



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»

Отделение промышленных технологий

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА СБОРКИ-СВАРКИ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

УДК 621.757:621.792.92:625.11.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Новиков А. С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ОПТ	Ильященко Д. П.	К.т.н.		

Нормоконтроль

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ОЦТ	Лизунков В. Г.	К.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение промышленных технологий	Кузнецов М. А.	К.т.н.		

Юрга – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

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

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

Студент гр. 3-10А41

Новиков А. С.

Руководитель ВКР

Ильященко Д. П.

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 «Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. руководителя ОПТ

М.А. Кузнецов

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной проект

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Новикову Алексею Сергеевичу

Тема работы:

Разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки бесстыкового пути	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	13.01.2019 г. №9/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. ФЮРА.0МКЮ.2Ш.223.00.000 СБ Плеть бесстыкового пути 1 лист (А1). 2. ФЮРА.000001.223.00.000 СБ Устройство для горячей правки сварных соединений 1 лист (А1). 3. ФЮРА.000002.223 ЛП План участка 1 лист (А2х7). 4. ФЮРА.000003.223 ЛП Заземление 1 лист (А1). 5. ФЮРА.000004.223 ЛП Основные техничко-экономические показатели 1 лист (А1). 6. ФЮРА.000005.223 ЛП Карта организации труда 1 лист (А1). 7. Технологическая схема сборки и сварки изделия
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

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

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Ильященко Д. П.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А41	Новиков А. С.		

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 «Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

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

Форма представления работы:

Дипломной проект

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.05.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.01.2019	Обзор литературы	20
17.02.2019	Объекты и методы исследования	20
17.03.2019	Расчеты и аналитика	20
17.04.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
20.05.2019	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СП	Ильященко Д. П.	К.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

Юрга – 2019 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Новикову Алексею Сергеевичу

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

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

1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР) / научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ОЦТ	Лизунков В. Г.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Новиков А. С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Новикову Алексею Сергеевичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка сборки-сварки бесстыкового пути на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i>	Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой 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)	Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). 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.	Вредные выбросы в атмосферу.
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 её последствий	Перечень наиболее возможных ЧС на объекте.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Лист-плакат Система вентиляции участка

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Новиков А. С.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 151 с., 9 рисунков, 27 таблиц, 53 источника, 8 приложений, 7 л. графического материала.

Ключевые слова: сварка оплавлением, рельсы, режимы сварки, стыки, сварочное оборудование, производительность, план участка, разогрев, промышленная безопасность, себестоимость.

Актуальность работы: в данной выпускной квалификационной работе производится проектирование оснастки и участка сборки-сварки бесстыкового пути.

Объектом исследования является процесс изготовления сварной рельсовой плети бесстыкового пути.

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

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

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

Abstract

Final qualifying work 151 pp., 9 figures, 27 tables, 53 sources, 8 annexes, 7 l. graphic material.

Key words: flash welding, rails, welding modes, styki, welding equipment, productivity, site plan, heating, industrial safety, cost price.

The relevance of the work: in this final qualifying work, the design of the equipment and the assembly-welding section of the continuous path is made.

The object of the research is the process of manufacturing a welded rail scourge of a continuous joint. The goals and objectives of the study (work). As a result of this work should get production with the highest degree of mechanisation and automation improves productivity.

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

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

Оглавление

Введение	16
1 Обзор литературы	18
1.1 Современные методы сварки рельсов нового поколения	18
1.2 Статистическое управление процессом контактной стыковой сварки рельсов. Двухуровневая система управления	21
1.3 Технология и оборудование для стыковой сварки сопротивлением деталей большого сечения из разнородных сталей	22
1.4 Исследование токового режима сварочной машины K1000 при сварке рельсов	23
1.5 Контактная стыковая сварка высокопрочных рельсов современного производства	25
1.6 Заключение	29
2 Объект и методы исследования	30
2.1 Формулировка проектной задачи	30
2.2 Теоретический анализ	30
3 Результаты проведенного исследования	32
3.1 Инженерный расчёт	32
3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов	32
3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки	36
3.1.3 Расчёт режимов сварки	40
3.2 Технологический раздел	54
3.2.1 Технологический анализ выбранного производства	54
3.2.2 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции	56
3.2.3 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального	57
3.2.4 Нормирование операций	58
3.2.5 Выбор технологического оборудования	59

3.2.6 Контроль технологических операций	63
3.2.7 Разработка технической документации	65
3.3 Конструкторская часть	66
3.3.1 Принципиальная схема устройства правки сварного стыка	66
3.3.2 Описание и работа устройства правки сварного стыка	68
3.3.3 Расчет элементов устройства для правки сварного стыка	69
3.3.3.1 Выбор гидроцилиндра	72
3.4 Пространственное расположение производственного процесса	73
3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха	73
3.4.2 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха	74
3.4.3 Расчет основных элементов производства	75
3.4.3.1 Определение требуемого количества оборудования	75
3.4.3.2 Определение состава и численности работающих	78
3.4.4 Планировка заготовительных отделений	80
3.4.5 Планировка сборочно-сварочных отделений и участков	80
3.4.6 Степень и уровень механизации и автоматизации производственного процесса	82
3.4.7 Расчет и планировка административно-конторских и бытовых помещений	83
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	86
4.1 Финансирование проекта и маркетинг	86
4.2 Сравнительный экономический анализ вариантов	86
4.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления	88
4.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями	89
4.2.3 Определение затрат на основные материалы	90
4.2.4 Определение затрат на заработную плату производственных рабочих	91
4.2.5 Определение затрат на заработную плату вспомогательных рабочих	91
4.2.6 Заработная плата административно-управленческого персонала	93
4.2.7 Определение затрат на силовую электроэнергию	93

4.2.8 Определение затрат на сжатый воздух	94
4.2.9 Определение затрат на амортизацию оборудования	94
4.2.10 Определение затрат на амортизацию приспособлений	95
4.2.11 Определение затрат на ремонт оборудования	96
4.2.12 Определение затрат на содержание помещения	96
4.3 Расчет технико-экономической эффективности	97
4.4 Основные технико-экономические показатели участка	99
5 Социальная ответственность	100
5.1 Описание рабочего места	100
5.2. Законодательные и нормативные документы	101
5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	103
5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	107
5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	108
5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	111
5.5 Охрана окружающей среды	112
5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	113
5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	114
Заключение	115
Список использованных источников	116
Приложение А (Спецификация Плеть бесстыкового пути)	117
Приложение Б (Спецификация Устройство для горячей правки сварных соединений)	118
Приложение В (Технологический процесс)	120
Приложение Г (Сменный рапорт)	147
Приложение Д (Заявка №2 от 29.12.18 на РСВ №24)	148
Приложение Е (Голова спецсостава)	149
Приложение Ж (Расчет рельсовой плети)	150
Приложение З (Сертификат №075)	151

Диск CD-R	В конверте на обложке
Графический раздел	На отдельных листах
ФЮРА.ПБП.800.223.00.000 СБ Плеть бесстыкового пути. Сборочный чертеж	Формат А1
ФЮРА.000001.223.00.000 СБ Устройство для горячей правки сварных соединений	Формат А1
ФЮРА.000002.223 ЛП План участка	Формат А2х7
ФЮРА.000003.223 ЛП Заземление	Формат А1
ФЮРА.000004.223 ЛП Основные технико-экономические показатели	Формат А1
ФЮРА.000005.223 ЛП Карта организации труда на производственном участке. Лист плакат	Формат А1
Технологическая схема сборки и сварки изделия	Формат А1

Введение

В наше время технический прогресс происходящий в промышленности тесно связан с совершенствованием сварочного производства. Сварка – это высокопроизводительный процесс, характеризующийся изготовлением неразъёмных соединений, он находит широкое применение для изготовления металлургического, химического и энергетического оборудования, разных видов трубопроводов, а так же в машиностроении, в производстве строительных и других конструкций.

Сварка – является таким же необходимым технологическим процессом, как и обработка металлов, литьё,ковка и штамповка. Огромные технологические возможности сварки обеспечивают её широкое применение для изготовления и ремонта судов, автомобилей, самолётов, турбин, котлов, реакторов, мостов и иных конструкций. Её применение влияет на совершенствование машиностроения и развитие ракетостроения, атомной энергетики и радиоэлектроники.

Сварка рельсовых стыков весьма востребована на сегодняшний день. Как известно, когда подвижной состав проходит сборные стыки, они начинают с высокой скоростью расстраиваться. При этом исчезает плавный ход, из-за чего разрушается верхнее покрытие железнодорожного пути. А данный вариант поможет исправить ситуацию.

В техническом комплексе путевого хозяйства бесстыковой путь представляет собой сложнапряжённую дорогостоящую конструкцию, на содержание и эксплуатацию которой затрачиваются большие экономические, технические и человеческие ресурсы. Повышение эффективности эксплуатации бесстыкового пути является одним из важных фактов, лежащих в основе нормального функционирования сети железных дорог Российской Федерации.

Стыковая контактная сварка имеет немало плюсов, но так же и минусы. На рельсосварочных предприятиях данный тип сварки охарактеризовал себя, как недорогой и надёжный способ соединения рельсов. Благодаря ему

возможно изготавливать плети длиной от 650 до 800 метров. Но при выполнении ремонтных работ на стыковую сварку необходимо большое количество времени, что влияет на пропускную способность ремонтируемого участка, а дефицит времени может привести к нарушению технологии. Для этого способа сварки рельсосварочные машины имеют высокую стоимость, а так же требуется многочисленный обслуживающий персонал.

Общий срок службы бесстыкового пути непосредственно зависит от долговечности элементов его конструкций, наиболее ответственными из которых являются рельсы и их сварные стыки. К качеству рельсовой стали предъявляются высокие требования особенно в условиях неукоснительного роста грузонапряженности железных дорог, скорости движения и нагрузок на ось. К сварным стыкам рельсов предъявляются не менее жесткие требования.

В данной выпускной квалификационной работе выполняется разработка участка сборки и сварки стыка рельс. В результате проведения данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации и автоматизации, повышающей производительность труда, качество сварного изделия, улучшение условий труда.

При существующих условиях сварочного производства главное значение имеет увеличение производительности труда и уменьшение себестоимости изделия. Это позволяет качественно лучше использовать рабочую силу участвующую в процессе производства и повысить конкурентоспособность изделия, что представляет основную задачу при существующей экономической политике России.

1 Обзор литературы

1.1 Современные методы сварки рельсов нового поколения

Железные дороги в Российской Федерации и их состояние во многом определяют развитие экономики страны. Протяженность Российских железных дорог и интенсивность грузопотоков выдвигают новые требования к верхнему строению пути, в частности к основному элементу – рельсам. В настоящее время как на железных дорогах России, так и за рубежом происходит отказ от звеньевой конструкции пути. Одним из основных недостатков звеньевой конструкции пути является наличие стыка. Развитие технологий, позволяющих обеспечить возможность получения бесстыкового железнодорожного пути, является актуальным направлением в настоящее время [1-6]. Следует принимать во внимание, что эксплуатация железнодорожного пути в стране происходит в сложных климатических и эксплуатационных условиях (в РФ используются пути совмещенного типа, а не как в Европейских странах – отдельно для промышленного и пассажирского потока).

К достоинствам бесстыкового пути можно отнести [7,8]:

- уменьшение на 30 – 40 % затрат на текущее содержание пути и повышение безопасности движения поездов, надежность конструкции;
- снижение на 8 – 10 % основного удельного сопротивления движению поездов и, в связи с этим, экономия топлива и электроэнергии на тягу, что весьма существенно в условиях непрерывного роста цен на энергоносители;
- увеличение сроков службы верхнего строения пути за счет меньшей, чем в звеньевом пути повреждаемости рельсов (трещины в кромках болтовых отверстий, выколы головки, смятие и седловины); так, отказы бесстыковых плетей по дефектам (контактно-усталостными в стыках) возникают в 1,8 – 2,0 раза реже, чем рельсов звеньевой конструкции, а без учета уравнильных пролетов – в 3 – 4 раза;

- снижение объемов работ (до 25 – 30 %) по выправке пути, связанных с просадками в стыках, особенно работ по ликвидации выплесков, которые с увеличением осевых нагрузок становятся большой проблемой;
- снижение интенсивности бокового износа наружной рельсовой нити в кривых и, соответственно, повреждений рельсов по этой причине в 1,5 – 1,6 раз;
- сокращение потребности в очистке щебеночного балласта на угольно-рудных маршрутах в 1,5 – 2,0 раза;
- сокращение расходов металла на стыковые скрепления (до 4,5 т-км);
- уменьшение расходов на ремонт ходовых частей вагонов и локомотивов;
- повышение комфортабельности проезда пассажиров;
- повышение надежности работы электрических рельсовых цепей автоблокировки.

Зоны сварных стыков являются слабыми участками рельсового пути для всех случаев движения (скоростного, высокоскоростного и тяжеловесного). Изъятия по дефектам сварного стыка от общего числа изъятых рельсов достигают 30 %, при этом суммарная протяженность зоны стыка составляет не более 2 % от длины рельсовой плети. Причины этого заключаются в изменении однородности микроструктуры в зонах сварного шва и термического влияния; создании неблагоприятной эпюры внутренних остаточных напряжений; создании при сварке условий для образования внутренних дефектов, являющихся концентраторами напряжений и ослабляющих участок рельса со сварным швом; короблении рельса в зоне сварного шва с последующим образованием «седловин» при эксплуатации.

Создание рельсов с ресурсом 1500 – 2000 млн. т. возможно только при комплексной оптимизации металлургического качества, структуры металлической матрицы, эпюры остаточных напряжений и прямолинейности [9,10]. Высокое металлургическое качество рельсов связано прежде всего с

отсутствием в них скоплений и отдельных крупных хрупкоразрушенных оксидных неметаллических включений, что обеспечивается низким (менее 0,004 %) содержанием в стали алюминия и кислорода (менее 20 ppm общего и менее 10 ppm связанного в высокоглиноземистые оксидные включения).

