам, руб/год.

На основании проведенных расчетов выбирается оптимальный вариант и принимается решение по технико-экономическим и организационным вопросам изготовления сварной конструкции.

## 5.2 Расчет объемов капитальных вложений

Капитальные вложения представляют собой выражаемые в денежной форме единовременные затраты на создание новых и реконструкцию, модернизацию действующих основных фондов и образование запасов оборотных средств.

Капитальные вложения  $K$ , обычно учитываемые при сопоставлении различных сборочно-сварочных процессов, укрупнено можно представить в виде суммы следующих затрат:

$$K = K_{\text{со}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{зд}}, \quad (5.3)$$

где  $K_{\text{со}}$  – капитальные вложения в сварочное оборудование, руб;

$K_{\text{пр}}$  – капитальные вложения в сборочно-сварочные приспособления и другую оснастку, руб;

$K_{\text{зд}}$  – капитальные вложения в здания, руб.

### 5.2.1 Определение капитальных вложений в сварочное оборудование и приспособления

Капитальные вложения в сварочное оборудование рассчитывается по формуле [2]:

$$K_{co} = \sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi}, \quad (5.4)$$

где  $K_{co}$  – капитальные вложения в сварочное оборудование, руб.;

$n$  – количество типоразмеров оборудования;

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

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

$\mu_{oi}$  – коэффициент загрузки оборудования  $i$ -го типоразмера.

Расчеты капитальных вложений в сварочное оборудование сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Капитальные вложения в сварочное оборудование [24-28]

Наименование оборудования	Цена единицы оборудования $C_{oi}$ , руб.	Кол-во оборудования $n$ , шт.	$K_{co}$ , руб.
Базовый технологический процесс			
Lincoln CV505	179758	2	291207,96
Lincoln LF 33	67914	2	110020,68
ВДУ-506У3	101500	2	164430
Сварочная головка (35-454)	92000	1	74520
ИТОГО			640178,64
Предлагаемый технологический процесс			
Lorch S3 Speed Pulse	422962*	1	342599,22
Lincoln CV505	179758	2	291207,96
Lincoln LF 33	67914	2	110020,68
Lizard Promotech	334800	1	271188
ИТОГО			1015015,86
* при цене 1euro 73 руб.			

Капитальные вложения в сварочные приспособления и другую оснастку следует рассчитывать по формуле [23]:

$$K_{np} = \sum_{j=1}^m K_{npj} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{nj}, \quad (5.5)$$

где  $K_{np}$  – капитальные вложения в сварочные приспособления и другую оснастку, руб.;

$m$  – количество типоразмеров приспособлений;

$K_{npj}$  – стоимость приспособления  $j$ -го типоразмера, руб.;

$\Pi_j$  – количество приспособлений  $j$ -го типоразмера, ед.;

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

Расчеты капитальных вложений в сборочно-сварочные приспособления и оснастку сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Капитальные вложения в сборочно-сварочные приспособления и оснастки

Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Количество, шт.	Капитальные вложения, руб.
1	2	3	4
<b>Базовый технологический процесс</b>			
Плита сборочная	132600	3	322218
Оправка	115850	1	93838,5
Стенд для снятия оправок (547-290м)	242100	1	196101
Струбцина	75400	1	61074
Сварочное приспособление	105680	1	85600,8
Стенд для сварки внутренних швов	1300000	1	1053000
Плита слесарная	121600	2	196992
<b>Итого</b>			<b>2008824,3</b>
<b>Предлагаемый технологический процесс</b>			
Плита сборочная	132600	3	322218
Оправка	115850	1	93838,5
Стенд для снятия оправок (547-290м)	242100	1	196101

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4
Сварочное приспособление	105680	1	85600,8
Струбцина	75400	1	61074
Колонна механизированная для сварочного полуавтомата	320000	1	259200
Плита слесарная	121600	2	196992
Стенд сварки короба	135000	1	109350
Итого			1324264,3

### 5.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями

Для определения капитальных вложений в здание воспользуемся онлайн калькулятором [12].

Расчет производится на основе габаритов спроектированного цеха.

Площадь помещения одинакова для обоих случаев. Площадь помещения равна 576 м<sup>2</sup>.

$$K_{зд} = 6\,457\,472 \text{руб.}$$

### 5.2.3 Определение затрат на основные материалы

Затраты на присадочные материалы рассчитываются по формуле [23]:

$$C_m = \sum_{d=1}^h G_d \cdot k_{nd} \cdot \Pi_{md}, \quad (5.6)$$

где  $C_m$  – затраты на присадочные материалы, руб./изд.;

$h$  – число наименований (типоразмеров) электродных и присадочных материалов, применяемых при сварке изделия;

$G_d$  – вес наплавленного металла при сварке изделия электродным материалом d-го типоразмера, кг/изд.;

$k_{nd}$  – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла,  $k_{nd}=1,15$ .

$C_{md}$  – стоимость электродного и присадочного металла d-го типоразмера, руб./кг. Цена проволоки Св08Г2С = 378 руб/кг [30].

