

**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 РАМЫ ПОВОРОТНОЙ КРАНА КС-5371</b>

УДК 621.757:621.791:621.873-21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А30	Хромов Д.Е.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Томас К.И.	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

К.И. Томас

Студент гр. 3-10А30

Д.Е. Хромов

**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	Хромов Дмитрий Евгеньевич

Тема работы:

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><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></p>	<p align="center">Материалы преддипломной практики</p>
<p><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></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы.</li> <li>2. Объект и методы исследования.</li> <li>3. Результаты проведенного исследования.</li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>5. Социальная ответственность.</li> </ol>

<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>ФЮРА.КС-5371.1311.000 СБ Рама поворотная Формат А1 ФЮРА.000001.164 ЛП План участка Формат А1 ФЮРА.000001.164.00.000 СБ Приспособление сборочно-сварочное Формат А1 ФЮРА.000002.164 ЛП Формат А1 Карта директивного технологического процесса Формат А1 ФЮРА.000002.164 ЛП Экономическая часть Формат А1 ФЮРА.000002.164 ЛП Система вентиляции участка Формат А1</p>
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Томас К.И.
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	Томас К.И.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А30	Хромов Д.Е.		

**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	Томас К.И.	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	Хромову Дмитрию Евгеньевичу

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 рамы поворотной крана КС-53716*

**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	Хромов Д.Е.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А30	Хромову Дмитрию Евгеньевичу

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 рамы поворотной крана КС-5371:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, 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.</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.</p> <p>ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.4.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация.</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.</p> <p>Правила устройства электроустановок. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002</p> <p>Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.</p> <p>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.</p> <p>Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.</p> <p>Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548.96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.</p> <p>СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<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> </ul>

	- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной - защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
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)	.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**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	Хромов Д.Е.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 97 листов, 2 рисунка, 20 таблиц, 15 источников, 3 приложения, 9 листов графического материала.

Ключевые слова: рама крана, сталь, оборудование, приспособление, режимы сварки, свариваемость, технологичность.

Объектом исследования является технология изготовления сварной конструкции рамы поворотной крана КС-5371.

Цель работы – разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки рамы поворотной крана КС-5371.

Работа представлена введением, пятью разделами и заключением, приведен список используемых источников.

В первом разделе «Обзор литературы» кратко представлена информация о состоянии решаемой задачи.

Во втором разделе «Объект и методы исследования» представлено описание рамы поворотной крана КС-5371, сформулирована задача представленной ВКР.

В третьем разделе «Расчет и аналитика» произведен выбор метода сварки и сварочных материалов, рассчитаны режимы сварки, выбрано сварочное оборудование. Произведено техническое нормирование операций, определен состав элементов производства, выполнен расчёт и конструирование оснастки, планировка участка сборки-сварки.

В четвертом разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» произведен сравнительный экономический расчет базового и предложенного варианта изготовления рамы поворотной крана КС-5371.

В пятом разделе произведено обоснование мер социальной ответственности разработанной технологии.

В заключении содержится анализ результатов разработки технологии и проектирования участка сборки-сварки рамы поворотной крана КС-5371.

## Abstract

Final qualifying work 97 sheets, 2 figures, 20 tables, 15 sources, 3 applications, 9 sheets of graphic material.

Keywords: crane frame, steel, equipment, device, welding modes, weldability, manufacturability.

The object of the study is the technology of manufacturing welded frame structure of the crane KC-5371.

The purpose of the work - the development of technology and design of the Assembly - welding frame crane KS-5371.

The work is represented by an introduction, five sections and a conclusion, a list of sources used.

The first section "literature Review" briefly presents information about the state of the problem.

In the second section "Object and methods of research" the description of a frame of the rotary crane KS-5371 is presented, the task of the presented WRC is formulated.

In the third section "Calculation and analysis" the choice of welding method and welding materials, calculated welding conditions, selected welding equipment. Technical regulation of operations is made, the structure of production elements is defined, calculation and design of equipment, planning of the site of Assembly and welding is executed.

In the fourth section "Financial management, resource efficiency and resource saving" a comparative economic calculation of the base and the proposed version of the frame of the crane KS-5371.

In the fifth section the justification of measures of social responsibility of the developed technology is made.

In conclusion, the analysis of the results of the technology development and design of the Assembly-welding area of the frame of the rotary crane KS-5371.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей выпускной квалификационной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- а) ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия»;
- б) ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия»;
- в) ГОСТ 8050-85 «Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия»;
- г) ГОСТ 10157-79 «Аргон газообразный и жидкий. Технические условия»;
- д) ТУ 2114-004-00204760-99 «Смеси газовые. Технические условия»;
- е) ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные»;
- ж) ГОСТ 2310-77 «Молотки слесарные. Технические условия»;
- з) ГОСТ Р 54578-2011 «Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного воздействия»;
- и) «Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях» (утвержден Главным государственным санитарным врачом СССР 23 февраля 1988 г. №4557-88);
- к) СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки»;
- л) ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- м) ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»;
- н) СН 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в

помещениях жилых и общественных зданий»;

о) ФЗ «Об основах охраны труда в РФ» от 17.07.1999 г. (№ 181-ФЗ);

п) СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий»;

р) СП 1009-73 «Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов»;

с) ТУ 8572-017-00302190-93 «Костюмы мужские для сварщиков, защищающие от искр, брызг расплавленного металла»;

т) ГОСТ 12.4.010-75 СИЗ «Рукавицы специальные»;

у) ГОСТ 12.4.002-97 ССБТ «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации»;

х) СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;

ф) СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»;

ц) ФЗ №66 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера» от 21.12.94 г.;

ч) ГОСТ 12.4.009-83 «Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды, размещение и обслуживание»;

ш) СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

щ) СНиП 31-03-2001 «Производственные здания».

В работе использовались следующие сокращения и обозначения:

а) ЧС – чрезвычайная ситуация;

б) НОТ – научная организация труда;

в) КПД – коэффициент полезного действия;

г) ВИК – визуально – измерительный контроль;

д) ИТР – инженерно – технические работники;

е) МОП – младший обслуживающий персонал;

ж) СИЗ – средства индивидуальной защиты;

з) ОШЗ – околосовная зона;

и) ФЗ – федеральный закон.

## Оглавление

Введение	18
1 Обзор литературы	20
2 Объект и методы исследования	23
3 Расчеты и аналитика	24
3.1 Теоретический анализ	24
3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов	24
3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки	31
3.2 Инженерный расчет	33
3.2.1 Расчёт режимов сварки	33
3.2.2 Технологический анализ выбранного производства	35
3.2.3 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции	38
3.2.4 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального	40
3.2.5 Техническое нормирование операций	41
3.2.6 Выбор технологического оборудования	44
3.2.7 Контроль технологических операций	46
3.2.8 Разработка технической документации	49
3.3 Конструкторский раздел	51
3.3.1 Общая характеристика механического оборудования	51
3.3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений	51
3.3.3 Расчет элементов сборочно-сварочных приспособлений	52
3.4 Эргономическое проектирование	54
3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха	54
3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха	55

3.4.3	Расчет основных элементов производства	56
3.4.3.1	Определение требуемого количества оборудования	56
3.4.3.2	Определение состава и численности работающих	58
3.4.4	Планировка заготовительных отделений	60
3.4.5	Планировка сборочно-сварочных отделений и участков	61
3.4.6	Степень и уровень механизации и автоматизации производственного процесса	62
3.4.7	Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений	63
3.5	Организационный раздел	65
3.5.1	Выбор и обоснование прогрессивных форм организации производства	65
3.5.2	Меры по совершенствованию организации труда и управлению производственным процессом	66
3.5.3.	Аттестация сварщиков	69
3.5.4	Аттестация оборудования	70
3.5.5	Аттестация сварочных материалов	71
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	73
4.1	Сравнительный экономический анализ вариантов	73
4.1.1	Определение капитальных вложений в оборудование	74
4.1.2	Определение капитальных вложений в здание, занимаемое	76
4.1.3	Определение затрат на основные материалы	76
4.1.4	Определение затрат на вспомогательные материалы	77
4.1.5	Определение затрат на заработную плату	77
4.1.6	Определение затрат на электроэнергию	78
4.1.7	Определение затрат на амортизацию оборудования	79
4.1.8	Определение затрат на амортизацию приспособлений	80
4.1.9	Определение затрат на содержание помещения	81

4.2 Расчет технико-экономической эффективности	81
4.3 Основные технико-экономические показатели участка	83
5 Социальная ответственность	84
5.1 Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения	84
5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	85
5.2.1 Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги	85
5.2.2 Производственный шум	86
5.2.3 Статическая нагрузка на руку рабочего	87
5.2.4 Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	87
5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	89
5.3.1 Электрический ток	89
5.3.2 Термические ожоги	90
5.3.3 Движущиеся механизмы	90
5.3.4 Пожаровзрывобезопасность	91
5.4 Охрана окружающей среды	92
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	93
5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	94
Заключение	95
Список использованных источников	96
Приложение А (Технологический процесс)	
Приложение Б (Спецификация рама поворотная)	
Приложение В (Спецификация Приспособление сборочно-сварочное)	
Диск CD (В конверте на обороте обложки)	
Графическая часть на отдельных листах	

ФЮРА.КС-5371.1311.164.00.000	СБ	Рама	поворотная	
сборочный чертеж				Формат А1
ФЮРА.000001.164	ЛП	План участка		Формат А1
ФЮРА.000001.164.00.000	СБ	Приспособление	сборочно-	
сварочное сборочный чертеж				Формат А1
ФЮРА.000002.164	ЛП	Карта директивного технологического		
процесса				Формат А1
ФЮРА.000003.164	ЛП	Система вентиляции участка		Формат А1
ФЮРА.000004.164	ЛП	Экономическая часть		

## Введение

Сварка – один из наиболее широко распространённых технологических процессов получения неразъёмных соединений. Основное применение находит сварка металлов и их сплавов при сооружении новых конструкций, ремонте различных изделий, машин и механизмов и т.д. Прочность сварного соединения в большинстве случаев не уступает прочности основного металла.

Сварочное производство является одной из ведущих областей машиностроения. Во всех отраслях машиностроения внедряются производительные экономически выгодные технологические процессы сварки, позволяющие обрабатывать большинство конструкционных материалов от десятых долей миллиметра до нескольких десятков миллиметров различных марок. Уровень развития сварочной техники служит базой для увеличения производительности труда, экономии материалов и энергии, а также повышения качества и снижения себестоимости сварной конструкции.

Сварочное производство решает задачи по повышению эффективности производства, в результате научно-технического прогресса и развития экономики по интенсивному пути. Для этого применяют эффективные системы управления, новые машины и оборудование, технологические процессы, которые должны обеспечивать высокую механизацию и автоматизацию производства, рост производительности труда и связанное с этим высвобождение рабочих.

Механизация и автоматизация производства являются средством повышения производительности труда, позволяющие повысить качество сварного изделия, улучшить условия труда. В современных условиях сварочного производства первостепенное значение приобретает повышение производительности труда в результате лучшего использования рабочей силы, оборудования и оснастки в процессе производства.

Проектирование сборочно-сварочных участков происходит с использованием достижений науки и техники, обуславливающих возможность разумного и экономичного использования материально-технической базы.

## 1 Обзор литературы

При подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы были изучены нововведения в сфере механизированной сварке в защитных газах, технике сварки, применяемом оборудовании и оснастки.

В журнале «Сварка и диагностика» в статье «Классификация технологического применения установок для механизированной сварки в защитных газах», рассмотрена цепочка взаимных связей между сварочными материалами, сварочными источниками и режимами сварки. Определяющим звеном в этой цепочке, с точки зрения правильного выбора источника питания, является вид переноса электродного металла, определяемый выбором «длинной» или «короткой» дуги и типом сварочной проволоки. Применение сварки «короткой» или «длинной» дугой определяется в свою очередь такими технологическими особенностями, как вид свариваемого материала, его толщина, тип сварочной проволоки, требуемые свойства металла шва. Изучая эту статью пришел к выводу что в данной выпускной квалификационной работе сварку ведем длинной дугой.