Основными недостатками, снижающими ресурс всех этих рельсов в эксплуатации, остаются:

- наличие остаточных напряжений в головке рельсов, которые наводятся там последней технологической операцией в потоке производства – холодной правкой на роликотправильных машинах;
- создание мягких участков с пониженным сопротивлением износу и смятию в зонах термического влияния после сварки и последующей локальной индукционной термической обработки сварных швов, что приводит к возникновению в этих местах неровностей и повышенного динамического воздействия колес подвижного состава;
- заметное снижение ударной вязкости, трещиностойкости и критического размера усталостных трещин при закалке с прокатного нагрева по сравнению с закалкой с отдельного перекристаллизационного нагрева.

Все эти недостатки можно преодолеть путем разработки и освоения производства сварных рельсовых плетей длиной 800 м, сваренных из цельнокатаных рельсов длиной 100 м с последующей термической обработкой путем непрерывно-последовательного индукционного нагрева всего сечения рельса и последующего дифференцированного охлаждения, направленного на получение в головке рельса структуры сорбита и троостосорбита, максимально возможно однородной как для цельнокатаного рельса, так и для сварного стыка при отсутствии зон термического влияния. Полученные рельсовые плети с термической обработкой должны обеспечивать при условии проведения периодической профилактической шлифовки или фрезеровки межремонтный эксплуатационный ресурс не менее 1500–2000 млн. т брутто.

Правильно подобранный режим дифференцированно термически упрочненной рельсовой плети позволит минимизировать процесс правки после

термической обработки и сохранить внутренние остаточные сжимающие напряжения. Известно, что рельсы, термически упрочненные по технологии непрерывно-последовательного сквозного индукционного нагрева и последующего дифференцированного охлаждения сжатым воздухом со стороны головки и подошвы на предприятиях «СИСКо» (Канада) (в настоящее время завод закрыт) и «Сожерай» («Тата Стил», Франция), имели остаточные сжимающие напряжения в головке 100 – 200 МПа, а в подошве 100 – 150 МПа [11]. Рельсы, термически упрочняемые с прокатного нагрева дифференцированной закалкой или с отдельного нагрева объемной закалкой в масле, в результате проведения холодной правки на роlikоправильных машинах имеют растягивающие напряжения в головке и подошве до 250 – 300 МПа [12].

1.2 Статистическое управление процессом контактной стыковой сварки рельсов. Двухуровневая система управления

Современные системы контроля и управления процессом контактной стыковой сварки рельсов, установленные на всех сварочных машинах конструкции ИЭС им. е. о. Патона НАНУ нового поколения, позволяют измерить и рассчитать основные параметры процесса, по которым с определенной степенью достоверности можно судить о качестве сварного стыка. Эти данные в виде протокола сварки стыка фактически являются его паспортом. Полученные протоколы хранятся в течение всего времени эксплуатации сварных соединений в железнодорожном пути и образуют значительные массивы информации, которые, кроме свидетельства о приемке изделия для эксплуатации, можно использовать для выявления возмущений, которые влияют на процесс сварки, но не поддаются методам прямого измерения. Подобные способы обработки информации, Т. Н. Data Mining — добыча данных, интеллектуальный анализ данных, глубинный анализ данных, применяются для обнаружения в данных ранее неизвестных, нетривиальных,

практически полезных и доступных интерпретаций знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности.

Использование известных методов статистической обработки информации по стыкам, собранным за определенные отрезки времени на одних и тех же машинах, совокупности машин одного рельсосварочного предприятия (РСП) или отрасли в целом, помогают оптимизировать условия эксплуатации сварочных машин и управление производством сварных рельсов в целом.

С этой целью в ИЭС была разработана двухуровневая система. на нижнем уровне в системе прямого цифрового управления используется традиционный контроль качества сварных соединений для «мгновенной» реакции в режиме реального времени на возникновение брака для предупреждения его дальнейшего распространения.

Далее информация о сварных стыках передается от сварочных машин рельсосварочных предприятий отрасли на верхний уровень — диагностический центр. В диагностическом центре осуществляется статистическая обработка протоколов сварки рельсов для выявления возмущений, которые сложно проконтролировать прямыми измерениями. Например, неудовлетворительное выполнение вспомогательных операций по подготовке рельсов перед сваркой, отклонение физико-химических свойств металла рельсов, неудовлетворительное соблюдение технологических операций обслуживающим персоналом, неудовлетворительные условия производства [13].

1.3 Технология и оборудование для стыковой сварки сопротивлением деталей большого сечения из разнородных сталей

На основе результатов исследований разработана технология КСС сопротивлением штоков гидроцилиндров из сталей 45 и 17ГС диаметром от 16 до 60 мм. Технология реализована на спроектированной и изготовленной в институте электросварки им. Е. О. Патона специализированной сварочной машине K1040. Машина обеспечивает усилие сварки от 600 до 7200 кг,

сварочный ток от 15 до 65 кА при сварке штоков различных типоразмеров и времени сварки от 0,8 до 3,5 с.

Впервые для сварочных машин такой мощности применен трехфазный преобразователь частоты, который обеспечивает равномерную загрузку фаз. КСС сопротивлением с послесварочной термообработкой в зажимах машины обеспечивает прочность сварного соединения штока и проушины гидроцилиндра — на уровне прочности основного металла штока. Разработаны режимы сварки для 96 вариантов соединений штоков и проушин. В результате экспериментов были оптимизированы параметры предварительной подготовки кромок для различных типоразмеров штока и проушины. При разработанной технологии КСС сопротивлением штоков в диапазоне диаметров 16...60 мм обеспечивается качественное формирование соединений без выплесков, с высокими механическими свойствами и высокая точность геометрии сварного изделия — допуск по длине и диаметру не превышает 0,5 мм. Гидроцилиндры со штоками, сваренными по разработанной технологии КСС сопротивлением, успешно прошли сертификационные испытания и поставляются в страны ЕС, восточной Европы и Иран [14].

1.4 Исследование токового режима сварочной машины K1000 при сварке рельсов

Электроконтактный способ (ЭС) сварки рельсов наряду с алюмотермитным и другими является наиболее распространенным в РФ. Данный способ позволяет получить наиболее качественное сварное соединение при строительстве и ремонте бесстыковых путей. Технология и оборудование для ЭС постоянно совершенствуется, при этом создаются новые принципы управления процессами на различных этапах.

Существующие методы управления оплавлением при контактной стыковой сварке осуществляются корректировкой задаваемой скорости оплавления в зависимости от текущего значения тока. Это осуществляется изменением установок начала коррекций скорости (ток коррекции $I_{кор}$), тока

остановки $I_{ост}$, останавливающего подачу, и тока реверса $I_{рев}$, дающего команду на реверс. Для этого программируемые значения скорости и тока оплавления, реализующие обратную связь $I_{кор}$, $I_{ост}$, $I_{рев}$, подбирают таким образом, чтобы фактическое среднее значение тока на осциллограмме было в 2 раза меньше тока короткого замыкания, что соответствует максимуму электрической мощности, развиваемой в контакте между оплавляемыми торцами заготовок.

Недопустимые отклонения тока форме скачкообразных изменений его величины исключаются благодаря быстродействующей обратной связи, которая также стабилизирует текущее значение сварочного тока.

Корректор скорости оплавления с обратной связью по сварочному току, работает по принципу, показанному на рисунке 1. В точке пересечения кривых мощность, развиваемая машиной (кривая 2), и мощность, необходимая для оплавления деталей (кривая 1), одинаковы, что обеспечивает устойчивое протекание оплавления. При случайном увеличении тока от установившегося значения $I_{уст}$ мощность, развиваемая машиной, оказывается больше мощности, необходимой для оплавления. Избыточная мощность способствует ускорению нагрева и разрушению элементарных контактов и как следствие, увеличению сопротивления искрового промежутка, что сопровождается уменьшением тока до значения $I_{уст}$. При токе, меньшем $I_{уст}$, мощность, развиваемая машиной, оказывается меньше мощности, необходимой для оплавления. Сопротивление искрового промежутка уменьшается, что приводит к восстановлению установившегося значения тока [15]. Если зависимость, отраженную кривой 1 на рисунке 1.1, использовать, чтобы задавать изменение скорости подачи деталей в функции тока, то такой корректор скорости обеспечит устойчивое оплавление по току [16].

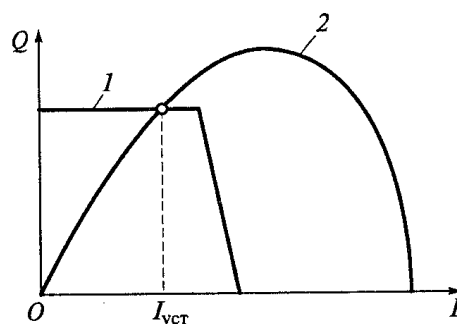


Рисунок 1.1 Зависимость мощности, необходимой для оплавления деталей, и мощности развиваемой машиной от тока: 1 – мощность, необходимая для оплавления; 2 – мощность, развиваемая машиной; $I_{уст}$ – установившееся значение тока [16]

1.5 Контактная стыковая сварка высокопрочных рельсов современного производства

Все больше на железных дорогах Украины используется укладка высокопрочных рельсов нового поколения с их сваркой в бесстыковые пути. Преимущественно применяются высокопрочные рельсы Р65 из стали марки К76Ф производства комбината ПАО «МК «Азовсталь», а также высокопрочные рельсы Р65 из стали марки 76Ф производства РФ. В ИЭС проведены всесторонние исследования свариваемости этих рельсов контактным способом с целью разработки промышленных технологий их сварки. При этом исследовали также свариваемость современных высокопрочных рельсов R350НТ, выпускаемых известными фирмами «Voestalpine Schienen GmbH» (Австрия), и рельсы ВС-350Я 350ЛДТ «Nippon Steel» (Япония). В таблице 1.1 приведен химический состав и механические свойства перечисленных сталей. Таблица 1.1 - Химический состав стали рельсов различных производителей и марок

Марка стали (страна)	Химический состав, мас. %				
	С	Мл	Si	V	Ti
К76Ф (Украина)	-	0,80...1,30	0,25-0,45	0,03...0,07	-

76Ф (РФ)	-	0,75...1,05	0,25-0,45	0,03...0,15	-
ВС-350Я 350ЛДГ (Япония)	0,72...0,82	0,7...1,2	0,35...1,0	0,01	0,025
R350НТ (Австрия)	0,72...0,82	0,15..0,60	0,65...0,75	0,03	-

Продолжение таблицы 1.1

Марка стали (страна)	Химический состав, мас. %				Механические свойства		
	Cr	P	Al	S	Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Твердость НВ
К76Ф (Украина)	-	0,035	0,015	0,045	1196	800	341... 388
76Ф (РФ)	-	0,025	0,02	0,03	1280	870	370..409
ВС-350Я 350ЛДТ (Япония)	0,3...0,7	0,025	0,005	0,02	1240	860	362..400
R350НТ (Австрия)	0,15	0,025	0,004	0,03	1175	840	350..390

При изготовлении всех исследуемых рельсов используются современные технологии конвертерного производства с непрерывной разливкой стали и непрерывной прокаткой.

В рельсах из стали К76Ф используется дифференцированная, а из стали 76Ф объемная закалка. Твердость закаленного по поверхности головки рельса из стали К76Ф слоя составляет НВ 374...401 (рисунок 1.2), глубина закаленного слоя различная и составляет от 7 до 15 мм. Твердость базового материала находится в пределах НВ 250...300. Микроструктура всех приведенных в таблице 1.1 рельсовых сталей сорбитная, выделения свободного феррита практически отсутствуют (рисунок 1.3). Характерной особенностью заэвтектоидной рельсовой стали ВС-350Я является наличие вдоль границ первичных аустенитных зерен, выделений карбида железа. Необходимо отметить, что рельсы производства R350НТ отличаются крупным первичным аустенитным зерном — оценочно балл зерна 3...4. Несколько ниже размер аустенитных зерен рельсов К76Ф. структура стали для рельсов ВС-350Я и 76Ф более мелкозернистая — балл их аустенитного зерна составил 5...6.