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_m = 27,2 \cdot 1,15 \cdot 378 = 11823,84 \text{ руб./изд.}$$

Для базового технологического процесса:

$$C_m = 28,1 \cdot 1,15 \cdot 378 = 12215,07 \text{ руб./изд.}$$

#### 5.2.4 Затраты на вспомогательные материалы

Затраты на вспомогательные материалы определяются по формуле [22]:

$$C_g = C_{газ} + C_{др}, \quad (5.7)$$

где  $C_g$  – затраты на вспомогательные материалы, руб./изд.;

$C_{газ}$  – затраты на защитный газ, руб./изд.;

$$C_{газ} = \sum_{i=1}^n t_{уикi} \cdot q_{гази} \cdot C_{газ}, \quad (5.8)$$

где  $n$  – количество операций;

$t_{уикi}$  – норма времени на выполнение i-й операции, мин/опер.;

$q_{гази}$  – расход газа, л/мин,  $q_{гази}=11$  л/мин;

$C_{газ}$  – стоимость газа руб/л (0,064 руб/л);

$C_{др}$  – другие затраты на вспомогательные материалы (затраты на сжатый воздух, охлаждающую воду, смазочные и обтирочные материалы и т.п.),

определяемые по техническим характеристикам сварочного оборудования, руб./изд.

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_{\text{газ}} = 884 \cdot 11 \cdot 0,064 = 622,33 \text{ руб./изд.}$$

Для базового технологического процесса:

$$C_{\text{газ}} = 1182 \cdot 11 \cdot 0,064 = 832,12 \text{ руб./изд.}$$

### 5.2.5 Затраты на заработную плату

Затраты на заработную плату определяются по формуле [22]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n (C_{\text{чи}} \cdot t_{\text{уик}} \cdot k_{\text{дон}} \cdot k_{\text{сс}} \cdot k_{\text{рай}}) / 60, \quad (5.9)$$

где  $C_3$  – затраты на заработную плату, руб./изд.;

$C_{\text{чи}}$  – часовая тарифная ставка, устанавливаемая в зависимости от разряда работы, условий труда, категории рабочих и формы оплаты труда, руб./час (184 руб для сварщика 4 разряда) [31, 32];

$t_{\text{уик}}$  – время изготовления изделия, мин;

$k_{\text{дон}}$  – коэффициент, учитывающий доплаты и премии,  $k_{\text{дон}}=1,2$ ;

$k_{\text{сс}}$  – коэффициент, учитывающий отчисления в фонды медицинского и социального страхования, пенсионный фонд РФ и фонд занятости населения,  $k_{\text{сс}}=1,3$ ;

$k_{\text{рай}}$  – районный коэффициент,  $k_{\text{рай}}=1,3$ .

Для базового технологического процесса:

$$C_3 = (184 \cdot 1808,42 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,3) / 60 = 11246,93 \text{ руб./изд.}$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_3 = (184 \cdot 1409,02 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,3) / 60 = 8762,98 \text{ руб./изд.}$$

### 5.2.6 Затраты на силовую электроэнергию

Для электродуговых способов сварки затраты на электроэнергию определяются по формуле [22]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n (U_i \cdot G_i / (\eta_i \cdot \alpha_{ni} \cdot \alpha_{oi})) \cdot C_{эл}, \quad (5.10)$$

где  $C_3$  – затраты на силовую электроэнергию для электродуговых способов сварки, руб./изд.;

$U_i$  – Напряжение в дуге  $i$ -ой операции, В;

$G_i$  – вес наплавленного металла в  $i$ -ой операции, кг/изд.;

$\eta_i$  – коэффициент полезного действия установки;

$\alpha_{ni}$  – коэффициент наплавки, г/а·час;

$\alpha_{oi}$  – коэффициент, учитывающий время горения дуги в общем времени сварки;

$C_{эл}$  – стоимость электроэнергии, руб./кВт·час (4.1 руб).

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_3 = (23,6 \cdot 27,2 / (0,93 \cdot 15 \cdot 0,65)) \cdot 4,1 = 290,25 \text{ руб./изд.}$$

Для базового технологического процесса:

$$C_3 = (26,5 \cdot 28,1 / (0,88 \cdot 15 \cdot 0,65)) \cdot 4,1 = 355,83 \text{ руб./изд.}$$

### 5.2.7 Затраты на амортизацию и ремонт оборудования

Затраты на амортизацию и ремонт оборудования при заданном объеме производства определяется по формуле [22]:

$$C_a = \sum_{i=1}^n (C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot \alpha_i \cdot r_i) / N, \quad (5.11)$$

где  $C_a$  – затраты на амортизацию и ремонт оборудования, руб./изд.;

$\alpha_i$  – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования  $i$ -го типоразмера, процентов (11 % [33]);

$r_i$  – коэффициент затрат на ремонт оборудования,  $r_i=1,15\dots1,20$ , принимаем  $r_i=1,15$ .