В журнале «Сварочное производство» в статье «Влияние механических возмущений на формирование сварного соединения», рассмотрены группы возмущений влияющих на сварной шов. Особую группу составляют возмущения, вызванные изменением взаимного расположения свариваемых кромок относительно друг друга и электрода. В ходе изучения этой статьи можно сделать некоторые выводы.

1. На стыковой шов, действуют механические возмущения такие как: зазор, деформация, смещение и изменение пространственного положения электрода, что приводит к поджогу, подрезу, вогнутости внешней поверхности шва.

2. На угловой шов, действуют возмущения в виде зазора и смещение

зазора, что приводит к подрезам, непроварам, натекам, уменьшению величины катета вертикальной стенки.

В журнале «Сварочное производство» в статье «Сравнение свойств традиционных выпрямителей для механизированной сварки» проведена оценка положительных и отрицательных характеристик источников. На основании этой статьи можно сделать выводы, что новые инверторные источники имеют ряд преимуществ: не большой вес и габариты; низкие требования к входному напряжению (не чувствительны к перегрузкам сети и перепадам напряжения на входе, благодаря чему возможна работа инвертора с автономными источниками без риска потери мощности и ухудшения характеристик дуги); меньшее количество брызг при сварке – как следствие, уменьшения объема работ по удалению шлака, зачистке сварного шва и ОШЗ от брызг металла; плавная регулировка сварочного тока и напряжения; КПД источника может достигать значений 90%. На основании выше сказанного в данной ВКР выбран инверторный полуавтомат.

В журнале сварочное оборудование в статье «Зажимы для сварки и сборки металлоконструкций различного назначения» рассмотрены трудности работы по точности сборки. Особенно остро встают вопросы прижатия стыкуемых кромок и поверхностей при сварки тонкостенных конструкций.

Фирма «Контур-97 Инжиниринг» поставляет на российский рынок гамму зажимов быстрой фиксации с определенной силой прижатия. Конструктивные особенности зажимов быстрой фиксации:

1) рукоятки прижимов изготовлены из маслоотталкивающего винила или пластика красного цвета, что позволяет обеспечить безопасность труда и удобство в работе;

2) все стальные штампованные части защищены от коррозионного воздействия оцинкованным покрытием;

3) для осей вращения применяют стали повышенной прочности, что обеспечивает точность сборки и постоянство усилия прижатия;

4) все модели зажимов с U-образным и открытыми прижимными рычагами снабжены шайбами с фланцем;

5) все механизмы быстрой фиксации сконструированы с учетом максимального зазора для облегчения закрепления и снятия рабочей детали.

При изучении этой статьи можно сделать вывод, что зажимы быстрой фиксации позволяют увеличить качество и точность сборки изделий под сварку, а так же уменьшить время на сборку. В данном проекте в приспособлении используются винтовые и эксцентриковые прижимы.

## 2 Объект и методы исследования

При написании выпускной квалификационной работы была использована учебно-методическая литература, данные публикаций, нормативно-законодательные акты РФ.

Объектом исследования в данной выпускной квалификационной работе является разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки рамы поворотной кран КС-5371.

Применяемыми методами исследования в данной ВКР были теоретический и практический. Проводились опросы рабочих для выявления недостатков базового технологического процесса изготовления изделия, а также анализ современной литературы в этой области производства.

На основе полученных результатов исследования разрабатываются эргономические и экономические мероприятия, которые совместно с технологической частью должны обеспечивать возможность создания наиболее современного и передового по техническому уровню и высокоэффективного сборочно-сварочного участка по выпуску продукции, при ее себестоимости, обуславливающей рентабельность производства и кратчайшие сроки окупаемости капитальных затрат.

### 3 Расчеты и аналитика

#### 3.1 Теоретический анализ

##### 3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов

Изготавливаемое изделие – рама поворотная крана КС-5371. В качестве материала деталей основания используют стали следующих марок: 10ХСНД, СтЗпс (свариваемость хорошая, сварные соединения высокого качества, сварка выполняется без применения особых приемов). Выбор этих сталей обусловлен необходимостью в сочетании надежности конструкции с хорошей технологической свариваемостью и небольшой себестоимостью [1].

Сталь 10ХСНД – низколегированная сталь хорошо сваривается всеми способами сварки не имеющая склонности к отпускной хрупкости. Сталь предназначена для изготовления сварных металлоконструкций и различных изделий, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы, работающих при температуре окружающей среды от минус 70 °С до плюс 450 °С [2]. Химический состав и механические свойства стали 10ХСНД приведен в таблицах 1 и 2 [2].

Таблица 1 – Химический состав стали 10ХСНД

Массовая доля элементов, %								
С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S	N
>0,12	0,5÷0,8	0,8÷1,1	0,6÷0,9	0,5÷0,8	0,4÷0,6	0,035	0,040	0,008

Таблица 2 – Механические свойства стали 10ХСНД

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_B$ , %
350	390	19

Химический состав и механические свойства стали стЗпс

ГОСТ 27772-88 приведен в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Химический состав стали Ст3пс

Массовая доля элементов, %							
C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
0,14÷0,22	0,4÷0,65	0,15÷0,3	0,3	0,3	0,3	не более	
						0,004	0,005

Таблица 4 – Механические свойства стали ст3пс

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_B$ , %
205÷245	370÷480	23÷26

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

Для сталей 10ХСНД, ст3пс, рекомендуются следующие способы сварки:

- механизированная и автоматическая сварка в среде защитных газов ( $Ar+CO_2$ ) электродной проволокой диаметром 0,8...2,0 мм;
- автоматическая дуговая сварка под флюсом электродной проволокой диаметром 1,6...5,0 мм;
- электрошлаковая сварка проволочными, пластинчатыми и комбинированными электродами [1].

Принимаем сварку плавящимся электродом в смеси газа  $Ar+CO_2$  (смесь двуокиси углерода с аргоном в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона) по ТУ 2114-004-00204760-99, т.к. существует ряд преимуществ этих способов:

- 1) возможность вести механизированную сварку, а т.к. в изготавливаемом изделии есть сварные швы протяженностью больше двух метров, то возможность использования автоматической сварки очень важна;

- 2) высокая производительность;
- 3) высокие механические свойства сварных соединений;
- 4) меньшая склонность к образованию горячих трещин;
- 5) меньшая себестоимость сварочных работ.

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

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. На рабочее место проволока подаётся в кассетах, намотанных на специальных станках.

Химический состав проволоки и механические свойства металла шва приведены в таблице 5 и таблице 6 [2].

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

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.

Сырьем для изготовления являются двуокись углерода и аргон.

Состав смеси (82%CO<sub>2</sub>+Ar18%) представлен в таблице 7.

Таблица 5 – Химический состав проволоки Св-08Г2С

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

Таблица 6 – Механические свойства наплавленного металла шва

Марка проволоки	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	КСУ, кДж/см <sup>2</sup>	
			20°С	-20°С
Св-08Г2С	540	24	100	60

Таблица 7 – Состав смеси (82%CO<sub>2</sub>+Ar18%)

Содержание	Значение
Объемная доля CO <sub>2</sub> , %	не менее 19,96
Объемная доля СО, %	не более 0
Объемная доля аргона, %	не менее 79,99
Объемная доля кислорода, %	не более 0,0006
Объемная доля азота, %	не более 0,004
Водяных паров при 760 мм.рт.ст. и 20°С (не более), г/см	0,178

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

физической точки зрения [4].

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

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

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

- 1) химический состав и структура основного металла резко отличается от химического состава, механических свойств и структуры металла шва;
- 2) в зоне термического влияния проявляется изменение структуры и свойств основного металла;
- 3) появление в сварных конструкциях высоких напряжений, способствующих образованию трещин;
- 4) образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;
- 5) возможно нарушение плотности и прочности сварного соединения из-за образования пористости и газовых раковин в наплавленном металле и другое.

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

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

1) определение химического состава, структуры и свойств металла шва при том или ином способе сварки;

2) оценка структуры и механических свойств околошовной зоны;

3) оценка склонности сталей к образованию трещин, которая, однако, является не единственным критерием при определении технологической свариваемости;

4) оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности сварного соединения.

Существующие методы определения технологической свариваемости могут быть разделены на две группы:

1) первая группа – прямые способы, когда свариваемость определяется сваркой образцов той или иной формы;

2) вторая группа – косвенные способы, когда сварочный процесс заменяется другими процессами, характер воздействия которых на металл имитирует влияние сварочного процесса.

Первая группа даёт прямой ответ на вопрос о предпочтительности того или иного способа сварки, о трудностях, возникающих при сварке тем или иным способом, о рациональном режиме сварки и т.п.

Вторая группа способов, имитирующих сварочные процессы, не может дать прямого ответа на все вопросы, связанные с практическим осуществлением сварки металлов и они должны рассматриваться только как предварительные лабораторные испытания.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

1) первая группа – хорошо сваривающиеся стали;

2) вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;

3) третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;

4) четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, – это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, [5]:

$$C_{\text{экв}} = \tilde{N} + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}, \quad (1)$$

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

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

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 10ХСНД:

$$C_{\text{экв}} = 0,1 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,8}{24} + \frac{0,5}{10} + \frac{0,6}{5} = 0,38 \text{ \%}.$$

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для Ст3пс:

$$C_{\text{экв}} = 0,14 + \frac{0,4}{6} + \frac{0,15}{24} + \frac{0,3}{10} + \frac{0,3}{5} = 0,30 \text{ \%}.$$

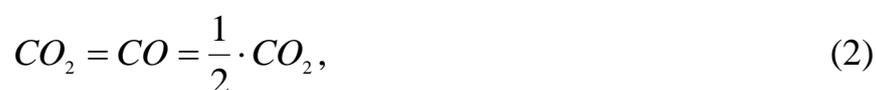
Сталь 10ХСНД – низколегированная конструкционная ГОСТ 19281-73 [2]. Сталь Ст3пс – углеродистая ГОСТ 1050-74 [2]. Эти стали относятся к первой группе свариваемости и обладают хорошей свариваемостью [2]. Ограничения по свариваемости могут быть лишь по минимальной температуре окружающей среды (не ниже минус 10 °С). Этому способствует ускоренное охлаждение шва. Кроме того, наплавленный металл иногда легируют небольшим количеством марганца и кремния через сварочную проволоку.

### 3.1.2 Metallurgical and technological features of the adopted welding method

The composition of the weld metal during welding in protective gases with a melting electrode is determined by the composition of the gas, the composition of the electrode and the base metal, their proportions in the weld metal and the course of metallurgical reactions in the welding bath.

It is necessary to note that argon, which is part of the gas mixture (80%), is an inert gas. Therefore, it does not participate in chemical reactions, its role is limited to physical protection of the welding bath.

Temperature of the welding bath is a main parameter, which determines the direction and intensity of physico-chemical processes in it. During welding in a  $CO_2+Ar$  mixture, the thermal characteristics of the arc increase, which is explained by the increase in the share of heat, released as a result of chemical reactions, and by the arc voltage. At high temperatures, the dissociation reaction of  $CO_2$  [6]:



With increasing temperature, the amount of heat introduced into the workpiece increases, which contributes to a decrease in the cooling rate. With increasing oxygen content in the mixture, the time of existence of the bath in the liquid state increases, which contributes to a smoother removal of non-metallic inclusions and degassing of the weld metal [5].

Argon, spreading over the surface of the workpiece, provides a sufficiently long and wide protective zone, both of the molten metal and of the heated metal during welding.

During welding in a  $CO_2+Ar$  mixture with a melting electrode in the high-temperature zone, the decomposition of  $CO_2$  occurs according to the reaction:



Окисление металла происходит по реакции:



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

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

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

Содержащиеся в проволоке кремний и марганец, обладая большим сродством к кислороду, чем железо, связывают кислород, растворенный в металле:



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

Содержание кремния и марганца в наплавленном металле шва выполняемого в смеси газов ( $CO_2+Ar$ ) проволокой Св-08Г2С остается на необходимом уровне.

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

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

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

Конструктивные элементы подготовки кромок, типы сварных швов и их размеры при сварке в  $\text{CO}_2+\text{Ar}$  должны соответствовать ГОСТ 14771-76. Основной металл в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги и других загрязнений до сборки.