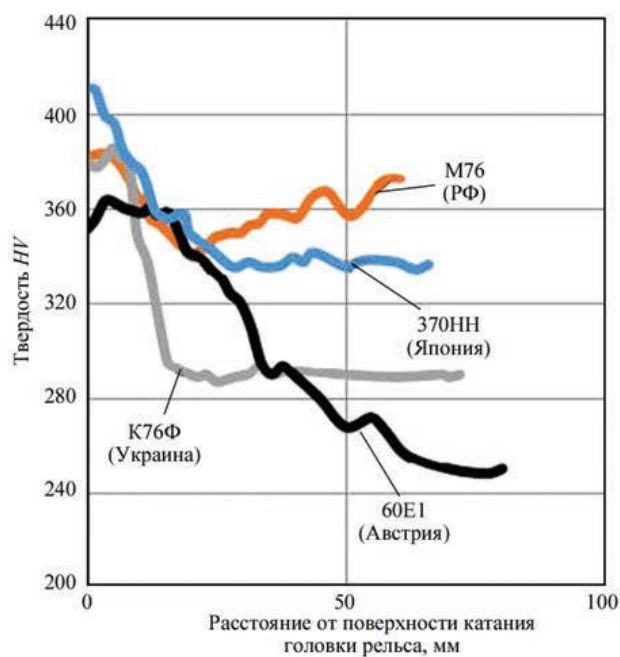


Рисунок 1.2 распределение твердости в основном металле рельсов в вертикальной плоскости [17]

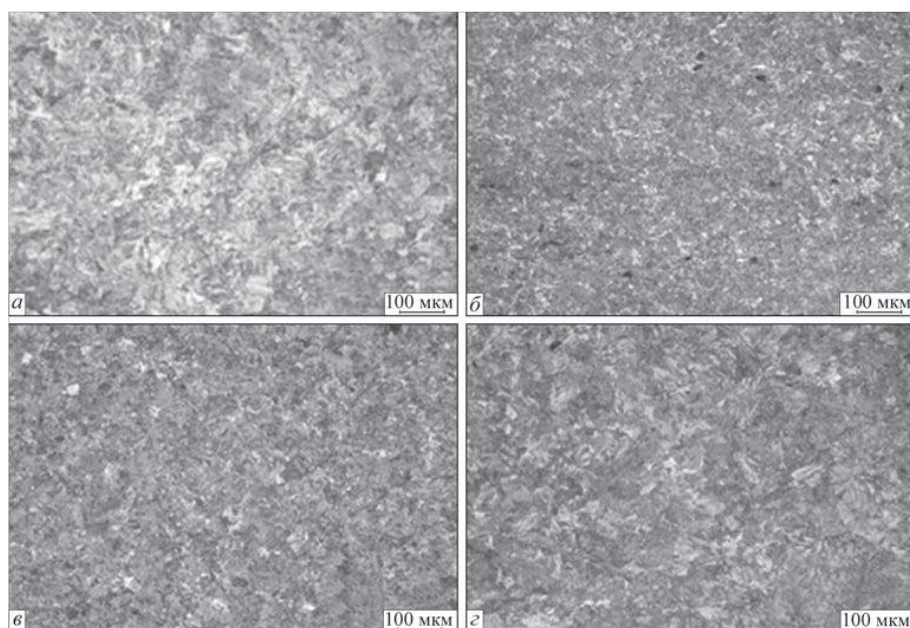


Рисунок 1.3 Микроструктура основного металла рельсовой стали: а — К76Ф (ПАО «МК «Азовсталь», Украина); б — 76Ф («Евраз» НТМК, ЗСМК, РФ); в — ВС-350Я 350 ЛДТ («Nippon Steel», Япония); г — R350НТ («Voestalpine Schienen GmbH», Австрия) [17]

Режимы сварки при непрерывном оплавлении (НО) определяются программами изменения основных параметров, приведенных для рельсов Р65 в работе. В качестве основного параметра, определяющего энергозатраты,

принята длительность оплавления, которая для рельсов Р65 составляет 180 с. Сварку контрольных партий рельсов в количестве 10 шт. выполняли на стационарной машине К1000, а также на мобильной машине К922 (обе машины конструкции ИЭС им. Е. О. Патона, изготовлены на заводе пат «КЗЭСО»). Сваренные образцы рельсов длиной 1,22 м после удаления грата испытывали на статический механический изгиб по стандартной методике, принятой в мировой практике. Металлографические исследования сварных соединений проводили на световом микроскопе «Неофот 32», а фрактографические исследования и микрорентгеноспектральный анализ поверхности излома — на Оже-микронде JAMP 9500F фирмы «JEOL» (Япония). Предварительно были сварены партии рельсов из стали 76Ф (РФ) с использованием технологии сварки НО. Такая технология успешно применяется на железных дорогах Украины, стран СНГ и других стран, где используется рельсосварочное оборудование, разработанное в ИЭС. При этом обеспечиваются требуемые показатели механических свойств сварных стыков неупрочненных рельсов [17].

1.6 Заключение

Создание бесстыкового пути дает серьезную экономическую выгоду, для этого все чаще при укладке железнодорожного полотна используются высокопрочные рельсы нового поколения, и они свариваются в бесстыковые пути. В этом случае применяются высокопрочные рельсы Р65 из стали марки К76Ф. Используются современные системы контроля и управления процессом контактной стыковой сварки рельсов. В Российской Федерации ежегодно сваривается около миллиона стыков. Общий срок службы бесстыкового пути непосредственно зависит от долговечности элементов его конструкций, наиболее ответственными из которых являются рельсы и их сварные стыки. Современные исследования позволяют управлять оплавлением при выполнении контактной стыковой сварки.

2 Объект и методы исследования

2.1 Формулировка проектной задачи

Целью выпускной квалификационной работы является сопоставление достигнутого выпускниками уровня гуманитарной, социально-экономической, естественнонаучной, общепрофессиональной и специальной подготовки с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования по направлению 15.03.01, профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

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

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

2.2 Теоретический анализ

В результате теоретического анализа существующего технологического процесса сборки и сварки бесстыкового пути были выявлены существующие

недостатки. Для устранения этих недостатков предлагается произвести изменения в технологическом процессе.

Оборудование Рельсосварочного поезда (РСП) – 29, а именно прессовый станок для правки сварного стыка, выправляет рельс только в одном направлении, в горизонтальном. После сварки стык рельс может быть выгнут не только в горизонтальном, но и в вертикальном направлении и это послужит ещё одной из основных причин выбраковки, что приводит к вырезке сварного стыка. Поэтому необходимо внедрить правку сварного стыка как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

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

3 Результаты проведенного исследования

3.1 Инженерный расчёт

3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов

Изготавливаемое изделие – плетъ бесстыкового рельсового пути. В качестве материала рельс используют сталь марки К76ХФ (сталь К76ХФ не предназначена для изготовления сварных конструкций) [18]. Выбор этой стали обусловлен необходимостью в сочетании надежности конструкции и небольшой себестоимостью [18].

Химический состав и механические свойства стали К76ХФ приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 - Химический состав стали К76ХФ в % [19]

Сталь	C	Mn	Si	V	Cr	P	S	Al
К76ХФ	0,71- 0,82	0,75- 1,25	0,30- 1,10	0,03-0,15	0,20-0,80	<0,002	<0,002	<0,004

Таблица 3.2 – Механические свойства стали К76ХФ [19]

Предел прочности σ_b , Н/мм ²	Предел текучести σ_t , Н/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , %	Относительное сужение ψ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
1180	800	9,0	25,0	15

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

Выбранный способ сварки должен удовлетворять требованиям, установленным исходными данными. Если в результате выбора предполагается несколько способов, то окончательный выбор производится по результатам экономической эффективности. Сталь К76ХФ не предназначена для

изготовления сварных конструкций. Но для сварки рельс, изготовленных из этой стали разработаны следующие методы сварки: электрический контактный, газопрессовый, термитный и дуговой. Эти способы значительно различаются по технико-экономическим данным (таблицы 1.3 и 1.4) [18]. Важнейшими показателями являются: механические свойства и постоянство качества получаемых стыков, эксплуатационная стойкость и стоимость сварки рельсов, производительность и трудоемкость процесса, автоматизация, механизация и компьютеризация работ.

Сварка рельсов может выполняться путем разогрева и сжатия соединяемых частей или с оставлением зазора и последующим заполнением его присадочным металлом. В контактном и газопрессовом способах неотъемлемой частью процесса является осадка (сближение) свариваемых рельсов. Дуговая ванная и термитная сварка промежуточным литьем производятся с использованием присадочных материалов (электроды, термитная смесь), при этом не требуется сближение соединяемых частей. Прочность и надежность рельсов, сваренных контактным и газопрессовым способами, определяются прежде всего правильным выбором и строгим соблюдением технологии сварки и обработки стыков. При дуговой и термитной сварке качество стыков и долговечность рельсов, кроме того, зависят от свойств электродов и термитной смеси [18].

Выбираем контактную стыковую сварку оплавлением, т. к. существует ряд преимуществ этого способа. Сварка оплавлением имеет преимущества перед сваркой сопротивлением: торцы заготовок перед сваркой не требуют тщательной подготовки, можно сваривать заготовки с сечением сложной формы и большой площадью, а также разнородные металлы. Стыковую сварку оплавлением применяют для соединения заготовок сечением до 100 000 мм². Типичными изделиями являются элементы трубчатых конструкций, колеса, кольца, рельсы, железобетонная арматура, листы, трубы [20].

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

физической сущности процессов сварки и отношения к ним металлов. Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: процесс теплового воздействия на металл в околошовных зонах, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металлов в зоне сплавления. Следовательно, под свариваемостью необходимо понимать отношение металлов к этим основным процессам. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точки зрения [21].

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

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

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

- резкое отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химического состава, структуры и свойств основного металла;
- изменение структуры и свойств основного металла в зоне термического влияния;
- возникновение в сварных конструкциях значительных напряжений, способствующих в ряде случаев образованию трещин;
- образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых

окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;

- образование пористости и газовых раковин в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения и другое.

При различных способах сварки наблюдается заметное окисление компонентов сплавов. В стали, например, выгорает углерод, кремний, марганец, окисляется железо. В связи с этим в определение технологической свариваемости должно входить:

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

- оценка структуры и механических свойств околошовной зоны;

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

- оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности сварного соединения.

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

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

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

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

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [22]:

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

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

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

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали К76ХФ:

$$C_{\text{экв}} = 0,71 + (0,75/6) + (0,3/24) + (0,2/5) + (0,03/14) = 0,887 \text{ \%}.$$

Сталь К76ХФ не предназначена для изготовления сварных конструкций [23].

3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки

По своей природе сварка является металлургическим процессом. Металлургия сварки характеризуется теми физико-химическими процессами, которые протекают в сварочной зоне. Они определяются взаимодействием расплавленного металла со сварочными флюсами, шлаками и газами, а также охлаждением и кристаллизацией металла шва и превращениями основного металла в зоне термического влияния. Эти процессы протекают на всех стадиях

дуговой сварки: в период плавления электрода, перехода капли жидкого металла через дуговой промежуток и в самой сварочной ванне. Однако в отличие от общей металлургии, характерной для сталеплавильных агрегатов, условия протекания металлургических процессов при сварке отличаются рядом особенностей, влияющих как на ход их развития, так и на получаемые результаты. Такими особенностями являются [24]:

- малый объем сварочной ванны и в то же время достаточно большие относительные количества реагирующих фаз в ней.
- высокие температуры в различных областях сварочной зоны и большой перегрев расплава в ванне.
- движение жидкого металла, интенсивное перемешивание расплавленных продуктов и их непрерывное обновление и обмен в сварочной ванне.
- высокие скорости охлаждения и кристаллизации наплавленного металла.

В процессе сварки нагретый металл контактирует с атмосферными газами, имеет место испарение легирующих элементов, летали длительное время находятся под воздействием высоких температур, происходит пластическая деформация и концентрация растягивающих напряжений на периферии соединения. В результате могут произойти:

- образование на поверхности торцов трудно удаляемых твердых оксидов (например, при сварке алюминиевых сплавов — Al_2O_3 и др.);
- ухудшение механических свойств при контактных слоях металла в связи с растворением O_2 , N_2 (например, при сварке титановых сплавов и др.), а также с испарением, например, цинка из латуни и др.;
- неблагоприятные изменения свойств металла в зоне термического влияния, характер которых зависит от состава и предшествующей термомеханической обработки металла. Так, например, часто наблюдается рост зерна, в зоне частичного плавления образованиясадочных рыхлот и расслоение волокон (вероятность образования которых возрастает с увеличением

температурного интервала кристаллизации сплава и наличия строчечной структуры), разупрочнение при растворении упрочняющих фаз (например, при сварке алюминиевых сплавов, упрочняемых термообработкой), а также приагартровке (например, незакаливающихся сплавов), повышение твердости при перекристаллизации и закалке;

- образование растягивающих напряжений, способствующих развитию продольных горячих трещин.

Однако существующие технологические приемы при сварке данного конкретного изделия позволяют в той или иной мере исключить неблагоприятное влияние рассмотренных особенностей процесса «варки и при правильно выбранном режиме получить качественное соединение. Так, например, за счет осадки частично (при сварке сопротивлением) и полностью (при сварке оплавлением) устраняют дефекты, связанные с взаимодействием нагретого металла с атмосферой. Выбором надлежащей программы нагрева и осадки, а также проведением послесварочной термообработки добиваются минимальных неблагоприятных изменений структуры и свойств сварного соединения [25].

Низкоуглеродистая сталь хорошо сваривается стыковой сваркой, и сварные соединения по прочностным показателям близки к исходному металлу.

При сварке среднеуглеродистых и низкоуглеродистых сталей в зоне сварки снижается пластичность металла в результате появления закалочных структур. Некоторые стали этой группы склонны к образованию рыхлостей в околошовной зоне вследствие частичного расплавления. При необходимости пластичность улучшают подогревом, регулируемым охлаждением или последующей термической обработкой. Давление осадки по сравнению с низкоуглеродистыми сталями увеличивают до 50 %.

При сварке высокоуглеродистых сталей интенсивное выделение оксида углерода улучшает защиту оплавленных торцов от окисления и скорости оплавления и осадки могут быть умеренными. Пластичность соединения еще больше снижается, поэтому необходимо применять сварку с подогревом и

после сварки отпуск. В околошовной зоне могут появиться усадочные рыхлоты из-за частичного расплавления стали. Для их предотвращения необходимо использовать более жесткие режимы сварки, уменьшая глубину прогрева, и повышать давление осадки до 120 МПа. При сварке углеродистых сталей в стыке образуется ферритная полоска. В этом месте снижается твердость в основном вследствие выгорания углерода и ликвации элементов. Для повышения твердости в этом месте увеличивают ток.

Аустенитные стали хорошо свариваются при условии интенсивного оплавления ($v_{опл} > 5-6$ мм/с) перед осадкой и большой скорости осадки (> 50 мм/с), что предотвращает образование тугоплавких оксидов хрома, удаление которых при осадке затруднено. Такие стали лучше сохраняют прочность при нагреве, поэтому давление осадки должно быть в 2—3 раза выше, чем при сварке низкоуглеродистой стали. Различные марки чугунов обычно неплохо свариваются при умеренных скоростях оплавления и осадки, что достигается высоким содержанием углерода, обеспечивающего хорошую защиту зоны сварки. Чугун сваривают с подогревом и последующей термической обработкой [26].