Расчеты затрат на амортизацию и ремонт оборудования сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Затраты на амортизацию и ремонт оборудования

Наименование оборудования	Цена единицы оборудования $C_{oi}$ , руб	Кол-во оборудования $n$ , шт	Норма амортизации, %	Затраты, руб
Базовый технологический процесс				
Lincoln CV505	179758	2	11	184,19
Lincoln LF 33	67914	2		69,59
ВДУ-506У3	101500	2		104,00
Сварочная головка (35-454)	92000	1		47,13
ИТОГО				404,91
Предлагаемый технологический процесс				
Lorch S3 Speed Pulse	422962*	1	11	216,69
Lincoln CV505	179758	2		184,19
Lincoln LF 33	67914	2		69,59
Lizard Promotech	334800	1		171,52
ИТОГО				641,99
* при цене 1euro 73 руб.				

## 5.2.8 Затраты на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений и другой оснастки рассчитываются по формуле [22]:

$$C_n = \sum_{j=1}^m (K_{npj} \cdot P_j \cdot \mu_{nj} \cdot \alpha_j) / N, \quad (5.12)$$

где  $C_n$  – затраты на амортизацию приспособлений и другой оснастки, руб./изд.;

$\alpha_j$  – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оснастки  $j$ -го типоразмера, процентов (15% [33]);

Расчеты затрат на амортизацию приспособлений сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Затраты на амортизацию приспособлений

Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Кол-во, шт.	Норма амортизации, %	Затраты, руб.
1	2	3	4	5
<b>Базовый технологический процесс</b>				
Плита сборочная	132600	3	15	241,66
Оправка	115850	1		70,38
Стенд для снятия оправок (547-290м)	242100	1		147,07
Струбцина	75400	1		45,80
Сварочное приспособление	105680	1		64,20
Стенд для сварки внутренних швов	1300000	1		789,75
Плита слесарная	121600	2		147,74
<b>Итого</b>				<b>1506,6</b>
<b>Предлагаемый технологический процесс</b>				
Плита сборочная	132600	3	15	241,66
Оправка	115850	1		70,38

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5
Стенд для снятия оправок (547-290м)	242100	1		147,07
Сварочное приспособление	105680	1		64,20
Струбцина	75400	1		45,80
Колонна механизированная для сварочного полуавтомата	320000	1		194,4
Плита слесарная	121600	2		147,74
Стенд сварки короба	135000	1		82,01
Итого				993,26

### 5.2.9 Затраты на содержание помещения

Затраты на содержание помещения рассчитываются по формуле [23]:

$$C_{зд} = S \cdot C_{зд\ ср} / N, \quad (5.13)$$

где  $C_{зд}$  – затраты на содержание помещения, руб./изд.;

$C_{зд\ ср}$  – среднегодовые затраты на содержание помещения, руб./год м<sup>2</sup> (250 руб/год м<sup>2</sup>);

$S$  – площадь участка

$$C_{зд} = 576 \cdot 250 / 200 = 720 \text{ руб./изд.}$$

### 5.3 Расчет технико-экономической эффективности

Приведенные затраты рассчитываются по формуле 5.1:

Себестоимость годового объема продукции рассчитывается по формуле [22]:

$$C_{zod} = N \cdot (C_m + C_e + C_z + C_3 + C_a + C_{np} + C_n), \quad (5.14)$$

где  $C_{zod}$  – себестоимость годового объема продукции, руб./год.;

$N$  – годовая программа выпуска, изд./год;

$C_m$  – затраты на основные материалы, руб.;

$C_e$  – затраты на вспомогательные материалы, руб.;

$C_z$  – затраты на заработную плату, руб.;

$C_3$  – затраты на электроэнергию, руб.;

$C_a$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_{np}$  – затраты на амортизацию приспособлений, руб.;

$C_n$  – затраты на содержание помещения, руб.

Для базового технологического процесса:

$$C_{zod} = 200 \cdot (11823,84 + 622,33 + 8762,98 + 290,25 + 641,99 + 993,26 + 720) = 4770930 \text{ руб./год};$$

$$C_{прив}^1 = 4770930 + 0,15 \cdot 8796752,16 = 6090442,82 \text{ руб./год}.$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$C_{zod} = 200 \cdot (12215,07 + 832,12 + 4246,93 + 355,83 + 404,91 + 1506,6 + 720) = 4056292 \text{ руб./год}.$$

$$C_{прив}^2 = 4056292 + 0,15 \cdot 9106474,94 = 5422263,24 \text{ руб./год}.$$

Экономический эффект на единицу продукции рассчитывается по формуле [19]:

$$\mathcal{E} = (C_{прив}^1 - C_{прив}^2) / N, \quad (5.15)$$

$$\mathcal{E} = 6090442,82 - 5422263,24 = 668179,58 \text{ руб./год},$$

$$\mathcal{E} = (6090442,82 - 5422263,24) / 200 = 3340,90 \text{ руб./изд}.$$

Результаты расчётов показали, что применение предлагаемого технологического процесса дает положительный экономический эффект.