## 3.2 Инженерный расчет

### 3.2.1 Расчёт режимов сварки

Расчёт режима дуговой сварки.

Параметры режима дуговой сварки в смеси газов плавящимся электродом следующие [6]:

- диаметр электродной проволоки –  $d_{ЭП}$ ;
- скорость сварки –  $V_C$ ;
- сварочный ток –  $I_C$ ;
- напряжение сварки –  $U_C$ ;
- вылет электродной проволоки –  $l_B$ ;

- скорость подачи электродной проволоки –  $V_{ЭП}$ ;
- общее количество проходов –  $n_{ПР}$ ;
- расход защитной смеси –  $g_{ЗГ}$ .

Расчёт режимов сварки выполняем по размерам шва (ширине  $l$  и глубине проплавления  $h_p$ ) [4].

Сварка механизированная, выполняется проволокой Св-08Г2С, в нижнем положении. Соединение тавровое типа  $T1$  с катетом 4 мм. показано на рисунке 1.

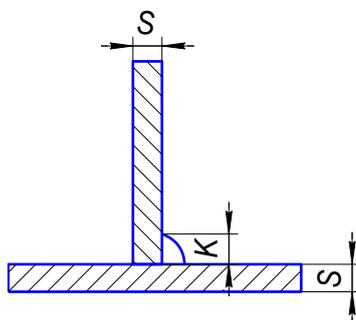


Рисунок 1 – Соединение Т1 по ГОСТ 14771–76:

$S$  – толщина листа,  $K$  – катет

Определим расчётную глубину проплавления по формуле [4]:

$$h_p = (0,7...1,1) \cdot \hat{E} , \quad (8)$$

где  $K$  – катет шва.

Принимаем  $h_p = 0,7 \cdot \hat{E}$  , тогда:

$$h_p = 0,7 \cdot 4 = 2,8 \text{ мм.}$$

Диаметр электродной проволоки  $d_{ЭП}$  определяем по формуле [4]:

$$d_{\hat{Y}\hat{I}} = \sqrt[4]{h_p \pm 0,05 \cdot h} , \quad (9)$$

$$d_{\hat{Y}\hat{I}} = \sqrt[4]{2,8 \pm 0,05 \cdot 2,8} = 1,154...1,434 \text{ мм.}$$

Диаметр электродной проволоки принимаем  $d_{ЭП} = 1,2$  мм.

Скорость сварки определяем по формуле [4]:

$$V_c = K_v \cdot \frac{h_p^{1,61}}{d^{3,36}}, \quad (10)$$

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

$e$  – ширина сварного шва, мм.

$$e = \sqrt{2} \cdot K, \quad (11)$$

$$e = \sqrt{2} \cdot 4 = 5,6 \text{ мм.}$$

$$V_c = 1060 \cdot \frac{2,8^{1,61}}{5,6^{3,36}} = 10,6 \text{ мм/с, } V_c = 36,16 \text{ м/ч.}$$

Силу сварочного тока определяем по формуле [4]:

$$I_c = K_i \cdot \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}}, \quad (12)$$

где  $K_i$  – коэффициент, зависящий от диаметра электродной проволоки,  $K_i=430$ .

$$I_c = 430 \cdot \frac{2,8^{1,32}}{5,6^{1,07}} = 252 \text{ А.}$$

При расчете режимов для смеси газов  $Ar+CO_2$  необходимо вводить поправочный коэффициент  $k_{CM}$ ,  $k_{CM}=1,1 \dots 1,15$  (по данным отработки режимов в лаборатории сварки ООО «Юргинский машзавод»).

С учетом поправочного коэффициента:

$$I_c = 252 \cdot 1,1 = 277 \text{ А. принимаем } I_c=270 \div 280 \text{ А.}$$

Зная значение сварочного тока определяем напряжение сварки по формуле:

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot I_c, \quad (13)$$

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot 280 = 28 \text{ В, принимаем } U_c=27 \div 28 \text{ В.}$$

Вылет электродной проволоки определяем по формуле:

$$L_B = 10 \cdot d_{\dot{Y}} \pm 2 \cdot d_{\dot{Y}}, \quad (14)$$

$$L_B = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм.}$$

Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле:

$$V_{\dot{Y}\dot{I}}^+ = 0,53 \cdot \frac{I_C}{d_{\dot{Y}\dot{I}}^2} + 6,94 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{I_C^2}{d_{\dot{Y}\dot{I}}^3}, \quad (15)$$

$$V_{\dot{Y}\dot{I}}^+ = 0,53 \cdot \frac{280}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{280^2}{1,2^3} = 231 \text{ мм/с}, \quad V_{\dot{Y}\dot{I}}^+ = 831 \text{ м/ч}.$$

Расход защитной смеси рассчитываем по формуле:

$$q_{\dot{C}\dot{A}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot I_C^{0,75}, \quad (16)$$

$$q_{\dot{C}\dot{A}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 280^{0,75} = 0,225 \text{ л/с}, \quad q_{\dot{C}\dot{A}} = 13,5 \text{ л/мин}.$$

Аналогично проводится расчёт режимов сварки остальных швов, часть режимов мы выбираем из справочной литературы и заносим в таблицу 8 [1].

Таблица 8 – Режимы сварки поворотной рамы

№ шва	Тип шва	$d_{ЭП}$ , мм	$V_C$ , м/ч	$I_C$ , А	$U_C$ , В	$l_B$ , мм	$g_{ЗГ}$ , л/мин
1	Нестандартный шов	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12
2	ТЗ-Δ 6	1,2	20÷26	260÷280	27÷29	13	16÷18
3	Н1-Δ6	1,2	27÷29	240÷260	28÷30	13	14÷16
4	Н1-Δ10	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12
5	Н1-Δ16	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12
6	Нестандартный шов	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12
7	Нестандартный шов	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12
8	Нестандартный шов	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12
9	Н1-Δ1,5	1,2	16÷18	150÷170	21÷22	13	12÷16
10	Н1-Δ4	1,2	16÷18	150÷170	21÷22	13	12÷16
11	Т1-Δ4	1,2	22÷29	260÷280	28÷30	13	14÷16
12	Нестандартный шов	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12
13	Нестандартный шов	1,2	16÷18	150÷170	21÷22	13	12÷16
14	Нестандартный шов	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12
15	Нестандартный шов	1,2	3÷6	220÷240	25÷26	13	11÷12

16	T1-Δ2	1,2	20÷26	260÷280	27÷29	13	16÷18
----	-------	-----	-------	---------	-------	----	-------

### 3.2.2 Технологический анализ выбранного производства

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

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

Краткие характеристики перечисленных видов производств сводятся к следующему.

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

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

В крупносерийном производстве номенклатура выпускаемых изделий весьма ограничена и устойчива. Изделия производят периодически повторяющимися крупными сериями на специализированных участках,

механизированных переменного-поточных линиях. Применяют специализированное оборудование, специальные приспособления. Широко используют подвесной и напольный транспорт.

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

На основании вышеизложенных характеристик и данных справочной литературы [7], учитывая, что годовая программа выпуска продукции составляет  $N=450$  штук, а масса поворотной рамы равна  $1110,5$  кг, заключаем, что проектируемое сварочное производство относится к типу серийному.

### 3.2.3 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции

Технологический процесс сборки и сварки рамы поворотной крана КС-5371 начинается с подбора деталей, входящих в сборочную единицу, согласно комплектовочной карте.

Изготовление рамы поворотной начинается со сборки и сварки основных составляющих на приспособлении сборочном (операции 010-015). Затем изделие помещается на манипулятор (020-030), где производится сварка, кантовка. После полного остывания полученную сборочную единицу перемещают на сборочно-сварочную плиту, где производят сварку слесарную обработку и контроль. Для подгонки деталей при сборке используем резак (операции 035-055).

Подробно последовательность изготовления основания приведена в технологическом процессе в приложении данной ВКР.

Сварная конструкция считается технологичной, если она сконструирована из такого количества элементов, с приданием им таких размеров и форм,

применением таких видов и марок материалов и оборудования, оснастки и методов организации производства, которые при заданном объёме выпуска и полном выполнении эксплуатационных функций обеспечивают простое и экономичное изготовление конструкций, узлов и деталей, судят, прежде всего, по их себестоимости.

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

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

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

1) число и конструктивно-технологическая сложность элементов (заготовок, деталей, узлов), используемых при изготовлении сварной конструкции;

3) уровень унификации, стандартизации и взаимозаменяемости элементов конструкции;

4) степень соответствия размеров и форм готовых деталей;

5) количество обрабатываемых поверхностей;

6) требование к качеству обработки, к точности сборки под сварку;

7) объём трудоёмких подгоночных операций; использование новых материалов.

Оценка технологичности. Технологичность – совокупность свойств конструкции, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ [7].

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

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

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

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

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

#### 3.2.4 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального

Весь технологический процесс представляет собой последовательность взаимосвязанных операций.

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

Согласно базовому технологическому процессу при изготовлении

поворотной рамы сварка ведется механизированным способом в среде смеси газов на импортном оборудовании Idealarc CV 505 и ESABFeed ORIGOMIG 410 с ESAB Feed 30-4

Заменяем сварочное оборудование на современное менее дорогостоящее (Инвертор Сварог MIG 3500 (J72) + ММА турель).

Предлагаемый технологический процесс сборки и сварки рамы поворотной крана КС-5371 выполняется механизированной сваркой в смеси защитных газов ( $20\%CO_2+Ar$ ).

### 3.2.5 Техническое нормирование операций

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

Норма штучного времени  $T_{Ш}$ , для всех видов дуговой сварки определяется по формуле [8]:

$$\dot{O}_\phi = \dot{O}_{i.\phi-\hat{E}} \cdot L + t_{\hat{A}\hat{E}}, \quad (17)$$

где  $T_{Н.Ш.К}$  – неполное штучно-калькуляционное время, ч;

$L$  – длина свариваемого шва по чертежу, мм;

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

Неполное штучно-калькуляционное время определяется по формуле:

$$\dot{O}_{i.\phi-\hat{E}} = (\dot{O}_i + t_{\hat{A}\phi}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{i\hat{A}\hat{N}} + \alpha_{i\hat{O}.\hat{E}} + \alpha_{i-C}}{100}\right), \quad (18)$$

где  $T_O$  – основное время сварки, мин;

$t_{ВШ}$  – вспомогательное время, зависящее от длины свариваемого шва, мин;

$\alpha_{ОБС.}$ ,  $\alpha_{ОТЛ.}$ ,  $\alpha_{П-З}$  – соответственно время на обслуживание рабочего

места, отдых и личные надобности, подготовительно-заключительную работу, % к оперативному времени.

Для механизированной сварки в смеси газов плавящимся электродом сумма коэффициентов составляет 27%, [8].

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

$$\dot{O}_i = \frac{F \cdot \gamma \cdot 60}{I \cdot \alpha_H}, \quad (19)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм<sup>2</sup>;

$I$  – сила сварочного тока, А;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>, (при сварке сталей она составляет 7,8 г/см<sup>3</sup>);

$\alpha_H$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч).

Для примера рассчитаем норму времени механизированной сварки в смеси газов на выполнение шва Т1-Δ4 в операции 045. Соединение тавровое типа Т1 с катетом 4 мм, показано на рисунке 2.

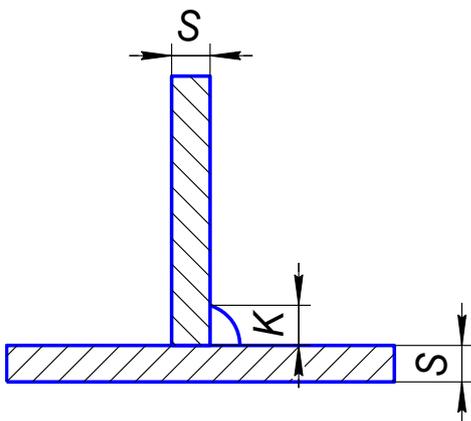


Рисунок 2 – Соединение Т1 по ГОСТ 14771-76:

$S$  – толщина листа,  $K$  – катет

Исходные данные:

1) марки сталей: сталь 10ХСНД и сталь ст3пс;

- 2) марка электродной проволоки Св-08Г2С ГОСТ 2246-70;
- 3) сварной шов тавровый без разделки;
- 4) шов по ГОСТ 14771-76 – Т1-Δ4;
- 5) длина шва 800 мм;
- 6) положение шва нижнее;
- 7) площадь поперечного сечения наплавленного металла  $F=9 \text{ мм}^2$ ;
- 8) коэффициент наплавки для сварочной проволоки Св-08Г2С при механизированной сварке составляет  $\alpha_n=15 \text{ г/(А·ч)}$ .