Пластическая деформация металла.

Основная роль пластической деформации заключается в удалении оксидов для образования металлических связей в стыке (второй этап цикла сварки) и электрических контактов (преимущественно в течение первого этапа нагрева). Деформация вызывается действием усилия сжатия, создаваемого приводом сварочной машины. Для образования начального электрического контакта достаточно небольшое давление (5—10 МПа при сварке сопротивлением $\sim 0,001$ МПа при сварке оплавлением), при котором обычно происходит лишь микропластическая деформация рельефа поверхности торцов. При малом давлении контактное сопротивление велико, и его роль в тепловыделении возрастает. Для удаления оксидов и образования связей требуется относительно большая объемная пластическая деформация деталей, которая вызывает интенсивное вытеснение преимущественно при контактных

нагретых слоев металла и оксидов из зоны сварки. Удаление оксидов при сварке оплавлением затрудняется при образовании глубоких кратеров. В этом случае степень объемной деформации и усилие осадки приходится увеличивать.

Удаление поверхностных пленок.

На процесс образования соединения при стыковой сварке решающее влияние оказывают оксидные пленки на торцевой поверхности деталей. Они затрудняют межатомное взаимодействие и препятствуют формированию прочных металлических связей. Оксидные пленки должны быть удалены из зоны соединения или раздроблены и процессе пластической деформации при осадке.

При стыковой сварке торцы открыты для взаимодействия с атмосферой. Наиболее активно развиваются процессы окисления при сварке сопротивлением. Для сварки оплавлением характерно непрерывное оплавление металла на торцах, образование большого количества капель и паров металла в зазоре (например, при сварке сталей оксида углерода CO) при взрыве перемычек, связывающих кислород и другие газы, что значительно снижает интенсивность взаимодействия металла с атмосферой. Однако при соединении химически активных металлов (титана, молибдена и др.) такая защита может оказаться недостаточно эффективной, и сварку иногда выполняют в среде инертных газов. Условия разрушения и удаления оксидов при стыковой сварке зависят от температуры торцов, градиента температур, свойств оксидов и металлов [27].

3.1.3 Расчёт режимов сварки

Расчёт режима контактной стыковой сварки оплавлением.

Параметрами режима стыковой сварки оплавлением являются:

- 1) Общая сила тока I_c (А) или мощность N (Ватт);
- 2) Скорость оплавления $V_{опл}$ (мм/сек);
- 3) Припуск на оплавление $l_{опл}$ (мм);

- 4) Припуск на осадку под током и без тока $\Delta l_{опл.м} = \Delta l_{опл}$ (мм);
- 5) Скорость осадки $v_{ос}$ (мм/сек);
- 6) Общее давление осадки p (кг/мм²) или удельное давление p (кг/мм³);
- 7) Установочная длина l (мм).

Из перечисленных параметров $v_{ос}$, I_c , p – контролируемые, l , $l_{опл}$, $\Delta l_{опл.м}$, $\Delta l_{опл}$, указываются в операционной или технологической картах. Сила тока приблизительно прямо пропорциональна сечению. Поэтому в практике принято пользоваться плотностью тока. Сила и плотность тока относятся к стадии оплавления как к основной для тепловых процессов. В связи с большим и относительно постоянным сопротивлением контакта плотность тока при оплавлении невелика и составляет 3—50 а/мм². Для сварки непрерывным плавлением она больше и находится в пределах 10÷50 а/мм², для сварки с подогревом 3-т-15 о/мм². Удельная мощность для сварки с подогревом находится в пределах 5—20 кВА/см², для сварки непрерывным оплавлением 15—60 кВА/см².

Скорость оплавления, вначале она, как это видно на рис, мала, затем по мере нагрева металла она при той же мощности может и должна повышаться. Если подача будет отставать от плавления, то это увеличит зазор и длину перемычек, частота взрывов снизится и появится опасность окисления. Законы перемещения подвижной плиты машины и изменения скорости оплавления выразятся уравнениями [28].

Подготовка исходных данных должна предшествовать непосредственному расчету режима сварки. В исходные данные входят:

- 1) группа и марка свариваемого материала;
- 2) тип соединения;
- 3) сечение свариваемого материала;
- 4) положение шва;
- 5) тип шва по форме.

Выбираем стандартный тип соединения стыковое по ГОСТ Р ИСО 15614-13-2009. Площадь сечения рельса $S = 8340$ мм.

Положение шва при сварке - вертикальное. Тип шва по форме - стыковой.

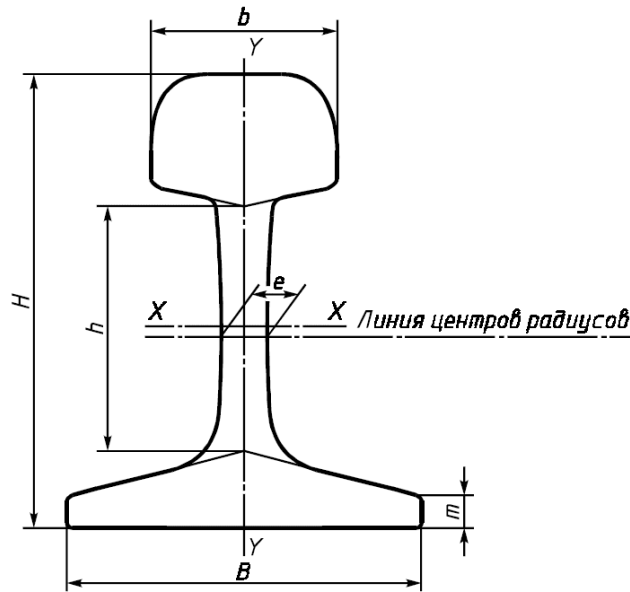


Рисунок 3.1 – Сечения рельса S=8340 мм, H - высота рельса, h - высота шейки, b - ширина головки, B - ширина подошвы, e - толщина шейки, m - высота пера

Для заготовок сечением $S = 8340 \text{ мм}^2$ изготовленных из низколегированной стали К76ХФ назначить сварочную машину и определить параметры режима.

Рассчитаем диаметр условного стержня по формуле:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{8340 \cdot 10^{-6}}{\pi}} = 0,103 \text{ м.} \quad (3.1)$$

Определим вылет деталей из электродов L_0 .

$$L_0 = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 0,103 = 0,082 \text{ м.} \quad (3.2)$$

Расстояние от плоскости стыка до зоны нулевой деформации после осадки $x_{0д}$, м. определяем по формуле [28]:

$$x_{0д} = 1 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot d = 1 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0,103 = 0,022 \text{ м.} \quad (3.3)$$

Расстояние от плоскости стыка до зоны нулевой деформации до осадки x' , м. определяем по формуле [28]:

$$x' = \frac{x_{0д}}{2} \cdot \left[\frac{(d \cdot \sqrt{2})^2}{d^2} + \frac{d \cdot \sqrt{2}}{d} + 1 \right] = \frac{0,022}{2} \cdot \left[\frac{(0,103 \cdot \sqrt{2})^2}{0,103^2} + \frac{0,103 \cdot \sqrt{2}}{0,103} + 1 \right] = 0,048 \text{ м.} \quad (3.4)$$

Общий припуск на осадку Δ_{OC} ;

$$\Delta_{OC} = 2 \cdot (x' - x_{од}) = 2 \cdot (0,048 - 0,022) = 0,052 \text{ м.} \quad (3.5)$$

По выбранным параметрам выберем машину для стыковой сварки K1100. Ее характеристики: номинальная мощность 180 кВт·А (ПВ=50%); номинальный сварочный ток 19 кА, вторичное напряжение 4,46 – 7,88 В, максимальное сечение свариваемых деталей 10000 мм², $S_{K3 \max} = 600$ кВт, $\cos \varphi_k$ 0,45; $U_{20 \min} \dots U_{20 \max} = 4,46 - 7,88$ В, усилие осадки $F_{OC} = 80$ кН. Максимальный ток короткого замыкания найдем по формуле [29]:

$$I_{K3 \max} = \frac{S_{K3 \max}}{U_{20}} = \frac{600000}{7,88} = 76140 \text{ А.} \quad (3.6)$$

Полное сопротивление машины в режиме короткого замыкания [28]:

$$Z_{MK} = \frac{U_{20}}{I_{K3 \max}} = \frac{7,88}{76140} = 103,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.} \quad (3.7)$$

Рассчитаем активное сопротивление [28]:

$$R_{MK} = Z_{MK} \cdot \cos \varphi_k = 103,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,45 = 46,57 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.} \quad (3.8)$$

Тогда индуктивное сопротивление машины в режиме короткого замыкания:

$$x_{MK} = \sqrt{Z_{MK}^2 - R_{MK}^2} = \sqrt{(103,5 \cdot 10^{-6})^2 - (46,57 \cdot 10^{-6})^2} = 92,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.} \quad (3.9)$$

По таблице 1.4 [28] назначаем для $S = 8340 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ минимально возможное $U_{20} = 7,0$ В.

Усилие подогрева $F_{ПОД}$ ориентировочно рассчитывается по формуле:

$$F_{ПОД} = 0,5 \cdot F_{OC} = 0,5 \cdot 80000 = 40000 \text{ Н.} \quad (3.10)$$

Давление подогрева:

$$P_{ПОД} = \frac{F_{ПОД}}{S} = \frac{40000}{8340 \cdot 10^{-6}} = 4796000 \text{ Па} = 4,8 \text{ МПа.} \quad (3.11)$$

Давление осадки:

$$P_{OC} = \frac{F_{OC}}{S} = \frac{80000}{8340 \cdot 10^{-6}} = 9592000 \text{ Па} = 9,6 \text{ МПа.} \quad (3.12)$$

Найдем температуру в зоне нулевой деформации:

$$T_{0д} = T_{пл} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{P_{ос}}{\sigma_{то}}} \right). \quad (3.13)$$

где, температура плавления К76ХФ $T_{пл}$ и предел текучести $\sigma_{то}$, примем по таблице 2.2 [28], $T_{пл} = 1540^0\text{C}$, $\sigma_{то} = 800 \text{ МПа}$;

$$T_{0д} = 1540 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{20}{800}} \right) = 1371^0 \text{ C}.$$

Рассчитаем сопротивление зоны сварки на этапе подогрева [28]:

$$R_{\varepsilon\varepsilon} = \frac{m_0 \cdot \rho_0}{d} \cdot \left(\sqrt{\frac{\sigma_{то}}{P_{под}}} - 1 \right) + \rho \cdot \frac{2 \cdot L_1}{S}. \quad (3.14)$$

где, ρ_0 – удельное электрическое сопротивление при 20^0 C равно $0,13 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, ρ – удельное электрическое сопротивление в интервале $0^0 \text{ C} - T_{пл}$ равно $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, m_0 – коэффициент учитывающий изменение сопротивления $m_0 = 0,5$, L_1 – перемещение плиты равно:

$$L_1 = \frac{2 \cdot L_0 - \Delta_{под}}{2}. \quad (3.15)$$

$\Delta_{под}$ – осадка при подогреве равная $6,5 \cdot 10^{-3}$, отсюда:

$$L_1 = \frac{2 \cdot 0,082 - 0,0065}{2} = 0,079 \text{ м},$$

$$R_{\varepsilon\varepsilon} = \frac{0,5 \cdot 0,13 \cdot 10^{-6}}{0,103} \cdot \left(\sqrt{\frac{800}{4,8}} - 1 \right) + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2 \cdot 0,079}{8340 \cdot 10^{-6}} = 17,01 \cdot 10^{-6}.$$

Рассчитаем полное сопротивление сварочной цепи:

$$z = \sqrt{x_{МК}^2 + (R_{МК} + R_{\varepsilon\varepsilon})^2} = \sqrt{(92,4 \cdot 10^{-6})^2 + [46,57 \cdot 10^{-6} + 17,01 \cdot 10^{-6}]^2} = 112,2 \cdot 10^{-6}. \quad (3.16)$$

Рассчитаем амплитуду импульсов тока подогрева:

$$I_U = \frac{U_{20}}{z}, \quad (3.17)$$

где, U_{20} – рабочее напряжение примем по таблице I.4, $U_{20} = 7 \text{ В}$;

$$I_U = \frac{7}{112,2 \cdot 10^{-6}} = 41460 \text{ А}.$$

Координата точки, которая окажется в плоскости стыка после окончания оплавления:

$$x'_0 = \frac{\Delta_{\text{опл}}}{2}, \quad (3.18)$$

где, $\Delta_{\text{опл}}$ – осадка при оплавлении равная 0,009 м.;

$$x'_0 = \frac{0,009}{2} = 0,0045 \text{ м.}$$

Найдем точку нулевой деформации:

$$x''_{\text{од}} = x'_0 + x' = 0,0045 + 0,048 = 0,0525 \text{ м.} \quad (3.19)$$

Ориентировочно назначим $t_U = t_{\text{П}} = 16$ с. Определим распределение температур по формуле:

$$T(x,t) = \frac{I_U^2 \cdot R_{\text{э\text{э}}} \cdot n \cdot t_U}{4 \cdot \sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c \cdot S} \cdot \sqrt{t_{\text{под}}}} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{4 \cdot a \cdot t_{\text{под}}}\right), \quad (3.20)$$

где, γ – плотность металла, $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$, c – средняя удельная теплоемкость свариваемого металла в диапазоне температур от 0 до $T_{\text{пл}}$, $c = 710 \text{ Дж/кг} \cdot \text{градус}$, a – коэффициент температуропроводности равный $7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, λ – коэффициент теплопроводности равный $37 \text{ Вт/(м} \cdot \text{град)}$, n – число импульсов, $t_{\text{под}}$ – время подогрева, полученные результаты занесем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 - Распределение температур

n	1		2		3		4		5	
$t_{\text{под}} = t_U + t_{\text{П}}, \text{ с}$	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
$T_0, \text{ град}$	603	426	696	603	809	738	911	853	1005	953
$T_0, \text{ град}$	574	416	685	596	801	732	905	847	999	949
$T_0, \text{ град}$	0,9	16	78	117	218	248	358	376	485	495