#### 5.4 Основные технико-экономические показатели участка

Годовая производственная программа, шт.	200
Средний коэффициент загрузки оборудования	0,66
Производственная площадь участка, м <sup>2</sup>	576
Количество оборудования, шт.	6
Списочное основных рабочих, чел.	3
Количество вспомогательных рабочих, чел.	1
Количество ИТР, чел.	1
Количество МОП, чел.	1
Количество контролеров, чел.	1
Годовой экономический эффект от внедрения нового технологического процесса, руб./год.	668179,58
Экономический эффект на единицу продукции, руб./изд.	3340,90

## 6 Социальная ответственность

### 6.1 Описание рабочего места

В данной выпускной квалификационной работе в качестве объекта исследования выступает участок сборки и сварки секции верхней крана КС 5371. В процессе изготовления этого изделия на участке производят как сборочные, так и сварочные операции, а также слесарные операции. При сборке секции верхней используются приспособления сборочные. Сварка – механизированная (полуавтомат сварочный модели Lorch 3 SSpeedPulse в смеси газов (Ar+CO<sub>2</sub>) в сборочном и сварочном приспособлениях и на плите). Приспособление сварочное, с откидными фиксаторами и фиксирующими механизмами с ручным приводом, закреплено на раме. Перемещение изделия производят краном мостовым грузоподъемностью: 10 т. Перемещение изделий за пределы участка, а также доставка деталей на участок также осуществляется с помощью крана мостового. Количество основных рабочих на участке

3 человек при 1-но сменном режиме работы. Проектируемый участок площадью 576 м<sup>2</sup>. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона. Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота автомобильным транспортом.

Освещение на участке комбинированное. Естественное освещение осуществляется через – оконные проемы, а искусственное – с помощью газоразрядных ламп.

Зачистка швов от сварочных брызг и окалины на участке производят слесарным инструментом: шабером, зубилом и молотком, щеткой стальной.

В качестве сварочных материалов используются – сварочная проволока Св-08Г2С и смесь газов. В качестве основного металла – стали марки 10ХСНД и Ст3 пс5. Вес изделия 885 кг, габариты 8801x588x1084 мм.

В проектируемом производственном помещении присутствуют следующие опасные и вредные факторы: запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; ультрафиолетовое и инфракрасное излучение сварочной дуги, сварочной ванны и свариваемых изделий; шум; опасность ожога; опасность поражения электрическим током; пожароопасность производства; движущиеся механизмы (кран мостовой, автомобильный транспорт и др.)

## 6.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

### Запыленность и загазованность рабочей зоны.

Источниками запылённости и загазованности на рабочем месте является производственный процесс изготовления изделия из стали 10ХСНД – сварочные и слесарные работы, так как эти процессы являются источниками высокодисперсных аэрозолей и мелкодисперсной пыли, а также загазованность от автомобилей, доставляющих детали и вывозящие продукцию.

Для защиты от запылённости и загазованности воздуха рабочей зоны участка сборки и сварки секции верхней применяют вытяжную вентиляцию (местную).

### Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение сварочной дуги.

Основными источниками тепловыделения на проектируемом участке является сварочная дуга, расплавленный и нагретый металл сварочной ванны и изделия, электрооборудование. Под действием ультрафиолетового и инфракрасного излучения в организме человека происходят биохимические сдвиги и нарушение работы сердечно-сосудистой и нервной систем. Тепловое излучение, кроме непосредственного воздействия на сварщика, нагревает окружающие конструкции, в результате чего температура воздуха внутри рабочего помещения повышается, ухудшая условия работы. Интенсивность

облучения сварщика сварочной дугой может составлять  $3000 \div 6000$  ккал/м<sup>2</sup>·ч и более.

Видимые световые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологически переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратко временном воздействии могут вызвать электроофтальмию глаз. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают катаракту глаз.

Основные мероприятия, направленные на снижение опасности влияния инфракрасного излучения, заключаются в следующем: уменьшение интенсивности источника, защитное экранирование источника или рабочего места, использование СИЗ, лечебно-профилактические мероприятия.

К средствам индивидуальной защиты сварщиков от ультрафиолетового и инфракрасного излучений относятся: средства защиты головы (шапочка); рук (рукавицы); глаз (очки); лица (щитки и маски); специальная одежда и обувь.

Рукавицы, применяемые для защиты рук от лучистой энергии должны быть со специальной противопожарной пропиткой.

Спецодежда сварщика должна предохранять тело работающего от неблагоприятного воздействия метеорологических условий, лучистой энергии, а также обеспечивать свободу движений, нормальную терморегуляцию организма и т.д.

Спецобувь должна быть стойкой к материалам рабочей среды, а подошва – обеспечивать устойчивость.

Для защиты от излучения дуги используют защитные ширмы, сварочные щитки. Выбор затемнённых стёкол зависит от яркости поля (то есть от силы сварочного тока).

Производственный шум.

Шум оказывает вредное влияние на весь организм и, в первую очередь, на сердечно-сосудистую и нервную системы. Длительное воздействие интенсивного шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шум ослабляет внимание, замедляет скорость реакции и ухудшает качество работы.

Шумом принято называть любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека, и представляет собой хаотичный набор звуков различной интенсивности и частоты.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки» [34].