Количество проходов –  $n=1$  шт.

$$\dot{O}_i = \frac{20 \cdot 7,8 \cdot 60}{280 \cdot 18} = 2,23 \text{ мин.}$$

Неполное штучно-калькуляционное время находим по формуле:

$$\dot{O}_{i \cdot \phi - \hat{e}} = (2,23 + 0,45) \cdot \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 3,4 \text{ мин.}$$

где  $t_{ВШ}$  – вспомогательное время, зависящее от длины свариваемого шва согласно литературе [8] составляет 0,45 мин.

Определим норму штучного времени где  $t_{ВШ}$  согласно литературе [8] составляет 3,2 мин.

$$\dot{O}_\phi = 3,4 \cdot 1,1 + 3,2 = 6,94 \text{ мин.}$$

Данные расчетов сводим в таблицу 9

Таблица 9 – Нормы штучного времени базового и предлагаемого ТП

№ опер.	Базовый техпроцесс		Предлагаемый техпроцесс	
	Наименование операции	$T_{шт}$ , мин.	Наименование операции	$T_{шт}$ , мин.
005	Комплектовочная	-	Комплектовочная	-
010	Сборочная	83,7	Сборочная	69,3
015	Сварочная	103,2	Сварочная	103,2
020	Слесарная	34,7	Слесарная	34,7

025	Сварочная	8,4	Сварочная	8,4
030	Сварочная	52,4	Сварочная	52,4
035	Слесарная	92,8	Слесарная	92,8
040	Сварочная	21,2	Сварочная	21,2
045	Сварочная	193	Сварочная	193
050	Слесарная	144	Слесарная	144
055	Контроль	30	Контроль	30
060	Дробеструйная очистка	25,7	Дробеструйная очистка	25,7
Итого:		789,1		774,7

### 3.2.6 Выбор технологического оборудования

Расчитанные параметры режима позволяют сформулировать требования к оборудованию для сварки-сборки рамы поворотной крана. Основными критериями для окончательного выбора рациональных типов оборудования должны служить их следующие принципы:

1. Техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой технологии.
2. Наибольшая эксплуатационная надежность и относительная простота обслуживания.
3. Наибольший КПД и наименьшее потребление электроэнергии при эксплуатации.
4. Наименьшие габаритные размеры оборудования.
5. Наименьшая масса.
6. Наименьшая сумма первоначальных затрат на приобретение и монтаж оборудования.
7. Минимальный срок окупаемости.

Исходя из соображений технологического, экономического и

эксплуатационного характера было выбрано следующее сварочное оборудование [9]. Технические характеристики Сварог MIG 3500 (J72) + MMA турель представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики сварочного оборудования

Техническая характеристика	Значение
Напряжение питающей сети, В	380±15 %
Частота питающей сети, Гц	50/60
Потребляемая мощность, кВА	15
Потребляемый ток, А	22,9
Сварочный ток MIG/MMA, А	50÷350/20÷350
Диапазон рабочего напряжения, В	16,5÷34
Напряжение холостого хода, В	65
Скорость подачи проволоки, м/мин	1,5÷16,0
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8; 1,0; 1,2
Допустимый вес катушки, кг	15
Расположение подающего устройства/катушки	турель/снаружи
Количество роликов, шт.	4
ПВ, %	60
ПВ 100%, А	271
Коэффициент мощности	0,93
КПД, %	85
Класс изоляции	F
Степень защиты	IP21S
Габаритные размеры, мм	595x285x470

Это оборудование кроме сравнительно невысокой цене имеет ряд преимуществ:

1. Используются новейшие инверторные технологии, обеспечивающие постоянный контроль сварочного тока и входящего напряжения.

2. Встроенный блок стабилизатора напряжения, небольшое разбрызгивание металла, отличный перенос сварочной капли.

3. Медленная скорость подачи проволоки во время поджига дуги, глубокая сварочная ванна, продувка газом после сварки.

4. Легкий поджиг дуги.

5. Высокая надежность в работе, удобство в эксплуатации и сервисном обслуживании.

### 3.2.7 Контроль технологических операций

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

Качество сварных соединений в значительной мере определяет эксплуатационную надёжность и экономичность конструкции [10].

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

Дефекты бывают наружные, внутренние и сквозные.

Дефекты формы и размеров шва: неполномерность швов; неравномерность шва; несимметричность шва; бугристость шва; грибовидность; боковые выплески металла; подрезы шва; наплывы; прожоги.

Дефекты, нарушающие сплошность сварных соединений: непровары; трещины; поры; шлаковые включения.

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

Проверка качества сварки в готовом изделии производится внешним осмотром и измерением сварного шва. Внешним осмотром выявляют несоответствие шва геометрическим размерам, наплывы, подрезы, глубокие кратеры, прожоги, трещины, непровары, свищи и поры и т.д. [10].

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

Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними. Сварка, как и другие процессы обработки металлов, вызывает возникновение в изделиях собственных напряжений.

В зависимости от причины, вызвавшей напряжения, различают:

- 1) тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температур при сварке;
- 2) структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений.

В зависимости от времени существования:

- 1) временные – существующие лишь в определённый момент времени;
- 2) остаточные – остаются в изделии после исчезновения причины, их вызвавшей.

В зависимости от размеров области:

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

Сварочные напряжения являются напряжениями первого рода.

По направлению действия напряжения и деформации различают: продольные (вдоль оси шва); поперечные (поперёк оси шва).

По виду напряжённого состояния:

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

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

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

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

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений;
- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие возникших напряжений [10].

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

- 1) минимальная протяжённость сварных швов, минимальное сечение швов, удовлетворяющее расчётным условиям, что приводит к уменьшению остаточных деформаций и напряжений;
- 2) симметричное расположение швов;
- 3) оптимизация последовательности выполнения сборочно-сварочных работ;
- 4) закрепление изделия в приспособлениях;
- 5) прихватка деталей для исключения смещения их при сварке.

Эти меры в полной мере обеспечивают достаточно хорошее качество

изделия. Применение каких-либо других способов борьбы с деформациями и напряжениями нецелесообразно, так как это ведёт к неоправданному удорожанию изделия.

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

Преимущества визуального контроля:

- 1) простота контроля;
- 2) несложное оборудование;
- 3) малая трудоемкость.

### 3.2.8 Разработка технической документации

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

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [11].

Разработка технологических процессов включает: расчленение изделия на сборочные единицы; установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;

- 3) выбор типов оборудования и способов сварки.

В результате должны быть достигнуты:

- 1) возможная наименьшая трудоёмкость;
- 2) минимальная продолжительность производственного цикла;
- 3) минимальное общее требуемое число рабочих;
- 4) наилучшее использование производственного транспорта вспомогательного оборудования;
- 5) возможный наименьший расход производственной энергии.

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

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

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы;
- число данных сборочных единиц в изделии;
- перечень данных сборочных единиц в изделии;
- название цеха;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;
- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоёмкости, расходы основных и вспомогательных материалов [8].

### 3.3 Конструкторский раздел

#### 3.3.1 Общая характеристика механического оборудования

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

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

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

В связи с тем, что изделие обладает массой 1110,5 кг., для кантовки и перемещения используется кран мостовой грузоподъемностью 10 тонн.

#### 3.3.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса являются комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства. Специфическая особенность этого производства – резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно сварочные операции по своей трудоемкости составляют всего 25÷30 % общего объема сборочно-сварочных работ, остальные 70÷75 % приходятся на долю сборочных, транспортных и различных вспомогательных работ, механизация и автоматизация которых осуществляется с помощью так

называемого механического сварочного оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации сварочного производства, то их можно охарактеризовать цифрой 70÷75 % всего комплекса цехового оборудования [12].

В данной выпускной квалификационной работе в предлагаемом технологическом процессе используется приспособление сборочно-сварочное которое представлено в графической части.

### 3.3.3 Расчет элементов сборочно-сварочных приспособлений

В приспособлении данной ВКР используются эксцентриковые и винтовые прижимы для фиксации свариваемых сборочной единицы. Рассчитаем винтовой прижим.

Определяем усилие прижатия вертикального листа к полке при механизированной сварке рассчитаем по формуле:

$$P_y = 1,15 \cdot 1,7 \cdot D \cdot k^2, \quad (20)$$

где  $P_y$  – усадочная сила, Н;

$D$  – эмпирический коэффициент, зависящий от способа и режимов сварки  $D=4000$  для механизированной сварке;

$k$  – катет углового шва, мм.

$$P_y = 1,15 \cdot 1,7 \cdot 4000 \cdot 4^2 = 125120 \text{ Н.}$$

Определяем номинальный диаметр резьбы винта по формуле:

$$d = C \cdot \sqrt{\frac{P_y}{[\sigma]}}, \quad (21)$$

где  $C$  – коэффициент зажима;

$P_y$  – потребная сила зажима, Н;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение растяжения, 50 МПа.

Полученное значение  $d$  округляем до ближайшего большего значения.

$$d = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{125120}{[50 \cdot 10^6]}} = 7,5 \text{ м, принимаем } d=8 \text{ мм.}$$

В данном сборочно-сварочном приспособлении производителем предусмотрены штатные винты с резьбой М18.

Определяем момент, который нужно развить на венте для обеспечения заданной зажимной силы по формуле:

$$M = r_{\text{ND}} \cdot P_Y \cdot \text{tg}(\alpha - \varphi) + \dot{I}_{\text{об}}, \quad (22)$$

где  $r_{\text{CP}}$  – средний радиус резьбы, мм;

$\alpha$  – угол подъема резьбы;

$\varphi$  – угол трения в резьбе;

$M_{\text{TP}}$  – момент трения в месте контакта торца нажимного винта.

$$M = 11,5 \cdot 10^{-3} \cdot 121520 \cdot \text{tg}(5 - 0,15) + 2,8 = 1188 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Определяем длину рукоятки по заданной силе воздействия:

$$l = \frac{M}{P_{\text{пр}}}, \quad (23)$$

где  $P_{\text{пр}}$  – сила привода, 150 Н.

$$l = \frac{1188}{150} = 79 \text{ мм.}$$

Число витков резьбы в гайке определяем по формуле:

$$n = \frac{P_Y}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_i^2 - d_{\text{Ai}}^2) \cdot \rho_o}, \quad (24)$$

где  $d_H$  и  $d_{\text{BH}}$  – наружный и внутренний диаметры резьбы, мм;

$\rho_o$  – удельное давление на поверхности ниток резьбы, 50 МПа.

$$n = \frac{121520}{\frac{3,14}{4} \cdot (12^2 - 11^2) \cdot 50 \cdot 10^6} = 16 \text{ витков.}$$

Высота гайки определяется по формуле:

$$H = \frac{n}{m} \cdot S, \quad (25)$$

где  $n$  – число витков резьбы в гайке;

$S$  – шаг винта;

$m$  – число заходов резьбы.

$$H = \frac{16}{1} \cdot 1 = 16 \text{ мм.}$$

### 3.4 Эргономическое проектирование

#### 3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса, требует разработки чертежей плана и разрезов проектируемого цеха [7].

Независимо от принадлежности к какой-либо разновидности сварочного производства сборочно-сварочные цехи могут включать следующие отделения и помещения:

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

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

Вспомогательные отделения: цеховой склад металла, промежуточный склад деталей и полуфабрикатов с участком их сортировки и комплектации, межоперационные складочные участки и места, склад готовой продукции цеха с контрольными и упаковочными подразделениями и погрузочной площадкой; кладовые электродов, флюсов, баллонов с горючими и защитными газами,

инструмента, приспособлений, запасных частей и вспомогательных материалов, мастерская изготовления шаблонов, ремонтная, отделение электромашинное, ацетиленовое, компрессорное, цеховые трансформаторные подстанции.