Продолжение таблицы 3.3

n	6		7		8		9		10	
$t_{\text{под}} = t_U + t_{\text{П}}, \text{ с}$	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320
$T_0, \text{ град}$	1091	1044	1170	1128	1245	1206	1316	1279	1383	1348
$T_0, \text{ град}$	1086	1040	1166	1124	1240	1202	1312	1275	1379	1345

T_0 , град	601	605	707	706	805	801	895	889	980	972
--------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

По полученным данным построим графики (смотри рисунок 3.2):

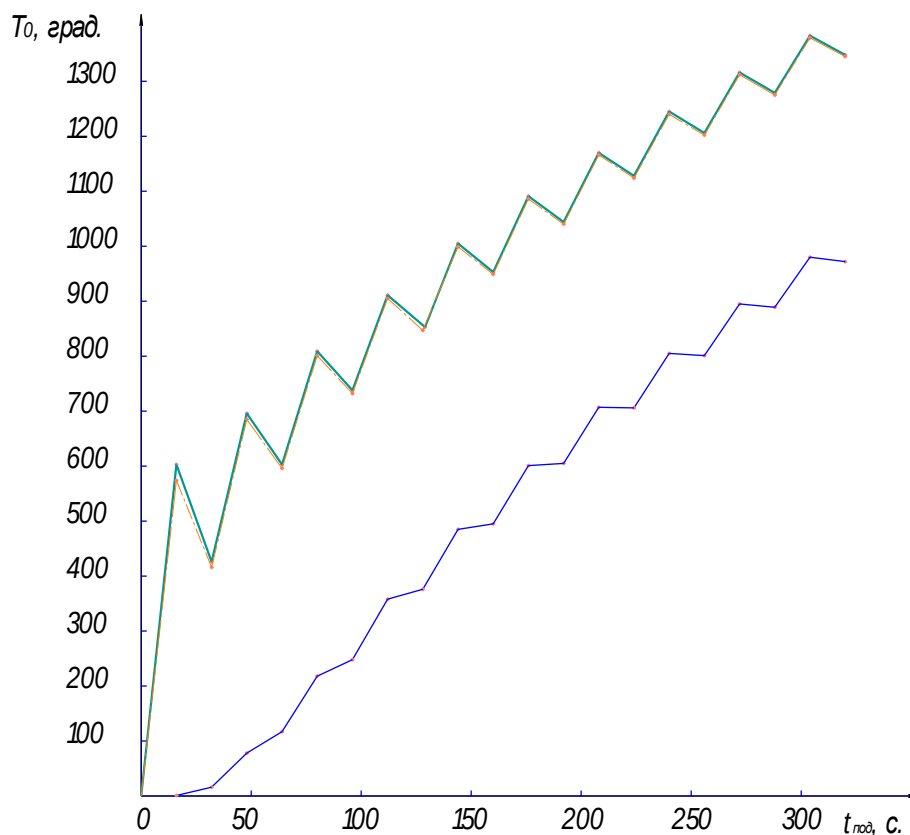


Рисунок 3.2 Графики нагрева металла в зоне сварки

Определим среднюю температуру выплавляемого участка деталей при $n=10$:

$$T_{\text{CP}} = \frac{T_0 + T'_0}{2} = \frac{1348 + 1345}{2} = 1346^{\circ}\text{C}. \quad (3.21)$$

Средняя скорость оплавления, обеспечивающая к концу оплавления в зоне нулевой деформации температуру $T_{0\text{Д}} = 1097^{\circ}\text{C}$ рассчитывается по уравнению:

$$V_{\text{оплср}} = \frac{2 \cdot a}{x'} \cdot \ln \frac{T_{\text{ПЛИ}} - T_{\text{CP}}}{T_{0\text{Д}} - T_{\text{CP}}} = \frac{2 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}}{0,048} \cdot \ln \frac{1540 - 1346}{1371 - 1346} = 0,56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (3.22)$$

Найдем распределение температур в деталях, полученные в результате подогрева. Расчет произведем по формуле:

$$T(x,t) = \frac{I_U^2 \cdot R_{\text{ЭЭ}} \cdot n \cdot t_U}{4 \cdot \sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c \cdot S} \cdot \sqrt{t_{\text{ПОД}}}} \exp \left(- \frac{x^2}{4 \cdot a \cdot t_{\text{ПОД}}} \right). \quad (3.23)$$

Полученные данные занесем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Распределение температур в деталях, полученные в результате подогрева

$x, \text{м} \cdot 10^{-3}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$T(x,t),$ град	1348	1344	1332	1312	1285	1250	1210	1163	1112	1057
$x, \text{м} \cdot 10^{-3}$	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
$T(x,t),$ град	998	937	875	811	748	686	625	566	509	456
$x, \text{м} \cdot 10^{-3}$	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
$T(x,t),$ град	90	75	62	51	42	34	27	22	18	14

Построим график распределения температуры на рисунке 3.3.

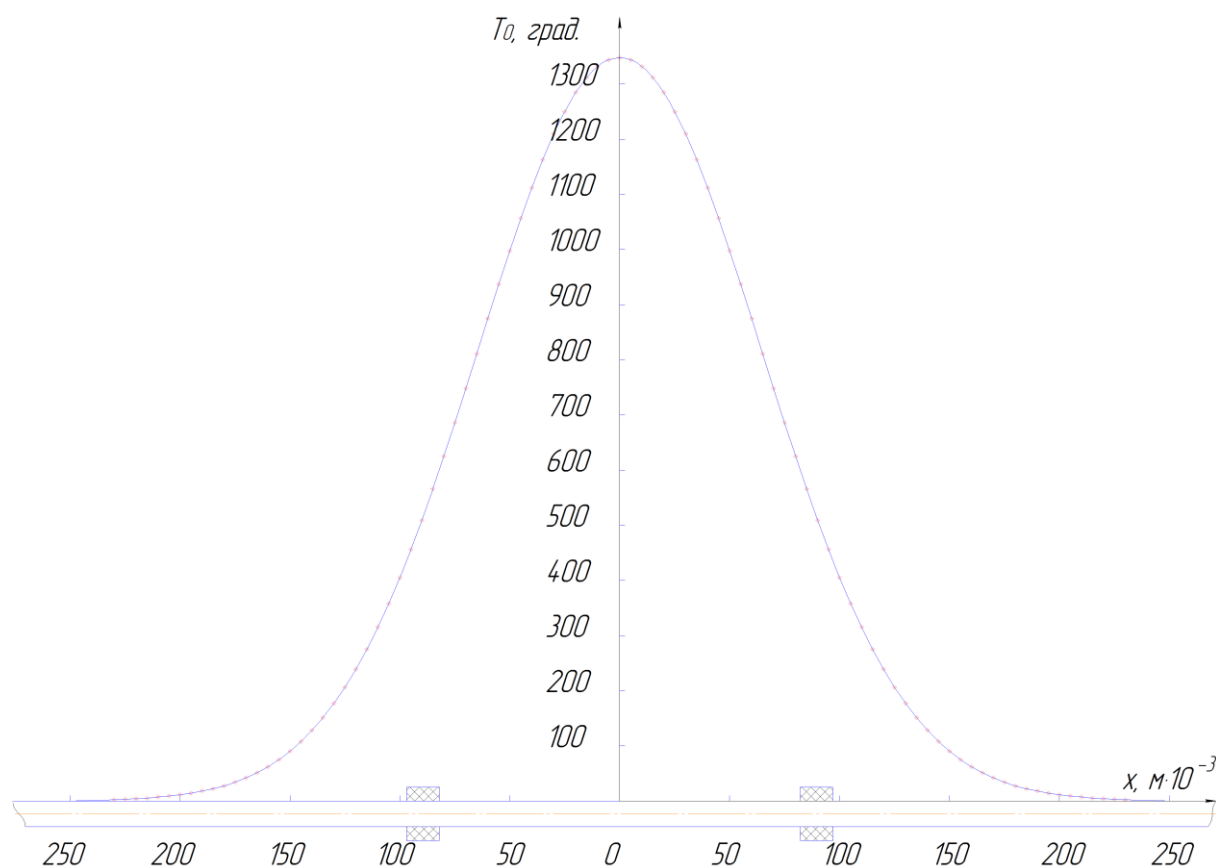


Рисунок 3.3 График распределения температуры

Найдем распределение температур в деталях, получаемое к концу оплавления по формуле (смотри рисунок 3.4):

$$T(x) = (T_{\text{пл}} - T_{\text{ср}}) \cdot \exp\left(-\frac{V_{\text{опл.ср}} \cdot x}{2 \cdot a}\right) + T_{\text{под}} \quad (3.24)$$

Таблица 3.5 - Распределение температур в деталях, получаемое к концу оплавления

$x, \text{м} \cdot 10^{-3}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$T(x), \text{град}$	1540	1503	1476	1457	1441	1428	1415	1403	1391	1378
$x, \text{м} \cdot 10^{-3}$	50	55	60	65	70	75	78			
$T(x), \text{град}$	1366	1353	1340	1327	1314	1300	1293			

Исследуем влияние подогрева на производительность процесса сопротивления ССОП и ССНО для данных заготовок.

Пусть для ССНО $V_{\text{опл.ср.}} = 0,56 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$. Тогда температура в зоне нулевой деформации:

$$T_{0\text{д}} = T_{\text{пл}} \cdot \exp\left(-\frac{V_{\text{опл.ср.}} \cdot x}{2 \cdot a}\right) = 1540 \cdot \exp\left(-\frac{0,56 \cdot 10^{-3} \cdot 48 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 7 \cdot 10^{-6}}\right) = 199^{\circ}\text{C}. \quad (3.25)$$

Подсчитаем распределение температур по формуле:

$$T_{0\text{д}} = T_{\text{пл}} \cdot \exp\left(-\frac{V_{\text{опл.ср.}} \cdot x}{2 \cdot a}\right).$$

и полученные данные занесем в таблицу 3.6 (смотри рисунок 1.4).

Таблице 3.6 – Распределение температур

$x, \text{м} \cdot 10^{-3}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$T(x), \text{град}$	1540	1243	1003	809	653	527	425	343	277	223
$x, \text{м} \cdot 10^{-3}$	50	55	60	65	70	75	78			
$T(x), \text{град}$	180	145	117	95	76	62	54			

Определим $V_{\text{опл.ср.}}$, обеспечивающую $T_{0\text{д}} = 199^{\circ}\text{C}$ при ССНО. При этом следует иметь в виду, что в общем случае $T_{0\text{дССОП}} \neq T_{0\text{дССНО}}$, поскольку

$T_{0д}=f(P_{ос})$. Однако конструкция машины К-1100 такова, что $P_{ос}$ жестко заданно, поэтому в данном случае полагаем $T_{0дССОП} = T_{0дССНО}$.

$$V'_{Опл.ср} = \frac{2 \cdot a}{x'} \cdot \ln \frac{T_{пл}}{T_{0д}} = \frac{2 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}}{0,048} \cdot \ln \frac{1540}{199} = 0,03 \cdot 10^{-3} \frac{м}{с}. \quad (3.26)$$

Сравним значения $V_{опл.ср.}$ для ССОП и ССНП:

$$\frac{V_{Опл.ср}}{V'_{Опл.ср}} = \frac{0,56 \cdot 10^{-3}}{0,03 \cdot 10^{-3}} = 17,6. \quad (3.27)$$

Найдем распределение температур для этого случая по формуле:

$$T(x) = T_{пл} \cdot \exp\left(-\frac{V'_{Опл.ср} \cdot x}{2 \cdot a}\right). \quad (3.28)$$

и полученные данные занесем в таблицу 3.7 (смотри рисунок 3.4).