Допустимый уровень звукового давления на участке должен составлять  $74 \div 99$  дБ. Уровень звукового давления при эксплуатации сварочного и вспомогательного оборудования составляет  $84 \div 92$  дБ, что находится в пределах нормы и не требует специальных средств защиты. При работе со слесарным инструментом для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противозумные наушники [35].

Малая освещенность.

Освещение, обеспечивающее нормальные условия работы, является важным фактором в организации сварочного производства. Освещение должно соответствовать СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» [36].

Микроклимат.

Нормы производственного микроклимата устанавливаются

ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны». Нормы температуры, относительной влажности, скорости воздуха установлены для рабочей зоны – пространства высотой до 2м над уровнем пола. [37].

Микроклимат на участке в производственных помещениях определяется температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением и интенсивностью излучения нагретых поверхностей.

Оптимальные параметры микроклимата на сварочном участке должны соответствовать СанПиН 2.2.4.548096 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». [38].

В цехе, для которого проектируется данный участок сборки сварки секции верхней, параметры микроклимата соответствуют требованиям санитарных норм и правил. В холодный и переходной периоды года при категории работ Пб – работы средней тяжести оптимальные параметры следующие: температура 17-19°C; относительная влажность 60÷40%; скорость движения воздуха 0,3 м/с. В тёплый период года: температура 20÷22°C; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,4 м/с.

В производственном помещении в воздух выделяется много пыли и вредных газов. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны регламентируется ГОСТ12.1.005-88 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования». [37].

Чтобы создать на проектируемом участке нормальные метеорологические условия, удалить вредные газы и пыль, необходимо правильно спроектировать и надлежащим образом эксплуатировать вентиляционную систему. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть 0,2-0,5 метров в секунду [37].

На участке сборки и сварки изготовления секции верхней применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию и местную вытяжную вентиляцию.

### 6.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Опасность поражения электрическим током.

К мероприятиям по защите от поражения электрическим током относится

обеспечение недоступности токоведущих частей от случайного прикосновения, понижение напряжения, заземление и зануление электроустановок, автоматическое отключение, индивидуальная защита и т.д.

Ограждение токоведущих частей как правило предусматривается конструкцией электрооборудования. Наличие этих ограждений в условиях эксплуатации являются обязательными.

Пониженное напряжение применяют тогда, когда работающий имеет длительный контакт с корпусом этого оборудования. Токи пониженного напряжения применяют в электросварочных аппаратах.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землёй или её эквивалентом металлических токоведущих частей электрического и технологического оборудования, которые могут оказаться под напряжением.

Сопротивление заземляющего устройства для установок мощностью до 100 кВА допускается 10 Ом [39].

Движущиеся механизмы.

Так как на участке сборки и сварки секции верхней имеется общецеховой мостовой кран, то имеется опасность нанесения вреда человеку движущимися и вращающимися частями машин.

Для защиты рабочих от движущихся механизмов предусмотрено следующее: проходы между оборудованием, движущимися механизмами и перемещающимися деталями должно составлять не менее 2м; свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3м<sup>2</sup>; при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизма.

Въезд и выезд автомобильного транспорта в цех и из цеха должен сопровождаться звуковым сигналом, а в некоторых случаях (особенно в тёмное время суток) и световым сигналом.

Опасность ожогов.

Для защиты сварщиков от ожогов (брызг сварки – брызг расплавленного металла и случайного соприкосновения с расплавленным металлом сварочной ванны), также, как и для защиты от лучистой энергии применяются

спецодежда: куртка, брюки, шапочка, брезентовые рукавицы; спецобувь; щитки или маски.

Одежда сварщика должна быть со специальной противопожарной пропиткой.

#### 6.4 Охрана окружающей среды

Защита воздушной среды.

Для очистки воздушной среды на данном участке применяют метод абсорбции (разделение газовойоздушной смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов этой смеси абсорбентом с образованием раствора).

Отходы производства.

Основными направлениями устранения и переработки твёрдых отходов (кроме металлоотходов) являются вывоз и захоронение на специализированных полигонах, складирование и хранение на территории предприятия.

Основная операция первичной обработки металлоотходов – это сортировка, разделка, механическая обработка. Создаются специальные цехи для утилизации вторичных металлов. Твёрдые отходы содержат амортизационный лом (отходы при модернизации оборудования, оснастки и инструментов), стружка металлов, пыль, шлак и др.

Также большое значение имеет безотходная технология. Малоотходность технологических процессов в первую очередь связана с необходимостью повышения коэффициента использования металла. Увеличение данного коэффициента даёт не только экономические выгоды, но и позволяет уменьшить количество отходов и вредных выбросов в окружающую среду.

## 6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Основы пожарной защиты предприятий определены государственными стандартами ГОСТ 12.1.004. -85 и ГОСТ 12.1.010. -76.

Производственные аварии, стихийные бедствия опасны своей внезапностью. Однако разрушительные последствия их могут быть предотвращены или значительно уменьшены, если заранее будут приняты меры.