Административно-конторские и бытовые помещения: контора цеха, гардероб, уборные, умывальные, душевые, буфет, комната для отдыха и приема пищи, медпункт [7].

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

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

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

#### 3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха

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

Эти требования обуславливаются главным образом индивидуальными

особенностями заданных сварных конструкций и соответствующих рационально выбранных способов их изготовления; характерными особенностями типа производства и организационных форм его существования; степенью производственной связи основных отделений и участков с другими производственными и вспомогательными отделениями цеха [7].

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

### 3.4.3 Расчет основных элементов производства

#### 3.4.3.1 Определение требуемого количества оборудования

Необходимое количество оборудования определяется по формуле [7]:

$$C_P = \frac{N_{\bar{A}} \cdot \dot{O}_{\phi}}{60 \cdot F_{\bar{A}} \cdot \hat{E}_{\bar{A}i}}, \quad (26)$$

где  $N_{\Gamma}$  – годовая программа выпуска изделия,  $N_{\Gamma} = 450$  шт.;

$T_{\text{ш}}$  – трудоемкость оправленной операции, мин;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд работы оборудования, для односменной работы  $F_{\text{д}} = 1870$  ч [22].

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

Определяем необходимое количество вспомогательных приспособлений, оборудования и рабочих и данные расчета сводим в таблицы 11 и 12. Определение количества оборудования осуществляем путем округления расчетного количества оборудования  $C_P$  до целого числа в большую сторону.

Коэффициент загрузки оборудования определяем по формуле [15]:

$$\hat{E}_{\zeta i} = \frac{\tilde{N}_D}{\tilde{N}_i} \cdot 100, \quad (27)$$

где  $C_P$  – расчетное количество оборудования, шт.;

$C_{II}$  – принятое количество оборудования, шт.

Таблица 11 – Количество вспомогательного оборудования

№	Наименование оборудования	$T_{III}$ , мин	$C_P$ , шт.	$C_{II}$ , шт.	$K_{30}$ , %
Базовый технологический процесс					
010-015	Приспособление сборочно-сварочное	186,9	0,75	1	75
020-030	Манипулятор	95,5	0,38	1	38
035-055	Слесарная плита	481	1,80	2	90
Предлагаемый технологический процесс					
010-015	Приспособление сборочно-сварочное	172,5	0,69	1	69
020-030	Манипулятор	95,5	0,38	1	38
035-055	Слесарная плита	481	1,92	2	96

Определяем необходимое количество сварочного оборудования и данные расчета сводим в таблицу 12.

В соответствии с количеством рабочих мест принимаем для базового и принятого количество сварочного оборудования равным 3 шт.

Таблица 12 – Количество сварочного оборудования

Технологический процесс	$C_P$ , шт.	$C_{II}$ , шт.	$K_{30}$ , %
Базовый	3,16	4	79
Предлагаемый	3,01	4	75

### 3.4.3.2 Определение состава и численности работающих

Определим необходимое количество основных рабочих. Основными считаются те рабочие, которые заняты выполнением операций технологического процесса по изготовлению продукции. Количество основных рабочих – списочное и явочное определяется по формуле [11]:

$$D_{Ni} = \frac{\dot{O}_\phi \cdot N_{\bar{A}}}{60 \cdot F_{\bar{A}} \cdot \hat{E}_{\bar{A}i}}, \quad (28)$$

$$D_{\beta\bar{A}} = \frac{\dot{O}_\phi \cdot N_{\bar{A}}}{60 \cdot F_i \cdot \hat{E}_{\bar{A}i}}, \quad (29)$$

где  $N_G$  – годовая программа выпуска изделия,  $N_G=450$  шт.;

$F_H$  – номинальный фонд времени рабочих,  $F_H=1970$  ч;

$F_D$  – действительный фонд времени рабочих,  $F_D=1760$  ч;

$T_{III}$  – трудоемкость технологического процесса, мин.;

$K_{BH}$  – коэффициент выполнения норм.

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

Расчетная величина численности основных рабочих получается дробной, поэтому ее округляют до целого числа в большую сторону и называют принятой  $P_{II}$ .

Численность вспомогательных рабочих рассчитывается в процентах от основных рабочих по формуле [11]:

$$D_{\hat{A}NI} = \frac{D_{NI} \cdot \dot{I}}{100}, \quad (30)$$

где  $P_{СП}$  – принятое списочное число основных рабочих, чел.;

$P$  – процент вспомогательных рабочих,  $P=25\%$ .

Численность инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала определяем по формуле [11]:

$$D_{\hat{E}OD} = \frac{(D_{NI} + D_{\hat{A}NI}) \cdot \dot{I}}{100}, \quad (31)$$

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

Результаты расчетов сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Количество рабочих на участке

Показатель	Значение	
	Базовый	Предлагаемый
Трудоемкость $T_{III}$ , мин.	789,1	774,7
Расчетное/принятое списочное число основных рабочих $P_{СП}$ и $P_{П}$ , чел.	3,4/4	3,34/4
Расчетное/принятое явочное число основных рабочих $P_{ЯВ}$ и $P_{П}$ , чел.	2,98/3	2,93/3
Расчетное/принятое число вспомогательных рабочих $P_{ЯВ}$ и $P_{П}$ , чел.	1/1	1/1
Расчетная/принятая численность ИТР, чел.	0,4/1	0,4/1
Расчетная/принятая численность МОП, чел.	0,1/1	0,1/1
Расчетная/принятая численность контролеров, чел.	0,05/1	0,05/1

Определяем коэффициент сменности по формуле [7]:

$$k_P = \frac{D_{\beta\hat{A}}}{D_{\beta\hat{A}1}}, \quad (32)$$

где  $k_P$  – коэффициент сменности;

$P_{ЯВ1}$  – число рабочих в первую смену, чел.

Для базового технологического процесса:

$$k_p = \frac{2}{2,98} = 1,0.$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$k_p = \frac{3}{2,93} = 1,02.$$

### 3.4.4 Планировка заготовительных отделений

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

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

- 1) из общего количества различных сортов металла, подлежащего обработке в заготовительном отделении, выделяют группы сходных сортаментов, поддающихся обработке на одинаковых группах станков;
- 2) общее количество станков различных типоразмеров подразделяют на количество групп, равное установленному выше количеству групп подлежащих обработке сортаментов металла;
- 3) количество групп станочного оборудования, полученное на основе описанных выше данных, размещают в пролетах заготовительного отделения, число которых равно установленному ранее числу пролетов сборочно-сварочного отделения [7].

Если при планировке заготовительного отделения требуемое число пролетов последнего получается меньше установленного количества пролетов

для сборочно-сварочного отделения, площадь, остающаяся в пролетах, не занятых заготовительным отделением, используют для размещения различных вспомогательных производств и помещений (мастерских – инструментальной, ремонтной) [7].

### 3.4.5 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков

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

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

В схеме компоновки цеха с продольным направлением производственного потока процессы как узловой, так и общей сборки и сварки каждого изделия расположены в одних и тех же продольных пролетах, специализация которых осуществляется по производству отдельных типов заданных для изготовления изделий. В связи с этим для рассматриваемой схемы планировки цеха необходимое число пролетов зависит от количественного соотношения заданных к производству изделий разных типов. В таком случае требуемое число пролетов можно приближенно оценить на

основе их специализации с уточнением его в процессе последующего размещения оборудования и рабочих мест на плане проектируемого цеха [7].

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

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

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

#### 3.4.6 Степень и уровень механизации и автоматизации производственного процесса

Результаты разработки и внедрения в проект сборочно-сварочного участка изготовления рамы поворотной крана комплексной механизации и автоматизации оценивают особыми показателями, определяющими достигнутые степень и уровень механизации и автоматизации предусмотренных работ по изготовлению заданных к выпуску изделий. Прежде всего, всякая замена ручного труда работой механизмов, машин и автоматов является механизацией и автоматизацией производственных процессов.

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

Количественный уровень (степень) механизации выражают в процентах и вычисляют по формуле [7]:

$$C_M = \frac{k \cdot T_M}{T_{HM} + k \cdot T_M} \cdot 100, \quad (33)$$

где  $T_M$  – трудоемкость работ, выполняемых механизированным способом,  $T_M=12120$  мин;

$T_{HM}$  – трудоемкость работ, выполняемых немеханизированным способом,  $T_{HM}=4250$  мин;

$k$  – коэффициент повышения производительности труда на данном участке,  $k=2$  [7].

$$C_M = \frac{2 \cdot 378,2}{396,5 + 378,2} \cdot 100 = 66 \text{ \%}.$$

Качественный уровень механизации производственного процесса можно определить по формуле [7]:

$$O_M = \frac{\tilde{N}_M}{1 - \frac{1}{k}}, \quad (34)$$

$$O_M = \frac{66}{1 - \frac{1}{2}} = 33 \text{ \%}.$$

### 3.4.7 Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений

При каждом сборочно-сварочном цехе либо в отдельном здании вблизи цеха должны быть предусмотрены административно-конторские и бытовые помещения. Правила проектирования административно-конторских и бытовых помещений изложены в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий». Перечень этих помещений, а также расчетные нормы требуемой площади для данного участка сборки и сварки основания представлены в

таблице 14.

Таблица 14 – Планировка административно-конторских и бытовых помещений

Помещения	Расчетная единица	Условия для определения требуемого количества расчетных единиц	Площадь, м <sup>2</sup>	
			Полезная	Общая
Контора цеха	Рабочее место	Один стол на каждого сотрудника	–	4x3
Гардеробные	Шкафчик 0,35x0,5 м	Один индивидуальный шкаф на каждого работающего по списочному составу	0,18	0,43x15
Уборные	Кабина 1,2x0,9 м; шлюз (тамбур)	При максимально явочном числе работающих в смену до 20 чел.	1,08	3,06x8
			–	6,8
Душевые	Кабина 0,9x0,9 м	Одна кабина на каждые 10 явочных рабочих	0,81	1,62x2
	Место для переодевания 0,7x0,5 м	Три места на каждую кабину	0,35	1x6
	Тамбур	Между душевой и раздевальной один тамбур	–	4
Столовая	Комната	1 м <sup>2</sup> /чел. по явочному составу	–	1x8

Все бытовые и административно-конторские помещения цеха часто

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

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

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

### 3.5 Организационный раздел

#### 3.5.1 Выбор и обоснование прогрессивных форм организации производства

Научная организация труда (НОТ) – это комплекс мероприятий, направленных на повышение производительности труда рабочих. Научная организация труда – это процесс внесения в существующую организацию труда новейших усовершенствований, повышающих производительность труда. Совершенствование научной организации труда должно развиваться по следующим направлениям: разработка рациональных форм разделения труда, подготовка и повышение квалификации кадров, рациональная организация трудового процесса, обеспечение благополучных условий труда, внедрение рациональных режимов труда, соблюдение трудовой дисциплины [11].

Совершенствование работы по НОТ на современном этапе характеризуется проведением комплексных исследований с привлечением научных дисциплин – экономики, социологии, технической эстетики, гигиены

труда. Внедрение научной организации труда на предприятии позволяет решить следующие задачи: обеспечение полного использования современного оборудования, техники и технологии производства, внедрение целесообразных форм разделения труда, сокращение затрат труда на производство продукции, повышение уровня материального благосостояния трудящихся, регулярное повышение производительности труда и качества выпускаемой продукции [11].

В решении этих задач большое значение отводится целесообразному разделению труда и расстановке рабочей силы на производстве, научно обоснованной организации труда на рабочих местах.

### 3.5.2 Меры по совершенствованию организации труда и управлению производственным процессом

Основными мерами по совершенствованию организации труда являются: подготовка и повышение квалификации кадров, внедрение рациональных форм разделения труда, рациональная организация трудового процесса; обеспечение благоприятных условий труда; совершенствование нормирования труда.

Различают три основные формы разделения труда: функциональную, технологическую и квалификационную.

Функциональное разделение труда предлагает подразделение всех работников предприятия на отдельные группы, в зависимости от выполняемых ими функций на производстве. Задача функционального разделения труда состоит в том, чтобы выбрать такой вариант распределения работ между исполнителями, который обеспечивал бы высокую производительность труда, хорошее качество изделий, рациональное использование оборудования и производственных площадей [11].