Таблица 3.7 – Распределение температур

$x, м \cdot 10^{-3}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$T(x)$, град	1540	1521	1503	1485	1467	1449	1432	1414	1397	1380
$x, м \cdot 10^{-3}$	50	55	60	65	70	75	78			
$T(x)$, град	1364	1347	1331	1315	1299	1283	1274			

Полагая, что $R_{опл} \gg 2R_g$ и $P \approx P_1$, найдем соответствующее $V_{опл.ср.} = 0,56 \cdot 10^{-3}$ м/с значение мощности:

$$P = V_{опл.ср.} \cdot c \cdot \gamma \cdot T_{вз} \cdot S = 0,56 \cdot 10^{-3} \cdot 670 \cdot 7850 \cdot 2735 \cdot 8340 \cdot 10^{-6} = 66920 \text{ Вт}. \quad (3.29)$$

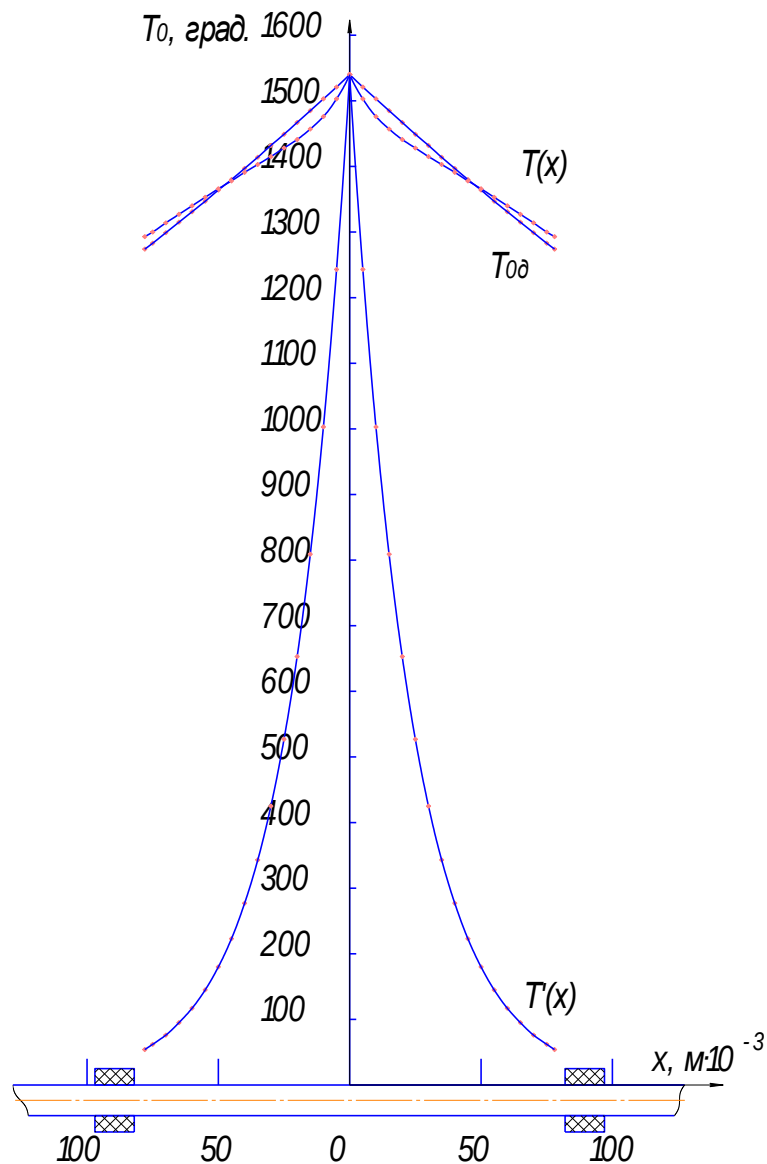


Рисунок 3.4 Распределение температур

Этой мощности соответствует ток $I_2 = I_{\text{опл}}$, который определим из уравнения:

$$\begin{aligned}
 P &= P_1 = f(I_2) = I_2 \cdot \sqrt{U_{20}^2 - (I_2 \cdot x_{\text{МК}})^2} - I_2 \cdot R_{\text{МК}} = \\
 &= I_2 \cdot \sqrt{7^2 - (I_2 \cdot 92,4 \cdot 10^{-6})^2} - I_2 \cdot 46,6 \cdot 10^{-6} = 66920 \text{ Вт},
 \end{aligned}
 \tag{1.30}$$

отсюда $I_2 = 96398 \text{ А}$.

Построим график зависимости $P \approx P_1 = f(I_2)$. Полученные данные занесем в таблицу 3.8 (смотри рисунок 3.5).

Таблица 3.8 – Зависимость $P \approx P_1 = f(I_2)$

I_2 , кА	0	2,5	5	7,5	10	15	20	25	30
P_1 , кВт	0	17,49	34,92	52,24	69,39	102,9	135	165,2	192,8
I_2 , кА	35	40	45	50	55	60	65	70	75
P_1 , кВт	217,3	237,8	253,4	262,9	264,7	256,3	233,6	187,1	73,26
I_2 , кА	75,741								
P_1 , кВт	0								

Определим плотность тока оплавления:

$$j_{\text{опл}} = \frac{I_{\text{опл}}}{S} = \frac{96398}{8340 \cdot 10^{-6}} = 11,56 \cdot 10^{-6} \frac{\text{А}}{\text{м}^2}. \quad (3.31)$$

Что соответствует рекомендуемому для низкоуглеродистых сталей диапазону.

Построим внешние характеристики машины К1100 для максимальной, минимальной и рабочей ступеней регулирования напряжения сварочного трансформатора по формуле:

$$U_2 = f(I_2) = \sqrt{U_{20}^2 - (I_2 \cdot x_{\text{мк}})^2} - I_2 \cdot R_{\text{мк}}. \quad (3.32)$$

Полученные данные занесем в таблицу 3.9 (смотри рисунок 3.5).

Для построения прямых падения напряжения на свариваемых деталях $U_2 = I_2 \cdot R_{\text{ЭЭ}}$ необходимо определить значения $R_{\text{ЭЭ}}$ для различных этапов цикла сварки.

Этап подогрева: $R_{\text{ЭЭ}} = 17,01 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$.

Этап оплавления: собственное сопротивление деталей к концу оплавления при:

$$2 \cdot l''_0 - \Delta_{\text{опл}} = 2 \cdot 0,082 - 0,009 = 0,156 \text{ м}. \quad (3.33)$$

$$2 \cdot R_g'' = \rho \cdot \frac{2 \cdot l_0}{S} = 0,5 \cdot \frac{2 \cdot 0,156}{8340 \cdot 10^{-6}} = 18,69 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}. \quad (3.34)$$

Таблица 3.9 – Внешние характеристики машины К-1100 для максимальной, минимальной и рабочей ступеней регулирования напряжения сварочного трансформатора

U ₂₀ = 4,46 В		U ₂₀ = 7 В		U ₂₀ = 7,88 В	
I ₂ , кА	U ₂ , В	I ₂ , кА	U ₂ , В	I ₂ , кА	U ₂ , В
0	4,46	0	7	0	7,88
5	4,2	5	6,75	10	7,36
10	3,9	10	6,47	20	6,73
15	3,54	15	6,16	30	6,0
20	3,13	20	5,82	40	5,1
25	2,65	25	5,44	50	4,05
30	2,1	30	5,03	60	2,8
35	1,44	35	4,58	70	1,24
40	0,63	40	4,08	76,142	0
40,095	0	45	3,53		
		50	2,93		
		55	2,25		
		60	1,48		
		65	0,57		
		67,675	0		

Сопротивление оплавления:

$$R_{\text{опл}} = V_{\text{опл}} \cdot c \cdot \gamma \cdot T_{\text{вз}} \cdot S \cdot \frac{1}{I_{\text{опл}}^2} = \quad (3.34)$$

$$= 0,56 \cdot 10^{-3} \cdot 670 \cdot 7850 \cdot 2735 \cdot 8340 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{96398} = 7,202 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

Тогда:

$$R_{\text{ээ}} = 2 \cdot R''_{\text{г}} + R_{\text{опл}} = 18,69 \cdot 10^{-6} + 7,202 \cdot 10^{-6} = 25,89 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.} \quad (3.36)$$

Этап осадки: $R_{\text{ээ ос}} = 2 \cdot R''_{\text{г}} = 18,69 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$

Ток осадки:

$$I_{oc} = \frac{U_{20}}{Z} = \frac{7}{\sqrt{(92,42 \cdot 10^{-6})^2 + ((46,57 + 18,69) \cdot 10^{-6})^2}} = 61870 \text{ А.} \quad (3.37)$$

Процесс устойчив, поскольку $I_{опл} < (3...5) \cdot I_{oc}$.

Характеристики $U_2=f(I_2)$ и $U_2= R_{\Sigma\Sigma} \cdot I_2$ для различных этапов приведены на рисунке 1.5. Поскольку $I_U \approx I_{oc}$, то при построениях ограничиваемся зависимостью $U_2 = T_{\Sigma\Sigma} \cdot R_2$ для этапа подогрева.

Назначаем для заготовок из низкоуглеродистой стали закон сближения $l = k \cdot t^2$.

При средней скорости оплавления $V_{опл. ср} = 0,56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$, и припуске $\Delta_{опл} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Время оплавления:

$$t_{опл} = \frac{\Delta_{опл}}{V_{опл}} = \frac{9 \cdot 10^{-3}}{0,56 \cdot 10^{-3}} = 16,1 \text{ с.} \quad (3.38)$$

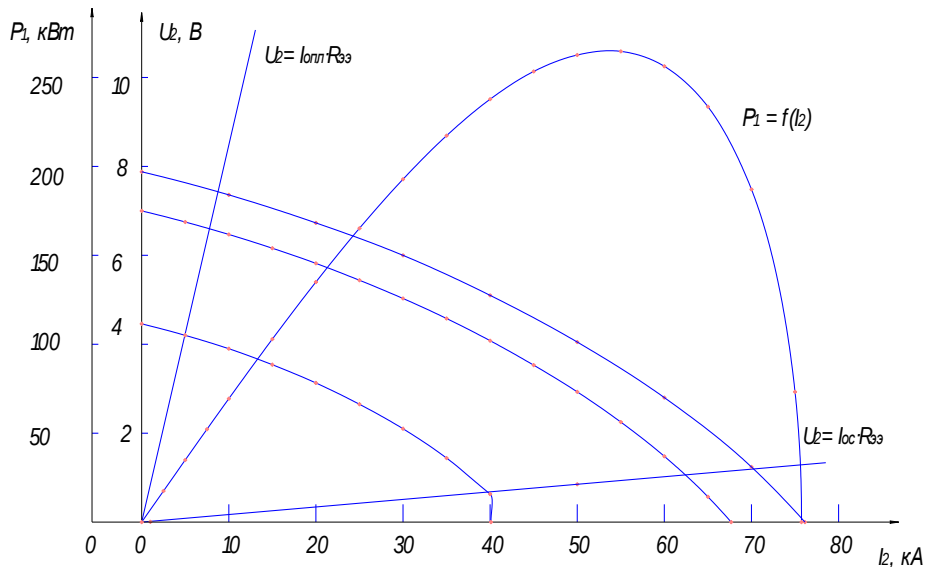


Рисунок 3.5 Характеристики $U_2=f(I_2)$ и $U_2= R_{\Sigma\Sigma} \cdot I_2$ для различных этапов.

Зависимость $P \approx P_1=f(I_2)$

По известному закону сближения определяем коэффициент пропорциональности.

$$K = \frac{\Delta_{опл}}{t^2} = \frac{9 \cdot 10^{-3}}{16,1^2} = 0,35 \cdot 10^{-3}. \quad (3.39)$$

По известным составляющим закона сближения строим зависимость $l = k \cdot t^2$. Данные сводим в табл. 3.10.

Таблица 3.10 – Зависимость $l = k \cdot t^2$

t, с.	3	6	9	12	15	16,1
l, м·10 ⁻³	0,3	1,2	2,8	5	7,8	9

По таблице 1.3 [28] назначаем для заготовок из низкоуглеродистой стали $V_{oc}=15 \cdot 10^{-3}$. Тогда при $\Delta_{oc}= 8 \cdot 10^{-3}$ м. время осадки:

$$t_{oc} = \frac{\Delta_{oc}}{V_{oc}} = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-3}} = 0,533 \text{ с.}$$

Припуск на осадку под током:

$$\Delta_{oc,т} = 0,5 \cdot \Delta_{oc} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Все параметры режима ССОП определены. Циклограмма для данного режима приведена на рисунок 1.5. Масштабы по времени соблюдены отдельно для этапов подогрева, оплавления и осадки.

3.2 Технологический раздел

3.2.1 Технологический анализ выбранного производства

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

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

Краткие характеристики перечисленных видов производств сводятся к следующему.

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

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

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

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

На основании вышеизложенных характеристик и данных справочной литературы [30], учитывая, что годовая программа выпуска продукции составляет $N = 1288$ штук, а масса одной плети бесстыкового пути равна 49827,84 кг, заключаем, что проектируемое сварочное производство относится к типу серийного.

3.2.2 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции

Технологический процесс сборки и сварки плети бесстыкового пути начинается с подбора деталей, входящих в сборочную единицу, согласно комплектовочной карте.

Изготовление плети бесстыкового пути происходит на сборочно-сварочной линии, на которой сначала производится входной контроль рельс (005), затем к резка концевых частей рельс (015), комплектовочная операция (010), зачистка контактных поверхностей (020), сварка стыков рельс и горячая правка стыка (025), механическая обработка и грубая шлифовка (030), термообработка стыка рельс (035), чистовая обработка (040), далее выполняется правильно-шлифовальная операция (045), по окончании работ производится приемочный контроль (050).

Подробно последовательность изготовления плети бесстыкового пути приведена в технологическом процессе (Приложение В).

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

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

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

Перечень показателей технологичности сварных конструкций устанавливается в зависимости от состава и характера факторов, к которым относятся: число и конструктивно-технологическая сложность элементов (заготовок, деталей, узлов), используемых при изготовлении сварной конструкции; уровень унификации, стандартизации и взаимозаменяемости элементов конструкции; степень соответствия размеров и форм готовых деталей; количество обрабатываемых поверхностей; требование к качеству обработки, к точности сборки под сварку; объём трудоёмких подгоночных операций; использование новых материалов.

Оценка технологичности.

Технологичность – совокупность свойств конструкции, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ [30].

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

3.2.3 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального

Весь технологический процесс представляет собой последовательность взаимосвязанных операций.

В предлагаемом варианте технологического процесса работы, сопряжённые с нагрузками, выполняются с использованием АСВП (автоматическая система выгрузки, погрузки) и рольганга.

Согласно базовому технологическому процессу при изготовлении плети бесстыкового пути применяется горячая правка стыка только в горизонтальном направлении, из-за чего могут возникать несовпадения поверхностей рельс в следствии вертикального смещения торцов. Такое отклонение является браком и требует вырезки стыка и повторения процесса сварки.

Для устранения данного недостатка предлагается ввести дополнительно горизонтальную горячую правку стыка рельс.

Предлагаемый технологический процесс сборки и сварки изготовлении плети бесстыкового пути выполняется контактной стыковой сваркой оплавлением.

3.2.4 Нормирование операций

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

Определим время на операцию 025.