На каждом объекте разрабатывается план ликвидации возможных аварий, организована подготовка рабочих и служащих к работе в аварийных условиях, предусмотрен запас сил и средств необходимых для ликвидации последствий аварии. Необходимо также организовать: устойчивую систему управления предприятием при чрезвычайных ситуациях; систему оповещения; план эвакуации рабочих и служащих; службу гражданской обороны; специальные спасательные команды и команды по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, а также скорейшему восстановлению производства; пункты оказания первой медицинской помощи и т.д. [38].

Определение категории взрывопожароопасности рабочего места и обеспеченности необходимыми средствами пожаротушения.

Вероятность возникновения пожаров в зданиях и сооружениях, а также распространение от конструкций и материалов, из которых они выполнены, а также характера производства.

Сварочное производство соответствует категории Г. То есть в производство обращаются следующие материалы: негорючие вещества и материалы в горячем, раскалённом и расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр, пламени.

Проектируемый участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

- пожарными водопроводными кранами (1шт.) (нельзя тушить электроустановки под напряжением);
- огнетушитель ОХП-10 (3шт) (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей);
- огнетушитель углекислотный ОП-2 (2шт) (для тушения лакокрасочных материалов и электроустановок под напряжением);
- ящик с сухим и чистым песком (1шт) (для тушения различных видов возгораний).

## 6.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К законодательным и нормативным документам относятся ГОСТы, санитарные нормы и правила.

ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. Стандарт устанавливает общие санитарно-гигиенические требования к показателям микроклимата и допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. Настоящий стандарт распространяется на защитное заземление и зануление электроустановок постоянного и переменного тока частотой до 400 Гц и устанавливает требования по обеспечению электробезопасности с помощью защитного заземления, зануления.

ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. Стандарт устанавливает классификацию шума, характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах, общие требования к защите от шума на рабочих местах, шумовым характеристикам машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования и измерениям шума.

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. Настоящие санитарные нормы устанавливают классификацию шумов; нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы – нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды его обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности.

Конструктивным элементом защитного заземления являются заземлители – металлические проводники, проходящие в земле и заземляющие проводники, соединяющие заземляемое оборудование с заземлителем.

Сущность расчёта защитного сопротивления сводится к определению числа вертикальных заземлений и длины соединительной полосы.

Глубина заземления составляет 0,8 м. Почва – суглинок. Удельное сопротивление грунта  $\rho = 1 \cdot 10000 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ .

Сопротивление одиночного заземлителя, вертикально установленного в землю, определяется по формуле [41]:

$$R_3 = (\rho_3 / 2\pi \cdot l_M) \cdot \ln \cdot (4h_M / d), \quad (6.1)$$

где  $R_3$  – сопротивление одиночного заземлителя, Ом;

$d$  – диаметр трубы, см,  $d=3$  см;

$\rho_3$  – удельное сопротивление грунта, Ом·см,  $\rho_3=1 \cdot 10^4$  Ом·см;

$l_M$  – длина трубы, см,  $l_M=200$  см;

$h_M$  – глубина заделки трубы в землю, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, см,  $h_M=170$  см;

Определяем сопротивление одиночного заземлителя:

$$R_3 = 1 \cdot 10^4 / (2 \cdot 3,14 \cdot 200) \cdot \ln \cdot (4 \cdot 170/3) = 43 \text{ Ом.}$$

Определяем требуемое число заземлителей, по формуле [28]:

$$n = R_3 / R_3 \cdot \eta, \quad (6.2)$$

где  $n$  – требуемое число заземлителей, шт.;

$\eta$  – коэффициент использования группового заземлителя,  $\eta=0,8$ ;

$R_3$  – требуемое сопротивление осуществляемого заземления, Ом,  $R_3=5 \text{ Ом.}$

$$n = 43/5 \cdot 0,8 = 10,75 \text{ шт., принимаем } n=10 \text{ шт.}$$

Длину соединительной полосы находим по формуле [39-41]:

$$L_{\text{п}} = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1), \quad (6.3)$$

где  $L_{\text{п}}$  – длина соединительной полосы, мм;

$a$  – расстояние между заземлителями, м;

$$a = 2 \cdot 1_{\text{м}} = 2 \cdot 200 = 400 \text{ см} = 4000 \text{ мм.}$$

Отсюда:

$$L_{\text{п}} = 1,05 \cdot 400 \cdot (10 - 1) = 3780 \text{ см} = 37800 \text{ мм.}$$

Сопротивление соединительной полосы определяем по формуле [42]:

$$R_{\text{п}} = \rho_{\text{п}} / (2\pi \cdot L_{\text{п}}) \cdot \ln \cdot (4 \cdot h_{\text{н}}^2 / h_{\text{н}} \cdot v), \quad (6.4)$$

где  $R_{\text{п}}$  – сопротивление соединительной полосы, Ом;

$\rho_{\text{п}}$  – удельное сопротивление грунта, Ом·см,  $\rho_{\text{п}}=1 \cdot 10^4 \text{ Ом·см}$ ;

$L_{\text{п}}$  – длина полосы, см,  $L_{\text{п}}=3780 \text{ см}$ ;

$v$  – ширина полосы, см,  $v=1,2 \text{ см}$ ;

$h_{\text{н}}$  – глубина заложения полосы в землю, см,  $h_{\text{н}}=80 \text{ см}$ .

$$R_{\text{п}} = 1 \cdot 10^4 / (2 \cdot 3,14 \cdot 3780) \cdot \ln \cdot (4 \cdot 80^2 / (80 \cdot 1,2)) = 2,53 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление тока по всей системе с учётом соединительной полосы и коэффициентов использования определяется по формуле [41]:

$$R_c = R_э \cdot R_n / (R_э \cdot \eta_n + R_n + \eta_э \cdot n), \quad (6.5)$$

где  $R_c$  – результирующее сопротивление тока по всей системе, Ом;

$\eta_э$  – коэффициент использования труб,  $\eta_э=0,7$ ;

$\eta_n$  – коэффициент использования полосы,  $\eta_n=0,8$ .