В сварочном производстве необходимо максимально освобождать сварщиков от выполнения вспомогательных и обслуживающих операций.

Обслуживание рабочего места сварщика должно быть построено таким образом, чтобы он своевременно получал производственное задание и необходимую техническую документацию. Сварочные материалы, инструменты и приспособления должны доставляться на рабочее место сварщика вспомогательными рабочими. Сборка изделий под сварку, как правило, производится слесарями сборщиками. Зачистку кромок перед сваркой, а также зачистку швов от шлака и брызг металла поручают, как правило, подсобным рабочим.

Технологическое разделение труда состоит в разбивке всего производственного процесса на технологически однородные операции. Отсюда деление рабочих по профилям. Каждой профессии соответствует чётко ограниченный круг работ. Так, например, профессия сварщика подразделяется на специализации электросварщика ручной дуговой сварки, газосварщика, электросварщика на автоматических машинах, электросварщика на полуавтоматических машинах, сварщика на машинах контактной сварки и т.д.

Квалификационное разделение труда состоит в том, что в зависимости от сложности выполняемой работы все работы и профессии рабочих различаются по квалификационным разрядам. Такое разделение труда производится с учётом производственных навыков рабочих, опыта в работе, владения теоретическими знаниями общего уровня образования необходимого для выполнения определённого круга работ.

Разделение работ по квалификации рабочих позволяет освободить рабочего высокой квалификации от работ, выполнение которых требует простого труда. Выполнение рабочим операции, требующей более высокой квалификации, может привести к снижению производительности труда появлению брака в работе.

С разделением труда связана расстановка рабочих на производстве. При этом возможна такая расстановка, при которой работа может выполняться индивидуально и коллективно.

При индивидуальной организации труда на каждом рабочем месте работает один рабочий. Для неё характерно закрепление за рабочим местом одинаковых или близких по сложности операций.

При коллективной организации труда применяют такие формы, как бригадная работа, совмещение профессий, многостаночное оборудование.

Внедрение научной организации труда на рабочих местах сварочных участков должно обеспечить необходимые условия для эффективной и качественной работы сварщиков с минимальными затратами сил и рабочего времени. Повышение производительности труда и качества сборки и сварки может быть достигнуто в результате осуществления технических (оснащение рабочих мест современным оборудованием и сборочно-сварочными приспособлениями) и организационных (совершенствование организации рабочих мест с учётом эргономических факторов – выбора оптимальной рабочей зоны, уменьшение нагрузок на двигательную-мышечную систему сварщика и т.д.) мероприятий. Они позволяют также уменьшить утомляемость сварщика, сохранять высокую работоспособность в течение всей смены.

Большое значение для организации труда сварщиков имеет современная организационная и технологическая оснастка, которая служит для обеспечения высокого качества работ, наиболее удобных условий работы, хранения и размещения на рабочем месте приспособлений, инструмента, свариваемых деталей и сборочных единиц; сварочных материалов, технической документации и т.п.

Организация труда на рабочем месте в большой степени зависит от его планировки. Правильно запланировать рабочее место – значит рационально расположить оборудование, приспособления, инструмент, свариваемые детали и сборочные единицы, сварочные материалы, наиболее экономно использовать производственную площадь. На рабочих местах должны быть обеспечены нормальные санитарно-гигиенические и эстетические условия труда работающих. Сюда входит надлежащее освещение рабочих мест, поддержание

нормальной температуры воздуха, хорошая вентиляция помещения, сокращение производственного шума и вибраций, цветовое оформление стен и оборудования, чистота и порядок на рабочем месте, применение соответствующие спецодежды и т.д.

Мероприятия по улучшению технологического процесса:

- 1) повышение уровня механизации за счет применения винтовых прижимов;
- 2) замена сварочного оборудования.

### 3.5.3. Аттестация сварщиков

Для выполнения сварочных и наплавочных работ, конкретными способами сварки плавлением, механизированным, автоматическим и ручным методами на объектах подконтрольных Ростехнадзору сварщики должны пройти аттестации.

Данные правила применяют при аттестации сварщиков, выполняющих сварочные и наплавочные работы другими способами сварки, на которые аттестационными органами разработаны методические документы по аттестации, например, по контактной сварке, восстановительной и усиливающей наплавке, пайке металлов, сварке неметаллических материалов и др.

Первый уровень профессиональной подготовки присваивают сварщику после прохождения аттестации.

Аттестация сварщиков бывает: первичная, дополнительная, периодическая и внеочередная.

Первичной аттестации подлежат сварщики, не имевшие ранее допуска к сварке и/или наплавке соединений оборудования, конструкций подконтрольных Ростехнадзору России.

Для сварщиков, аттестованных по «Правилам аттестации сварщиков»,

утвержденных Госгортехнадзором России 16.03.1993 г., первичной считается первая аттестация в соответствии с требованиями настоящих Правил, которую они проходят по завершении срока действия аттестационного удостоверения старого образца.

#### 3.5.4 Аттестация оборудования

Практические испытания заключаются в оценке показателей сварочных свойств сварочного оборудования по ГОСТ в соответствии со способом сварки и типом оборудования. Сварка выполняется на контрольных сварных соединениях (КСС), соответствующих заявленной области аттестации.

Испытания проводят по программе, включающей карты технологических процессов сварки КСС. Программа разрабатывается АЦ с учетом требований нормативных документов, регламентирующих процессы сварки при изготовлении, реконструкции, монтаже и ремонте технических устройств для опасных производственных объектов и технологических особенностей выполнения сборочно-сварочных операций. При сварке контрольного сварного соединения (наплавки) должны выполняться все требования карты технологического процесса. Содержание карт определяется требованиями Технологического регламента проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (РД 03-495-02).

При составлении программы испытаний, исходя из требований нормативных документов и заявленных условий аттестации определяются количество, размеры, тип сварных швов и другие параметры КСС. Применение соответствующих положений Технологического регламента проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (РД 03-495-02) для определения данных критериев допускается при отсутствии в нормативных документах критериев для определения однотипности сварных соединений и области распространения аттестации.

Сварка КСС производится на аттестуемом сварочном оборудовании двумя сварщиками не ниже 5 разряда, аттестованным по Правилам аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. Заявленной области аттестации сварочного оборудования должна соответствовать аттестация сварщика. При сварке КСС свариваемые и присадочные (или наплавочные) материалы должны иметь сертификат соответствия и/или сертификат завода – изготовителя сварочных материалов. Перед применением сварочных и присадочных материалов должен быть выполнен соответствующий входной контроль с оформлением его результатов.

### 3.5.5 Аттестация сварочных материалов

Сварочные работы при практических испытаниях выполняют сварщики, аттестованные в соответствии с требованиями «Правил аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства Госгортехнадзора России» с квалификацией не ниже 5 разряда.

Для выполнения контрольных сварных швов и наплавов должно использоваться аттестованное сварочное оборудование, снабженное измерительными приборами, и поверенные приборы для измерения температуры предварительного и сопутствующего подогрева при сварке.

При практических испытаниях проверяют сварочно-технологические свойства СМ и контролируют следующие параметры:

- 1) при испытаниях сварочно-технологических свойств СМ сварку выполняют в пространственных положениях, предусмотренных программой испытания, в соответствии с заявкой заказчика. Используют контрольные образцы с формой разделки, предусмотренной НД для производственных соединений;

- 2) при горении дуги от источников питания АС/ДС в диапазонах режимов, указанных в паспорте сварочных материалов проверяют род тока.

Удовлетворительным признается сварочные материалы, обеспечивающий стабильность горения дуги на длине шва не менее 150 мм.

Выставление экспертных оценок в баллах от 1 до 5 производится членами аттестационной комиссии в количестве не менее 3 человек. Затем определяется средний балл по каждому показателю сварочных свойств сварочных материалов.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Сравнительный экономический анализ вариантов

Разработка технологического процесса изготовления поворотной рамы допускает различные варианты решения. Существует базовый вариант изготовления рамы поворотной крана КС-5371, который используется на ООО «Юргинский машиностроительный завод».

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

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

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

Определение приведенных затрат производят по формуле [15]:

$$Z_{\text{п}} = C + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}}, \quad (35)$$

где  $C$  – себестоимость единицы продукции, руб./изд.;

$E_{\text{н}}$  – норма эффективности дополнительных капитальных затрат, (руб./год)/руб.;

$K$  – капиталовложения, руб./ед.год.

Согласно базовому технологическому процессу сборочные и сварочные операции при изготовлении рамы поворотной производятся на плите с устанавливаемыми винтовыми зажимами и применением технологических жесткостей для соблюдения требуемого расстояния между свариваемыми деталями. Это приводит к увеличению расхода материалов и времени сварки, сборки и слесарной обработки. Швы выполняются в смеси газов, в качестве

сварочного оборудования используется дорогостоящее импортное оборудование фирмы LINCOLN и ESAB.

В предлагаемом технологическом процессе применим сборочно-сварочное приспособление с винтовыми и эксцентриковыми прижимами. Для данного вида сварки применим современное российское сварочное оборудование, которым заменим также дорогостоящее оборудование фирмы «Сварог». Проведем технико-экономический анализ сравнения базового и предлагаемого вариантов.

#### 4.1.1 Определение капитальных вложений в оборудование

Капитальные вложения в оборудование определяем по формуле [15]:

$$K_o = C_o \cdot (1 + \sigma_M) \cdot C_{II}, \quad (36)$$

где  $C_o$  – оптовая цена оборудования, руб.;

$\sigma_M$  – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж, транспортировку и заготовительные расходы;  $\sigma_M=0,1$ ;

$C_{II}$  – количество оборудования, шт.

Цены на оборудование берутся за 01.01.2018 (смотри таблицу 15).

Таблица 15 – Оптовые цены на сварочное оборудование

Наименование оборудования	Ц <sub>о</sub> , руб.
Базовый технологический процесс	
ORIGOMIG 410 с ESAB Feed 30-4, 3 шт.	154580
Предлагаемый технологический процесс	
MIG 3500 (J72) + MMA ТУРЕЛЬ, 3 шт.	78435

Капитальные вложения в сварочное оборудование приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования	$K_{CO}$ , руб.год
Базовый технологический процесс	
ORIGOMIG 410 с ESAB Feed 30-4, 3 шт.	510114
Предлагаемый технологический процесс	
MIG 3500 (J72) + MMA ТУРЕЛЬ, 3 шт.	258835

Для расчета используют данные о количестве приспособлений и их загруженности в производстве рамы.

Капитальные вложения в приспособления определяем по формуле:

$$\hat{E}_{iB} = \ddot{O}_{iB} \cdot \tilde{N}_i, \quad (37)$$

где  $C_{ПР}$  – цена единицы приспособления, руб.;

$C_{П}$  – принятое количество приспособлений, занятое выполнением, соответствующей операции.

Капитальные вложения в приспособления приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Капитальные вложения в приспособления

Наименование оборудования	$C_{ПР}$ , руб.	Технологически процесс			
		Базовый		Предлагаемый	
		$C_{П}$ , шт.	$K_{ПР}$ , руб. год	$C_{П}$ , шт.	$K_{ПР}$ , руб. год
Приспособление сборочно-сварочное	995000	1	995000	–	–
Манипулятор	135500	1	135500	1	135500
Плита слесарная	150000	2	300000	2	300000
Приспособление сборочно-сварочное	973000	–	–	1	973000
Итого			1430500		1408500

#### 4.1.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлением

Капитальные вложения в здание определяется по формуле [20]:

$$\hat{E}_{\text{цз}} = S \cdot h \cdot \ddot{O}_{\text{цз}}, \quad (38)$$

где  $S$  – площадь рабочего места, для базового ТП  $S=185,4 \text{ м}^2$ ; для предлагаемого ТП  $S=183,3 \text{ м}^2$ ,

$h$  – высота производственного здания,  $h=12 \text{ м}$ ;

$\text{Ц}_{\text{зд}}$  – стоимость  $1 \text{ м}^3$  здания на 01.01.2018 для цеха № 41 составляет  $\text{Ц}_{\text{зд}}=94 \text{ руб./м}^3$ .

Определяем капитальные вложения в здание, и результаты заносим в таблицу 18.