Норма штучного времени $T_{ш}$, мин. для всех видов дуговой сварки определяется по формуле [31]:

$$T_{ш} = (T_о + T_в) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс.} + a_{отл.}}{100} \right), \quad (3.39)$$

где, $T_о$ – основное время сварки, $T_о = 6,33$ мин;

$T_в$ – вспомогательное время, мин (время на снятие, установку, перемещение во время сварки,);

$$T_в = T_{в1} + T_{в2} + T_{в3} + T_{в4}, \quad (3.40)$$

а) срубание остатков металла $T_{в1} = 1,5$ (мин);

б) перемещение $T_{в2} = 0,5$ (мин);

в) включение и выключение машины $T_{в3} = 0,015 \times 2 = 0,03$ (мин);

г) правка $T_{в4} = 1,3$ (мин);

$$T_в = 1,5 + 0,5 + 0,03 + 1,3 = 3,33 \text{ (мин);}$$

$a_{\text{обс}}$ – время на обслуживание рабочего места, $a_{\text{обс}} = 8,5\%$;

$a_{\text{отд}}$ – время на отдых, $a_{\text{отд}} = 2\%$;

$$T_{\text{ш}} = (6,33 + 3,33) \cdot \left(1 + \frac{8,5 + 2}{100}\right) = 10,67 \text{ мин.}$$

Время на другие операции приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления плети бесстыкового пути

№ опер.	Базовый техпроцесс		Предлагаемый техпроцесс	
	Наименование операции	Тшт, мин.	Наименование операции	Тшт, мин.
005	Входной контроль	9,4	Входной контроль	9,4
010	Комплектовочная	5	Комплектовочная	5
015	Резка	2,5	Резка	2,5
020	Зачистка	10,5	Зачистка	10,5
025	Сварка	10,07	Сварка	10,67
030	Механическая обработка, грубая шлифовка	5,5	Механическая обработка, грубая шлифовка	5,5
035	Термообработка	8,63	Термообработка	8,63
040	Чистовая обработка	5,5	Чистовая обработка	5,5
045	Правильно-шлифовальная	5,5	Правильно-шлифовальная	5,5
050	Приемочный контроль	8	Приемочный контроль	8
Итого		70,6		71,2

3.2.5 Выбор технологического оборудования

Рассчитанные параметры режима позволяют сформулировать требования к оборудованию для сварки данного сварного изделия. Основными

критериями для окончательного выбора рациональных типов оборудования должны служить их следующие принципы:

1. Техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой технологии;
2. Наибольшая эксплуатационная надежность и относительная простота обслуживания;
3. Наибольший КПД и наименьшее потребление электроэнергии при эксплуатации;
4. Наименьшие габаритные размеры оборудования;
5. Наименьшая масса;
6. Наименьшая сумма первоначальных затрат на приобретение и монтаж оборудования;
7. Минимальный срок окупаемости [32].

Согласно требуемым условиям для стыковой сварки оплавлением выбираем машину К 1100 [33] для изготовления рельсовых секций.

Машина К1100 является результатом многолетнего плодотворного сотрудничества ПАО “КЗЭСО” и ИЭС им. Е. О. Патона в области рельсосварки.

При разработке и изготовлении сварочной машины учитывались требования нормативных стандартов на сварку рельсов, включающие требования к металлу рельсов, их размерам, точности центровки после сварки, высокой производительности, требованиям безопасности, долговечности и надежности.

Машина К1100 представляет собой стационарный комплекс для контактной стыковой сварки рельсов из металлов, используемых в настоящее время для изготовления рельсов сечением до 10 000мм² на переменном токе.

Применение сварки на переменном токе исключает наличие в конструкции машины выпрямительных блоков, которые необходимы при сварке на постоянном токе как в сварочной машине ZFR 11GC4T фирмы “ESAB”.

В связи с этим на машине K1100 упрощена схема и повышена надежность водяного охлаждения при расходе 60л/мин. (225л/мин в машине ZFR 11GC4T).

Сварочная машина K1100 имеет по одному цилиндру зажатия на каждый рельс (общее кол. 2шт.), в машине ZFR 11GC4T применяются четыре цилиндра для зажатия каждого рельса (общее кол. 8шт.).

Сварочная машина K1100 оснащена встроенным в конструкцию гратоснимателем, защищенным от брызг металла при сварке защитными шторками.

В машине ZFR 11GC4T применяется сложный гратосниматель с гидроцилиндром и блоком режущих инструментов расположенных на поворотной гидромотором инструментальной отравке.

Центровка свариваемых рельсов в машине K1100 осуществляется наружными роликовыми центраторами. Окончательная центровка по оси рельса, правой или левой грани катания производится встроенным в конструкцию манипулятором с сенсорными датчиками положения.

В машине ZFR 11GC4T точная центровка выполняется сложным устройством выполненным в виде руки и управляемая отдельными гидроцилиндрами и гидромотором смонтированными вне машины.

Высокая (не менее 100мм/сек) скорость осадки машины K1100 позволяет качественно сваривать рельсы из новых прогрессивных сталей с повышенным содержанием легирующих элементов.

Скорость осадки машины ZFR 11GC4T – 20мм/сек.

Конструкция машины K1100 позволяет сваривать рельсовые секции, имеющие в своем составе изолированные стыки.

Масса сварочной машины K1100 составляет 8,8т (35т масса машины ZFR 11GC4T).

Машина K1100 является модернизацией машины K1000 в связи с необходимостью сваривать рельсы с легированных сталей, а также сваривать рельсовые секции имеющие в своем составе изолированные стыки.

В связи с этим машина имеет сварочные трансформаторы с более высокими энергетическими характеристиками:

- мощность короткого замыкания возросла до 850кВА (600кВА в машине K1000),
- наибольший вторичный ток – 105кА (84кА в машине K1000),
- мощность машины при ПВ50% возросла до 205кВА (180кВА в машине K1000).

Для возможности сварки рельсовых секций, имеющих в своем составе изолированные стыки предварительная центровка наружными роликовыми центраторами осуществляется по подошве рельса, а не шейке как в машине K1000.

Для возможности беспрепятственного прохождения секции с изолированными стыками в машине K1000 через зону сварки машины изменена конструкция приводов гратоснимателя и защитных шторок.

Система управления находится в отдельном шкафу управления. Он состоит из программируемого контактора CPV 314C фирмы “SIEMENS”, в который заложена программа управления сварочной машины. Параметры режимов сварки задаются через панель оператора OP7 и хранятся в памяти контролера. При необходимости можно выбрать модуль из 8 программ путем набора соответствующей цифры на панели оператора. Как показывает опыт работы на машине для нормальной работы достаточно одной программы для сварки рельсов одного сечения.

Для возможности записи параметров применяется промышленный компьютер, на котором установлена специальная программа. Во время сварки на экране компьютера можно наблюдать за текущими изменениями тока, напряжения и давления в цилиндрах осадки машины в виде графиков и цифровых значениях, а также текущего этапа сварки, времени сварки, перемещения машины и вкладываемой энергии в стык в виде числовых значений. После сварки стыка программа обчисляет и выдает среднее

значение основных параметров сварки в виде отдельной строки и дает заключение о соответствии записанных параметров ТУ на сварку рельсов.

При необходимости можно создать архив записанных стыков.

Машина К 1100 по сравнению с машиной контактной стыковой сварки рельсов МСР-6301А завода ЗАО «ПСКОВЭЛЕКТРОСВАР» обладает более высоким качеством сварных стыков, более высокой эксплуатационной надежностью. Машина МСР-6301А из-за своих конструктивных особенностей представляет опасность ожога для сварщика. Технические характеристики машины К 1100 приведены в таблице 3.12.

Таблица 2.12 - Технические характеристики машины К 1100 [33]

Параметр	Значение
Номинальное напряжение, В	380
Частота тока, Гц	50
Наибольший вторичный ток, кА	84
Номинальный длительный вторичный ток, кА	19
Мощность короткого замыкания, кВА	600
Мощность сварочная при ПВ=50%, кВА	180
Наибольшее рабочее давление в гидросистеме, Мпа	20
Максимальная скорость осадки, мм/с	100
Максимальное усилие осадки, кН	800
Максимальное усилие зажатия, кН	2000
Масса комплекта поставки, кг 12	850
Габаритные размеры, мм:	
- машины сварочной	5650x1640x2780
- шкафа управления	1290x690x1730

3.2.6 Контроль технологических операций

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

Качество сварных соединений в значительной мере определяет эксплуатационную надёжность и экономичность конструкции [34].

Контроль качества рельсов и сварных стыков выполняет оператор дефектоскопной тележки 7 разряда на посту выходного контроля. Оборудовано 3 рабочих места по числу линий. Производится контроль сварных стыков по всему сечению дефектоскопами Авикон-02Р/ПК с хранением параметров контроля каждого сварного стыка в электронной базе.

Контроль выполняется в соответствии с требованиями:

- «Технической инструкции по контролю сварных стыков в РСП и пути» ТИ-07.42-2004 с использованием дефектоскопа «АВИКОН-02Р»;
- «Технических условий на сварку старогодных рельсов» ТУ №ЦПТ-80/350.
- «Технических условий на сварку новых рельсов» СТО РЖД 1.08.002-2009

Контроль качества рельсов и сварных стыков, в себя включает [35]:

- контроль качества сварных стыков рельсов по компьютерной системе регистрации параметров режимов сварки;
- определение прочности и пластичности сварных стыков рельсов при испытании контрольных натурных образцов на статический, поперечный изгиб;
- измерение твердости металла в зоне сварных стыков;
- ультразвуковой контроль сварных стыков;
- контроль качества шлифовки;
- контроль прямолинейности рельсов в зоне сварного шва на длине 1 м, маркировка сварных стыков и плетей;
- контроль фактической длины плети.

Максимальная загрузка линии сварки бесстыкового пути 12 операторов дефектоскопной тележки 7 разряда.

Операторами ведутся журналы:

- журнал ультразвукового контроля сварных стыков;

- шнуровая книга учета контрольных испытаний сварных рельсовых стыков;
- на статический изгиб (ПУ-96);
- журнал учета отремонтированных и сварных рельсов (ПУ-95);
- журнал приема-передачи смен;
- карты дефектных стыков.

3.2.7 Разработка технической документации

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

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [36].

Разработка технологических процессов включает:

- расчленение изделия на сборочные единицы;
- установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;
- выбор типов оборудования и способов сварки.

В результате должны быть достигнуты:

- возможная наименьшая трудоёмкость;
- минимальная продолжительность производственного цикла;
- минимальное общее требуемое число рабочих;
- наилучшее использование производственного транспорта и вспомогательного оборудования;

- возможный наименьший расход производственной энергии.

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

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

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы;
- число данных сборочных единиц в изделии;
- перечень данных сборочных единиц в изделии;
- название цеха;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;
- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки;
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоёмкости, расходы основных и вспомогательных материалов [31].

3.3 Конструкторская часть

3.3.1 Принципиальная схема устройства правки сварного стыка

Рельсосварочный поезд основан на базе Локомотивного депо в соответствии с указанием Министерства путей сообщения (МПС) от 22.06.66 года № 2468/ЦП. На протяжении этих лет РСП – 29 неоднократно модернизировался и реконструировался. В 1967-1969 гг был реконструирован цех реновации крестовин (третья технологическая линия), 1974 год – цех

бесстыкового пути (четвертая технологическая линия), 1989 – 1994гг - цех первой технологической линии, 1998 год – отделение новой сварки. В результате чего, старые станки и оборудование сохранились на предприятии.

Проект устройства для горячей правки сварного стыка, как в вертикальном так и в горизонтальном направлениях, разрабатывался на основе работы уже имеющегося устройства правки сварных стыков, который правил только в горизонтальном направлении (см. ФЮРА.000001.223.00.000 СБ).

Компоновочная схема устройства показана на рисунке 3.6 (а, б):

1. гидронасос;
2. гидравлическая передача;
3. пресс гидравлический (2 шт. правый, левый);
 - 3.1. пресс гидравлический (2 шт. верхний, нижний);
4. станина для прессы;
 - 4.1. станины для верхнего и нижнего прессов;
5. направляющие, упорные диски (4 шт.);
6. станина для направляющих дисков;
7. рольганговая линия.

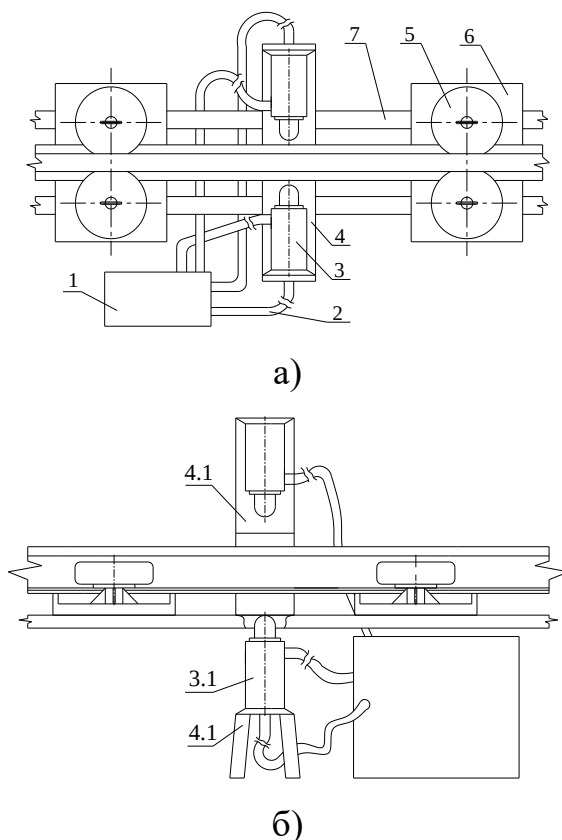


Рисунок 3.6 Принципиальная схема устройства правки сварного стыка (а, б)

3.3.2 Описание и работа устройства правки сварного стыка

Проектируемое устройство для правки сварного стыка будет использоваться после операции сварки и приводится в действие одним оператором, сварщиком в 4 – ой технологической линии участка контактной сварки рельсов на предприятии РСП – 29 ЗСЖД. Его назначение: горячая правка сварных стыков в горизонтальном и в вертикальном направлениях для сокращения числа дефектов возникающих после сварки.