Отсюда:

$$R_c = 43 \cdot 2,35 / (43 \cdot 0,7 + 2,35 + 0,8 \cdot 10) = 2,5 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом} [43].$$

Так как сопротивление менее 10 Ом, то проводка на проектируемом участке должна выполняться изолированным проводом или кабелем, который в местах, где возможно его повреждение, укладывают в металлические трубы.

На данном участке для заземления токоведущих частей полуавтоматов применяются размещенные в ряд вертикальные трубы длиной  $L=2\text{м}$  и диаметром  $D=0,03\text{м}$ , соединенные полосой – длиной  $L_n=3780\text{см}$  и шириной  $b=1,2\text{ см}$ , глубина заземления  $h_n=80\text{см}$ .

## 6.7 Заключение по разделу социальная ответственность

В результате проведённой работы можно сделать следующие выводы: на участке сборки и сварки секции верхней приняты необходимые меры для защиты от большинства опасных и вредных факторов на проектируемом участке:

- применена местная приточная и вытяжная вентиляция;
- индивидуальные средства защиты (сварочные щитки и маски, для защиты тела сварщиков используется спецодежда: брюки, куртки, а для защиты

кистей рук – рукавицы со специальной противопожарной пропиткой, респираторами типа „Лепесток“, очки защитные;

- заземление оборудования;

- противопожарные меры (огнетушители порошковые и углекислотные, ящики с песком);

- создание оптимальных условий труда (обеспечен оптимальный микроклимат);

В ВКР произведена разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Приняты необходимые меры по обеспечению экологической безопасности и охраны окружающей среды.

## Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе был разработан технологический процесс, спроектирован участок сборки-сварки секции верхней крана КС-5371.

В целях увеличения производительности, повышения качества и снижения себестоимости продукции была разработана автоматическая установка для сварки короба секции верхней. Нормирование операций показало, что применение данной установки экономит время на производства изделия на 400 мин.

Был произведен анализ вредных и опасных факторов производства и разработаны средства индивидуальной и коллективной защиты от них.

Был произведен сравнительный технико-экономический анализ базового и предлагаемого технологических процессов. Результат которого показал положительный экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса, который составил 3340,90 руб./изд.

Полученные результаты исследования говорят о целесообразности применения разработанной технологии производства секции верхней крана КС-5371.

## Список используемых источников

- 1 Исследование процесса формирования сварного шва с полным проплавлением при импульсно-дуговой сварке тавровых соединений / Е.А. Зернин, А.Г. Крампит, М.А. Крампит, А.С. Чернов. // Технический научно-производственный журнал. 2015. №2. с. 1 –6;
- 2 Способы борьбы со сварочными деформациями // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://pereosnastka.ru/articles/osnovnye-meropriyatiya-po-umensheniyu-deformatsii-i-napryazhenii-pri-svarke>
- 3 Конструкционные низколегированные стали // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://metallicheskiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/10XSHD](http://metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/stk/10XSHD)
- 4 Конструкционные углеродистые стали // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=349](http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=349)
- 5 СварМонтажСтрой // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.svarms.ru/content/sv-08gs>
- 6 ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
- 7 ГОСТ 10157-79 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.
- 8 Ерохин А.А. Основы сварки плавлением.-: Машиностроение, 1973.- 448с.
- 9 Новейшие технологии изготовления сварных конструкций: Учебное пособие для ст. спец. 120500 / Крампит Н. Ю., Крампит А. Г.–Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006.– 180 с.;
- 10 Технология изготовления сварных конструкций: Эл.учебное пособие для ст. спец. «Оборудование и технология сварочного производства» /

Крампит Н. Ю., Крампит А. Г.– Юрга: ДО, 2009.– 115 с.;

11 ГОСТ 12.2.070-81. Краны грузоподъемные. Сварка стальных конструкций // [Электронный ресурс]. –

[http://stroyka-ip.ru/xsv\\_sv\\_pto\\_pod/gost-12\\_2\\_070-81/gost-12\\_2\\_070-81\\_c.html](http://stroyka-ip.ru/xsv_sv_pto_pod/gost-12_2_070-81/gost-12_2_070-81_c.html);

12 РД 36-62-00. Оборудование грузоподъемное. Общие технические требования // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tehnoverh.ru/library/docs/rd/~id=1327>;

13 Справочник нормировщика / Ахумов В. А. – М.: Машиностроение, 1986. – 240с.;

14 Федыко В.Т. Дуговая сварка плавлением: Учебное пособие.- Томск: Изд-во Том.ун-та, 1994.- 241 с.