Таблица 18 – Капитальные вложения в здание, занимаемое оборудованием

Наименование оборудования	$K_{\text{зд}}$ , руб.
Базовый технологический процесс	
ORIGOMIG 410 с ESAB Feed 30-4	209131,2
Предлагаемый технологический процесс	
MIG 3500 (J72) + ММА ТУРЕЛЬ	206762,4

#### 4.1.3 Определение затрат на основные материалы

Затраты на металл идущий на изготовление изделия определяем по формуле [15]:

$$C_i = m_M \cdot k_{\text{о.с}} \cdot \ddot{O}_i, \quad (39)$$

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

$\text{Ц}_M$  – средняя оптовая цена стали, для стали 10ХСНД  $\text{Ц}_M=31 \text{ руб./кг}$ , при  $m_M=753 \cdot 1,3=978,9 \text{ кг}$ ; для стали ст3пс  $\text{Ц}_M=24 \text{ руб./кг}$ , при

$$m_M = 57,5 \cdot 1,3 = 464,75 \text{ кг};$$

$k_{Т.З}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов  $k_{Т.З} = 1,04$  [8].

$$C_i = 1,04 \cdot (978,9 \cdot 31 + 464,75 \cdot 24) = 43159,9 \text{ руб./изд.}$$

#### 4.1.4 Определение затрат на вспомогательные материалы

Затраты на электродную проволоку определяем по формуле [15]:

$$C_{\bar{N}i} = g_{\bar{N}i} \cdot k_{\bar{D},\bar{N}i} \cdot \ddot{O}_{\bar{N}i}, \quad (40)$$

где  $g_{СП}$  – масса наплавленного металла электродной проволоки и электродов,  $g_{СП} = 10,69$  кг – для проволоки Св-08Г2С для базового ТП;

$k_{P,СП}$  – коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки (электрода),  $k_{P,СП} = 1,02$ ;

$\Pi_{СП}$  – стоимость сварочной проволоки Св-08Г2С диаметром 1,2 мм,  $\Pi_{СП} = 47,25$  руб./кг.

$$C_{\bar{N}i} = 10,69 \cdot 1,02 \cdot 47,25 = 515,20 \text{ руб.}$$

Затраты на защитную смесь газов определяем по формуле [20]:

$$C_{\bar{C}A} = g_{\bar{N}A} \cdot k_{oi} \cdot \ddot{O}_{\bar{C}A}, \quad (41)$$

где  $g_{CG}$  – расход смеси,  $g_{CG} = 0,72$  л/ч;

$k_{ТП}$  – коэффициент, учитывающий тип производства,  $k_{ТП} = 1,15$ ;

$\Pi_{ЗГ}$  – стоимость смеси,  $\Pi_{ЗГ} = 47,60$  руб./м<sup>3</sup>.

$$C_{\bar{C}A} = 2,99 \cdot 1,15 \cdot 47,60 = 163,67 \text{ руб./изд.}$$

#### 4.1.5 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_{зп.сд} = (TC \cdot \sum T_{шт}) \cdot K_D \cdot K_{ПР} \cdot K_P \cdot (1 + \frac{\alpha}{100}), \quad (42)$$

где  $TC$  – тарифная ставка на 01.04.2018г., руб.,  $TC=43,62$  руб.;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,  $K_D=1,15$ ;

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

$K_P$  – районный коэффициент,  $K_P=1,3$ ;

$\alpha$  – страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая, равен 1,3.

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

$$C_{зп.сд} = (43,62 \cdot 13,152) \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot (1 + \frac{1,3}{100}) = 1303,2 \text{ руб./изд.}$$

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

$$C_{зп.сд} = (43,62 \cdot 12,912) \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot (1 + \frac{1,3}{100}) = 1279,4 \text{ руб./изд.}$$

#### 4.1.6 Определение затрат на электроэнергию

В основу расчета норматива затрат на силовую электроэнергию положена формула [20]:

$$C_{N\dot{Y}} = \frac{N_Y \cdot K_N \cdot \hat{E}_{AD} \cdot \hat{E}_{iA} \cdot \hat{E}_{\omega}}{\eta} \cdot \frac{\ddot{O}_{\dot{Y}N} \cdot \dot{O}_i}{60}, \quad (43)$$

где  $N_Y$  – установочная мощность источника питания сварочной дуги для базового технологического процесса  $N_Y=64$  кВт;

$K_N$  и  $K_{BP}$  – средние коэффициенты загрузки источника питания по мощности и по времени,  $K_N=0,7$  и  $K_{BP}=0,8$ ;

$K_{од}$  – средний коэффициент одновременной работы,  $K_{од}=1$ ;

$K_{\omega}$  – коэффициент потерь электроэнергии в сети завода,  $K_{\omega}=1,08$ ;

$\eta$  – КПД оборудования, для базового ТП  $\eta=0,93$ , для предлагаемого ТП  $\eta=0,94$ ;

$C_{\text{э}}$  – средняя стоимость электроэнергии  $C_{\text{э}}=1,6$  руб./кВт·час.

Затраты на электроэнергию по базовому ТП:

$$C_{\text{НЭ}} = \frac{64 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,08}{0,93} \cdot \frac{1,6 \cdot 13,152}{60} = 132,8 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию по предлагаемому ТП:

$$C_{\text{НЭ}} = \frac{64 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,08}{0,94} \cdot \frac{1,6 \cdot 12,912}{60} = 129,7 \text{ руб.}$$

#### 4.1.7 Определение затрат на амортизацию оборудования

Определяются по формуле [15]:

$$C_{\text{А}} = \frac{\ddot{O}_i \cdot n \cdot \mu \cdot \alpha_D \cdot r}{N}, \quad (44)$$

где  $C_0$  – цена единицы оборудования, руб.;

$n$  – количество оборудования, шт.;

$\alpha_D$  – норма годовых амортизационных отчислений на восстановление оборудования, принимаем 19,4 %;

$\mu$  – коэффициент, учитывающий нормативную загрузку оборудования;

$r$  – коэффициент затрат на ремонт оборудования, равный  $r=1,15 \div 1,20$ .

Затраты на амортизацию оборудования представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Амортизация оборудования

Наименование оборудования	Вариант технологического процесса			
	Базовый		Предлагаемый	
	$a_p, \%$	$C_{AO},$ руб./изд.	$a_p, \%$	$C_{AO},$ руб./изд.
ORIGOMIG 410 с ESAB Feed 30-4	19,4	23990,8	–	–
MIG 3500 (J72) + MMA ТУРЕЛЬ	–	–	19,4	12173,1

## 4.1.8 Определение затрат на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений определяются по формуле:

$$C_{Af} = \frac{\ddot{O}_I \cdot n \cdot \mu \cdot \alpha_D \cdot r}{N}, \quad (45)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 20.

Таблица 20 – Затраты на амортизацию приспособлений

Наименование оборудования	$C_{ДПР},$ руб.	Технологический процесс			
		Базовый		Предлагаемый	
		$n,$ шт.	$C_{АП},$ руб./изд.	$n,$ шт.	$C_{АП},$ руб./изд.
Приспособление сборочно-сварочное	995000	1	38606	–	–
Манипулятор	135500	1	2219,79	1	2219,79
Плита слесарная	150000	2	11640	2	11640
Приспособление сборочно-сварочное	973000	–	–	1	37752,4
Итого			52465,79		51612,19

#### 4.1.9 Определение затрат на содержание помещения

Определение затрат на содержание здания определяется по формуле:

$$C_i = \frac{S \cdot \mu_{oi} \cdot \ddot{O}_{\text{НВ.С\AA}}}{N}, \quad (46)$$

где  $S$  – площадь сварочного участка,  $S=185,5 \text{ м}^2$  для базового ТП,  $S=183,3 \text{ м}^2$  для предлагаемого ТП;

$\ddot{O}_{\text{СР.ЗД}}$  – среднегодовые расходы на содержание  $1 \text{ м}^2$  рабочей площади, руб./год.м,  $\ddot{O}_{\text{СР.ЗД}}=250$  руб./год м.

Затраты на содержание здания по базовому ТП:

$$C_i = \frac{185,5 \cdot 1 \cdot 250}{450} = 103 \text{ руб./изд.}$$

Затраты на содержание здания по предлагаемому ТП:

$$C_i = \frac{183,3 \cdot 1 \cdot 250}{450} = 101,83 \text{ руб./изд.}$$

#### 4.2 Расчет технико-экономической эффективности

Определим количество приведенных затрат по формуле:

$$Z_{\text{П}} = C + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{У}}, \quad (47)$$

где  $C$  – себестоимость единицы продукции, руб./ед.;

$E_{\text{Н}}$  – норма эффективности дополнительных капитальных затрат,  $E_{\text{Н}}=0,15$  (руб./ед.)/руб. [15];

$K$  – удельные капитальные вложения, руб./ед.год.

Расчет себестоимости и годового объема производства определяется по формуле:

$$C = (C_{\text{М}} + C_{\text{ВМ}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ЭС}} + C_{\text{АО}} + C_{\text{АП}} + C_{\text{Р}} + C_{\text{ЗД}}) \cdot N_{\text{Г}}, \quad (48)$$

где  $C_{\text{М}}$  – затраты на основной материал, руб.;

$C_{\text{ВМ}}$  – затраты на вспомогательные материалы, руб.;

$C_{ЗП}$  – затраты на заработную плату основных рабочих, руб.;

$C_{ЭС}$  – затраты на силовую электроэнергию, руб.;

$C_{АО}$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_{АП}$  – затраты на амортизацию приспособлений;

$C_P$  – затраты на ремонт оборудования, руб.;

$C_{ЗД}$  – затраты на содержание помещения, руб.

Капитальные вложения находим по формуле:

$$\hat{E} = \hat{E}_{\bar{N}i} + \hat{E}_{\bar{W}} + \hat{E}_{\bar{C}\bar{A}}, \quad (49)$$

Определим количество приведенных затрат по базовому ТП:

$$\hat{E} = 510114 + 1430500 + 209131,2 = 2149745,2 \text{ руб./изд. год.}$$

$$C = (43159,9 + 515,20 + 163,67 + 1303,2 + 132,8 + 23990,8 + 52465,79 + 103) \cdot 450 = 54825462 \text{ руб./изд. год.}$$

$$З_{\bar{П}}^1 = 54825462 + 0,15 \cdot 2149745,2 = 55147923,8 \text{ руб./изд.год.}$$

Определим количество приведенных затрат по предлагаемому ТП:

$$\hat{E} = 258835 + 1408500 + 206762,4 = 1874097,4 \text{ руб./изд. год.}$$

$$C = (43159,9 + 515,20 + 163,67 + 1279,4 + 129,7 + 12173,1 + 51612,19 + 101,83) \cdot 450 = 49110745,5 \text{ руб./изд. год.}$$

$$З_{\bar{П}}^2 = 49110745,5 + 0,15 \cdot 1874097,4 = 49391860,1 \text{ руб./изд. год.}$$

Рассчитаем величину экономического эффекта по формуле:

$$\mathcal{E} = З_{\bar{П}}^1 - З_{\bar{П}}^2, \quad (50)$$

$$\mathcal{E} = \frac{(З_{\bar{П}}^1 - З_{\bar{П}}^2)}{N_r}, \quad (51)$$

Величина экономического эффекта на единицу изделия составит:

$$\mathcal{E} = 55147923,8 - 49391860,1 = 5756063,7 \text{ руб./год.}$$

Величина экономического эффекта от выпуска годовой производственной программы:

$$\mathcal{E} = \frac{(55147923,8 - 49391860,1)}{450} = 12791,3 \text{ руб./изд.}$$

Результаты расчетов показали, что предлагаемый технологический процесс изготовления основания дает положительный экономический эффект.

#### 4.3 Основные технико-экономические показатели участка

1. Годовая производственная программа, 450 шт.
2. Средний коэффициент загрузки оборудования, 76 %.
3. Производственная площадь участка, 183,3 м<sup>2</sup>.
4. Количество оборудования, 3 шт.
5. Списочное количество рабочих, 4чел.
6. Явочное количество рабочих, 3чел.
7. Количество вспомогательных рабочих, 1 чел.
8. Количество ИТР, 1 чел.
9. Количество МОП, 1 чел.
10. Количество контролеров, 1 чел.
11. Разряд основных производственных рабочих, 4 чел.
12. Экономический эффект от внедрения нового технологического процесса, 12791,3 руб./изд.

## 5 Социальная ответственность

### 5.1 Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения

На участке производится сборка-сварка рамы поворотной крана КС-5371. Масса поворотной рамы составляет 1110,5 кг. При изготовлении поворотной рамы осуществляются следующие операции: сборка и сварка механизированная в среде углекислого газа и аргона, слесарные операции.

При изготовлении поворотной рамы на участке используется следующее оборудование:

- 1) промышленный полуавтомат Сварог MIG 5000 (J91) + ММА турель, 2 шт.;
- 2) приспособление сборочно-сварочное, 1 шт.;
- 3) манипулятор, 1 шт.;
- 4) плита сварочная, 2 шт.

Перемещение изделия производят краном мостовым грузоподъемностью 10 тонн.

В качестве материала этих деталей используют стали следующих марок 10ХСНД, Ст3пс. Сварка производится в смеси Ar 82 %)+CO<sub>2</sub>(18 %) сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм.

Проектируемый участок находится на последнем пролете цеха, поэтому освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стене здания, а также восьмью светильниками расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона.

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

осуществляется через две двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью  $S=183,3 \text{ м}^2$ .

На данном участке сборки-сварки рамы поворотной выявлены следующие вредные и опасные производственные факторы:

- повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;
- ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги;
- производственный шум;
- статическая нагрузка на руку;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- поражение электрическим током;
- термические ожоги;
- электромагнитное воздействие;
- движущиеся механизмы;
- пожаровзрывобезопасность.

## 5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

### 5.2.1 Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты оказывает негативное воздействие на рабочих, вызывая утомленность. Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом.

Тепловая радиация на рабочем месте может составлять  $0,5 \div 6$  кал/см<sup>2</sup>·мин.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. Рекомендуется использование светофильтров из темного стекла Э1-Э5, С1-С13.

### 5.2.2 Производственный шум

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- 1) полуавтоматы Сварог MIG 3500 (J72) + ММА турель;
- 2) вентиляция;
- 3) сварочная дуга;
- 4) слесарный инструмент: молоток ( $m=2$  кг) ГОСТ 2310-77, шабер, машинка ручная шлифовальная пневматическая ИП 2002 ГОСТ 12364-80, молоток рубильный МР-22.

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

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [14].

Мероприятия по борьбе с шумом:

1. Для снижения шума, создаваемого оборудованием, это оборудование следует помещать в звукоизолирующие ограждения, вентиляционное оборудование следует устанавливать на виброизолирующие основания, а вентиляторы в отдельные звукоизолирующие помещения.

2. Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противозумные наушники.

3. На данном участке используем виброизолирующие основания для защиты от шума вентиляционного оборудования, вентиляторы установлены в отдельные звукоизолирующие помещения.

### 5.2.3 Статическая нагрузка на руку рабочего

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести.

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

Проблема статической нагрузки на участке решается применением электрододержателей не большого веса, трудовым коллективным договором предусмотрены дополнительные перерывы в работе.

### 5.2.4 Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

При сварочных работах воздушная среда на участке загрязняется сварочными аэрозолями, в состав которых могут входить оксиды марганца, хрома, цинка и кремния, фтористые соединения, а также газы (оксиды углерода

и азота, озон). Эти вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм работающего [14].

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

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

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

Для защиты органов дыхания, необходимо использовать средства индивидуальной защиты, к которым относятся респираторы. На данном участке сборки и сварки применяют респиратор «Лепесток» ГОСТ 12.4.028-76, который защищает органы дыхания от пылевых аэрозолей. А также каждое рабочее место оборудуется вытяжной вентиляцией, которая производит отбор загрязненного воздуха из рабочей зоны. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть  $0,2 \div 0,5$  м/с.

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

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

Определим необходимый объём воздуха  $L$ , удаляемый от местных отсосов по формуле [14]:

$$L = 3600 \cdot F \cdot V, \quad (50)$$

где  $F$  – суммарная площадь рабочих проёмов и неплотностей, м<sup>2</sup>;

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

$$L = 3600 \cdot 0,04 \cdot 0,5 = 72 \text{ м}^3.$$

Из расчета видно, что объём воздуха удаляемый от местных отсосов составляет  $L=72 \text{ м}^3$ .

В результате проведенных расчетов выбираем вентилятор радиальный ВР 80-75 с двигателем типа АИР 80В2У3, мощностью 2,2 кВт.

### 5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

#### 5.3.1 Электрический ток

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

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

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

На проектируемом участке применяются искусственные заземляющие устройства, которые состоят из заземлителей и заземляющих проводников. Заземлители представляют собой стальные трубы диаметром от 50 до 70 мм с толщиной стенок от 3 до 5 мм либо стержни из угловой стали размером 50x50x5 мм, забиваемые в землю на глубину  $2 \div 2,5$  м с шагом, равным их длине, так, чтобы их верхние части были под поверхностью земли на глубине  $0,5 \div 0,8$  м. Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать 4 Ом [14].

### 5.3.2 Термические ожоги

Термические ожоги возникают вследствие непосредственного контакта с раскаленным металлом сварочной ванны, электрической дугой и пламенем газовой горелки.

Для предотвращения термических ожогов кожного покрова необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

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

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

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

### 5.3.3 Движущиеся механизмы

На проектируемом участке сборки и сварки основания находится кран мостовой, грузоподъемностью 10 тонн. Опасность представляет процесс кантовки основания. Во время кантовки необходимо, чтобы никто посторонний не находился в кабине. Стропальщик должен работать под непосредственным контролем сборщика.

Завозка в цех заготовок в цех производится автотранспортом, в связи с этим следует проявлять осторожность и не приближаться к движущейся машине.

Во время кантования необходимо соблюдать меры предосторожности и руководствоваться инструкциями ООТ и ПБ. Стропальщик должен работать

под непосредственным контролем сборщика и руководствоваться инструкцией для стропальщиков.

Ввоз в цех заготовок производится автомобильным транспортом. В этом случае следует проявлять осторожность и не приближаться к движущейся машине.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- 1) проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м;
- 2) свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м<sup>2</sup>;
- 3) при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- 4) правильная фиксация рамы на приспособлениях, а также контроль за правильностью строповки;
- 5) контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов [14].

#### 5.3.4 Пожаровзрывобезопасность

Пожаровзрывобезопасность производства определяется показателями пожаровзрывоопасности веществ и материалов и их агрегатным состоянием. К этим показателям относится группа горючести, температура вспышки, воспламенения и самовоспламенения, условия теплового самовозгорания. На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью  $S=136,4 \text{ м}^2$  [23].

Места, отведенные для сварочных работ, установки оборудования должны быть очищены от легковоспламеняющихся материалов в радиусе не более 5 м [22].

Противопожарная защита обеспечивается применением средств

пожаротушения и пожарной техники, автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения; воздействием строительных конструкций объектов с регламентированными пределами огнестойкости; использованием устройств, ограничивающих распространение пожара; организацией своевременной эвакуации людей [23].

Разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

1) пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением);

2) огнетушитель ОХП-10 (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей);

3) огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.);

4) ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

#### 5.4 Охрана окружающей среды

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого на участке сборки и сварки основания используют масляные фильтры. Пыль, проходя через лабиринт отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мере загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной плёнкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95÷98 %.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на

территории промышленного предприятия не должна превышать 30 % вредных веществ для рабочей зоны [14].

На проектируемом участке сборки и сварки рамы поворотной предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (обрезки сварочной проволоки, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются в металлургический цех, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается [14].

### 5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Сварочное производство соответствует категории Г (относится производства, связанные с обработкой негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени).

При соблюдении пожаро-взрывобезопасности места для проведения сварочных работ очищают от легковоспламеняющихся. Сварка не производится вблизи сосудов находящихся под избыточном давлением заполненных горючими и токсичными материалами.

Для защиты рабочего от вредных и опасных производственных факторов на участке применяются средства индивидуальной защиты и пожаротушения.

Разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

1) пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) – 2 шт.;

2) огнетушитель ОП-10 (для тушения начинающегося пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;

3) огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;

4) ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания);

5) щиты с указанием ответственного за техникой безопасности и пожаробезопасности.

## 5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правильная организация рабочего места сварщика способствует не только повышению производительности труда и качества сварки, но и обеспечению безопасных условий работы, снижению травматизма и несчастных случаев. Размещение оборудования и организация рабочих мест на проектируемом участке выполнена согласно требованиям приведенных в ГОСТ 12.2.061-81. Ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами, перемещаемыми деталями составляет 0,8 м. Зоны с опасными производственными факторами огорожены, и знаки безопасности выдержаны по ГОСТ 12.4.026-76

В зависимости от габаритов свариваемых изделий и характера производства рабочее место сварщика расположено в специальной кабине. Для лучшей вентиляции между полом к нижним обрезами стенки оставляют просвет 150÷200 мм. В качестве материала для стен кабины используется тонкое железо, Каркас кабины сделаны из металлических труб. Дверной проем кабины закрывают брезентовым занавесом, укрепленным на кольцах.

Для отделки стен кабины применяют желтый крон, который хорошо поглощает ультрафиолетовые лучи. Наружные стороны таких оградительных устройств окрашены в яркие цвета (лучше в виде «зебры»), чтобы они лучше просматривались. Чтобы предупредить посторонних лиц об опасности, на таких щитах надо делать крупными буквами надписи: «Осторожно, идет сварка»!

## Заключение

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

Для сборки-сварки рамы поворотной в целом применено стационарное сборочно-сварочное приспособление, которое позволило отказаться от использования технологических жесткостей, заменено сварочное оборудование на менее дорогостоящее.

В результате перечисленных нововведений время изготовления рамы поворотной сократилось на 14,4 мин.

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

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

Годовая производственная программа составляет – 450 изделий.

Площадь спроектированного участка – 183 м<sup>2</sup>.

Средний коэффициент загрузки оборудования – 76 %.

Экономический эффект от внедрения нового технологического процесса –12791,3 руб./изд.

## Список использованных источников

1. Кисаримов Р.А. Справочник сварщика. – М.: И П РадиоСофт, 2007. – 288с.
2. Марочник сталей и сплавов /М.М. Колосков, Е.Т Долбенко, Ю.В. Коширский и др.; под общей М28 ред. А.С Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. – 627с.: ИЛЛ.
3. Костин А.М. Сварочные материалы – «НУК», 2004. – 225с.
4. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. – 96с.
5. Томас К.И., Ильященко Д.П. Технология сварочного производства. Томск. «Томский политехнический университет» – 2011. – 247с.
6. Оботуров В.И. Дуговая сварка в защитных газах. М: Стройиздат, 1989. – 232с.
7. Крампит Н.Ю. Проектирование сварочных цехов: Методические указания. Ю.: Изд-во ИПЛ ЮТИ ТПУ. – 2005. – 40с.
8. Крампит Н.Ю. Нормативы времени на сварочные операции: Методические указания /Крампит Н.Ю. Ю.: Изд-во ЮФ ТПУ. – 2002. – 26с.
9. Режим доступа: <http://www.seveko.ru/catalog/02-mig-mag/invertornye-svarochnye-poluavtomaty-perenosnoi-mpp-/mig-357dt2-bars-.html>. Дата обращения: 01.06.2018г.
10. Маслов Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: Учеб. пос. для вузов. – М.: Академия, 2008. – 272с.
11. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500 «Оборудование и технология сварочного производства». – Томск: Изд. ЮФТПУ, 2000. – 24с.
12. Азаров Н.А. Конструирование и расчет сварочных приспособлений Томск, ТПУ, 2009. – 48с.

13. Аврутин Р.Д. Справочник по гидроприводам металлорежущих станков. . М.: Машиностроение, 1965. – 268с.
14. Куликов О. Н. Охрана труда при производстве сварочных работ. : Академия, 2006. – 176с.
15. О.Н. Жданова. Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 120500 «Оборудование и технология сварочного производства» -Юрга; ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2005. – 32с.