15 Руководство по технологии механизированной сварке в защитных газах / Римский С.Т.– К: Экотехнология, 2006. – 60с.;

16 LorchSapromS 3 SpeedPulse // [Электронныйресурс]. – Режим доступа: <http://www.welding-russia.ru/catalog.html?itemid=9295>;

17 Lizard// [Электронныйресурс]. – Режим доступа: <http://www.intertehno.ru/catalog/c2/s106/item565/>;

18 LincolnElectric IDEALAR CV 505// [Электронныйресурс]. – Режим доступа: <http://www.tiberis.ru/products/lincoln-electric-idealarc-cv-505-1>;

19 LincolnElectric LF-33// [Электронныйресурс]. – Режим доступа:<http://tehpro-shop.ru/magazin/product/lincoln-electric-lf-33>;

20 Проектирование сварочных цехов: Конспект лекций / В.Т. Федыко, Н.Ю. Крампит. – Юрга: ИПЛ ЮФ ТПУ, 1998 г. – 70с.;

21 Основы проектирования сварочных цехов / А.И. Красовский. – Москва: Машиностроение, 1980. – 319 с.;

22 Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 120500

«Оборудование и технология сварочного производства» вечерней формы обучения / О.Н. Жданова. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2005. – 32с.;

23 Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под. Общ.ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд., 1990. – 448с.;

24 LincolnElektrik: Каталог оборудования // [http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnoe\\_oborudovanie/Komplekty\\_gotovye\\_k\\_rabote/Poluavtomaticheskaya\\_svarka/](http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnoe_oborudovanie/Komplekty_gotovye_k_rabote/Poluavtomaticheskaya_svarka/)

25 Сварочные головки в россии // <https://tiu.ru/Svarochnye-golovki>

26 Интернет магазин сварочного оборудования Lorch // [http://www.hdb-eshop.ru/product\\_info.php?products\\_id=544](http://www.hdb-eshop.ru/product_info.php?products_id=544)

27 Сварочные кантователи производства А-завод // [http://azavod.ru/catalog/svarochnoe\\_oborudovanie/svarochnye\\_pozicionery\\_kantovateli\\_i\\_orbitalnye\\_stoly/svarochnye\\_kantovateli/svarochnyy\\_kantovatel\\_s\\_2-mya\\_vraschatelyami\\_ksm2v-t600/](http://azavod.ru/catalog/svarochnoe_oborudovanie/svarochnye_pozicionery_kantovateli_i_orbitalnye_stoly/svarochnye_kantovateli/svarochnyy_kantovatel_s_2-mya_vraschatelyami_ksm2v-t600/)

28 Техномашхолдинг // [https://tmh.su/svarka-metalla/svarochnye-karetki/svarochnyy-traktor-lizard\\_536/](https://tmh.su/svarka-metalla/svarochnye-karetki/svarochnyy-traktor-lizard_536/)

29 Сварочные колонны BCZQ до 120 кг (легкие) // <http://svarochnyeavtomaty.ru/production/avtomaticheskaya-svarka/svarochnye-kolonny/svarochnye-kolonny-bczq-gruzopodemnostyu-do-120-kg-legkie/>

30 Пульс цен // [https://www.pulscen.ru/price/050314-svarochnaja-provoloka/f:30314\\_sv08gsmt](https://www.pulscen.ru/price/050314-svarochnaja-provoloka/f:30314_sv08gsmt)

31 Свапка и пайка // <http://svarkaipayka.ru/tehnika-bezopasnosti/zarplata-svarshhika.html>

32 Народный советник // [http://nsovetnik.ru/zarplata/tarifnaya\\_stavka\\_eto\\_ili\\_vse\\_o\\_tarifnoj\\_stavke/](http://nsovetnik.ru/zarplata/tarifnaya_stavka_eto_ili_vse_o_tarifnoj_stavke/)

33 Консультант плюс [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_1927/55690fcdbc9664fae4fb4275ef0220ad16459d71/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1927/55690fcdbc9664fae4fb4275ef0220ad16459d71/)

34 СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/5/5212/](http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/5/5212/)

35 ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=838](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=838)

36 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/1/1898/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/1/1898/)

37 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=666](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=666)

38 СанПиН 2.2.4.548096 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rg.ru/2010/07/15/sanpin548-dok.html>

39 ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=663](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=663)

40 Постановление Правительства РФ от 24.07.95 г. №738. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://accident.perm.ru/index.php/normativno-pravovaya-baza/>

41 Сборник задач по безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / В.М. Гришагин, В.Я. Фарберов. – Юрга: Изд-во филиала ТПУ, 2002. – 96с.;

42 Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов. Изд. 3-е, исправленное и дополненное / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф., Козьяков и др.; Под общ. Ред. С.В. Белова. – М: Высшая школа, 2001. –485с.;

43 Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. Изд. 2-е. дополнительное / В.М. Гришагин, В.Я. Фарберов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2003. – 159 с.