В качестве рабочих органов будет использоваться четыре однотипных гидроцилиндра. Использование данных рабочих органов оправдано тем, что:

- обработка сварного стыка будет производиться сразу с четырех сторон (право, лево и верх, низ);
- искривление рельсов по вертикали будет устраняться, а раньше это место вырезалось;
- сокращение времени на вырезку дефектов.

Привод рабочего органа состоит:

- четыре гидроцилиндра;
- гидронасос;
- гидравлическая передача;
- электрическая схема приводящая гидронасос в движение.

Возвратно – поступательное движение гидроцилиндров до завершения правки сварного стыка и для подачи необходимой нагрузки осуществляется от гидронасоса через гидравлический трубопровод. Регулирование нужной подачи гидроцилиндров осуществляется оператором сварщиком.

Операция правка начинается только после подвода оператором, по рольганговой линии, сварного стыка в зону правки. Вращение рольганга контролируется электродвигателем АИР100S-4-У3.

Паспортные данные двигателя АИР100S-4-У3:

- номинальная мощность, $P_{\text{ном}}$, кВт 3;
- синхронная частота вращения n_c , об/мин 1500.

Операция на проектируемом устройстве выполняются в четкой последовательности:

- подача рельса;
- регулировка его по центру гидроцилиндров;
- проверка неровностей в горизонтальном и в вертикальном плоскостях;
- подача нужного гидроцилиндра;
- проверка неровностей в горизонтальном и в вертикальном плоскостях;
- подача рельса дальше по линии.

3.3.3 Расчет элементов устройства для правки сварного стыка

Существующее устройство горячей правки сварного стыка на РСП – 29 имеет недостаток: оно правит только в горизонтальном направлении. Это приводит к тому, что возникает дефект 86.3 – нарушение прямолинейности рельсов. Для реализации операции горячей правки не только в горизонтальной но и в вертикальной плоскостях – спроектировано устройство горячей правки сварного стыка (рисунок 3.7), на базе существующего устройства, которое представляет собой: два гидроцилиндра расположенных друг под другом, причем нижний цилиндр закреплен к полу на швеллерах; верхний цилиндр крепится к двутавровой балке, а эта балка крепится и лежит на двух двутавровых стойках, а эти стойки уже крепятся к полу фундаментными болтами. Для крепления используем болты, соответственно ведем расчет на прочность болтового соединения.

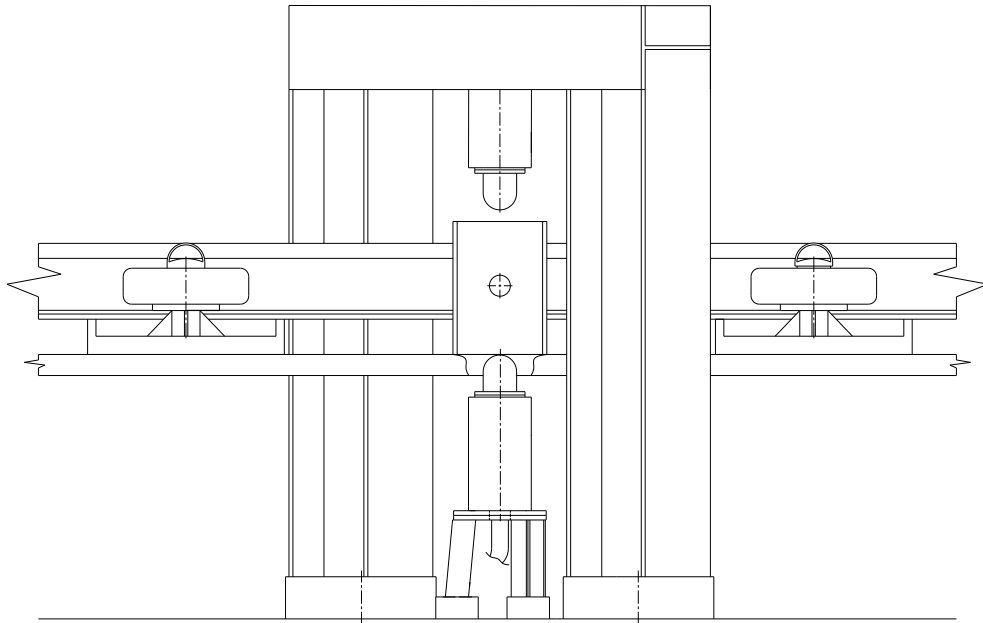


Рисунок 3.7 Принципиальная схема пресса горячей правки сварного стыка
Расчетный гидроцилиндров.

Мощность на рабочем органе:

$$P_{ц1} = F_1 \cdot V_1, \quad (3.41)$$

где F_1 – сила на штоке, $F_1 = 90000 \text{ Н}$;

V_1 - скорость движения штока, $V_1 = 0,2 \text{ м/с}$;

$$P_1 = 90000 \cdot 0,2 = 18000 \text{ Вт.}$$

Необходимая мощность двигателя:

$$P_{д}^{необх} = \frac{P_{ц1}}{\eta_{д-ц1}} \cdot \frac{1}{K_{вых}}, \quad (3.42)$$

где $K_{вых}$ - коэффициент снижения фактической мощности дизеля из-за колебаний нагрузки ($K_{вых} = 0,8$ – для среднего режима работы) [37];

$\eta_{д-ц1}$ - КПД передачи от вала двигателя;

$$\eta_{д-ц1} = \eta_{пн} \cdot \eta_{н} \cdot \eta_{н-гд-б} \cdot \eta_{гд} \cdot \eta_{пц1}, \quad (3.43)$$

где $\eta_{пн}$ - КПД передачи привода насоса ($\eta_{пн} \approx 0,97$) [21];

$\eta_{н}$ - полный КПД насоса ($\eta_{н} \approx 0,9$) [37];

$\eta_{н-гд-б}$ - КПД, учитывающий потери мощности на пути от насоса до гидроцилиндра и от гидроцилиндра до бака ($\eta_{н-гд-б} \approx 0,95$) [37];

$\eta_{гд}$ - полный КПД гидроцилиндра ($\eta_{гд} \approx 0,97$ - для гидроцилиндра) [37];

$\eta_{\text{пци}}$ - КПД передачи между гидронасосом и рабочим органом ($\eta_{\text{пци}} \approx 0,97$) [37].

$$\eta_{\text{д-ци}} = 0,97 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,97 = 0,78.$$

$$P_{\text{д}}^{\text{необх}} = \frac{18000}{0,78} \cdot \frac{1}{0,8} = 28834 \text{ Вт.}$$

Мощность на входе в насос:

$$P_{\text{Hi}}^{\text{вх}} = \frac{P_{\text{ци}}}{\eta_{\text{пн-ро}}}, \quad (3.44)$$

где $\eta_{\text{пн-ро}}$ - КПД передачи привода насоса рабочего органа ($\eta_{\text{пн-ро}} \approx 0,804$) [37];

$$P_{\text{Hi}}^{\text{вх}} = \frac{18000}{0,804} = 22388 \text{ Вт.}$$

Мощность на выходе из насос:

$$P_{\text{H}}^{\text{вых}} = P_{\text{H}}^{\text{вх}} \cdot \eta_{\text{H}} = 22388 \cdot 0,9 = 20149 \text{ Вт.} \quad (3.45)$$

Мощность на входе в цилиндр:

$$P_{\text{ц}}^{\text{вх}} = P_{\text{H}}^{\text{вых}} \cdot \eta_{\text{H-ГД-Б}} = 20149 \cdot 0,95 = 19142 \text{ Вт.} \quad (3.46)$$

Мощность на выходе из цилиндра:

$$P_{\text{ц}}^{\text{вых}} = P_{\text{ц}}^{\text{вх}} \cdot \eta_{\text{ц}}, \quad (3.47)$$

где $\eta_{\text{ц}}$ - КПД гидроцилиндра ($\eta_{\text{ц}} \approx 0,95$) [37];

$$P_{\text{ц}}^{\text{вых}} = 19142 \cdot 0,95 = 18185 \text{ Вт.}$$

Мощность на выходе из гидронасоса:

$$P_{\text{M}}^{\text{вых}} = \frac{P_{\text{ци}}}{\eta_{\text{про}}}, \quad (3.48)$$

где $\eta_{\text{про}}$ - КПД гидрораспределителей ($\eta_{\text{про}} \approx 0,97$) [37];

$$P_{\text{M}}^{\text{вых}} = \frac{18000}{0,97} = 18557 \text{ Вт.}$$

Мощность на входе в гидронасос:

$$P_{\text{M}}^{\text{вх}} = \frac{P_{\text{M}}^{\text{вых}}}{\eta_{\text{M}}}, \quad (3.49)$$

где η_{M} - КПД муфты ($\eta_{\text{M}} \approx 0,9$) [37];

$$P_M^{bx} = \frac{18557}{0,9} = 20619 \text{ Вт.}$$

Крутящий момент на валу насоса:

$$T_{ц1} = \frac{P_{ц1}}{\omega_{ц1}} = \frac{P_{ц1}}{2 \cdot \pi \cdot n_{ц1}}, \quad (3.50)$$

Принята частота вращения $n=5$ об/сек [21].

$$T_{ц1} = \frac{18000}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} = 573 \text{ Н·м.}$$

Номинальное давление $P_{ном}$, МПа:

$$P_{ном} = 8 \cdot P_{po}^{0,25}, \quad (3.51)$$

где P_{po} -мощность, $P_{po} = 18$ кВт.

$$P_{ном} = 8 \cdot 18^{0,25} = 16,5 \text{ Мпа.}$$

Принято номинальное давление 20 МПа [37].

3.3.3.1 Выбор гидроцилиндра

При выборе гидроцилиндра необходимо соблюсти условия:

$$F_1 = F_{шт} = \frac{P_{ном} \cdot \eta_{цг1} \cdot \pi \cdot D^2}{4}, \quad (3.52)$$

где $F_{ц1}$ - сила на штоке [37];

$\eta_{цгм}$ - гидромеханический КПД цилиндра (практически равный его полному КПД) [37];

$$X_{ц1} = X_{шт}, \quad (3.53)$$

где $X_{ц1}$ - ход штока [37];

$$X_{ц1} = X_{шт} = V_{ц1} \cdot t_{ц1},$$

где $V_{ц1}$ - скорость штока [37];

$$V_{ц1} = V_{шт} = 0,1 \text{ м/сек}, \quad (3.54)$$

принято за $t_{ц1} = 0,85$ сек [37], т.е. цикл идет 3 с, за которые гидроцилиндр работает на выдвижение и втягивание.

$$X_{ц1} = X_{шт} = 0,1 \cdot 0,85 = 0,085 \text{ м} = 85 \text{ мм.}$$

Диаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{p_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{пл}} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 90000}{18 \cdot 10^6 \cdot 0,97 \cdot 3,14}} = 0,0847 \text{ м} = 84,7 \text{ мм.} \quad (3.55)$$

Принят стандартный диаметр цилиндра: $D=100$ мм [37].

Выбран гидроцилиндр строительного и дорожного машиностроения:

Диаметр поршня D , мм	100
Диаметр штока d , мм	50
Отношение рабочих площадей ϕ	1,246
Ход штока $X_{\text{шт}}$, мм	85

3.4 Пространственное расположение производственного процесса

3.4.1 Состав сборочно-сварочного цеха

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса, требует разработки чертежей плана и разрезов проектируемого цеха [30].

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 [30].

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 [30].

Для проектируемого участка сборки и сварки плети бесстыкового пути 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 рольгангом, а поперечное (на складах) – автоматизированной системой выгрузки, погрузки (АСВП).

3.4.3 Расчет основных элементов производства

3.4.3.1 Определение требуемого количества оборудования

Необходимое количество оборудования найдем по формуле [30]:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{ш}}{60 \cdot F_d \cdot K_{вн}}, \quad (3.56)$$

где N – годовая производственная программа, шт., $N = 1288$ шт.

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

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч,
 $F_d = 8553,6$ ч.;

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

Определяем необходимое количество вспомогательных приспособлений, оборудования и рабочих и данные расчета сводим в таблицы 3.13, 3.14 и 3.15. Определение количества оборудования осуществляем путем округления расчетного количества оборудования C_p до целого числа в большую сторону.

Коэффициент загрузки оборудования определяем по формуле [30]:

$$K_{30} = C_p / C_{п} \cdot 100, \quad (3.57)$$

где C_p - расчетное количество оборудования, шт.;

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

Таблица 3.13 – Количество вспомогательного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

Номер операции	Наименование оборудования	$T_{ш}$, мин	C_p , шт	$C_{п}$, шт	K_{30} , %
1	2	3	4	5	6
Базовый технологический процесс					
005-010	Стеллажи	14,4	0,037	1	3,7
015	Рельсорежательный станок МП 6-1968	2,5	0,0065	1	0,65
020	Машина для зачистки контактных поверхностей	10,5	0,027	1	2,5
025	Машина К 1100, Устройство для горячей правки	10,07	0,0262	1	26,2
030	Таль электрическая на балке укосине	5,5	0,014	1	1,4
035	Индукционная установка УИН 001-100/РТ-С	8,63	0,022	1	2,2
040	Станок СЧР-1У	5,5	0,014	1	1,4
045	Правильно-шлифовальный комплекс "ЖЕЙСМАР"	5,5	0,014	1	1,4
050	Дефектоскоп Авикон-02Р/ПК	8	0,021	1	2,1
Предлагаемый технологический процесс					
005-010	Стеллажи	14,4	0,037	1	3,7
015	Рельсорежательный станок	2,5	0,0065	1	0,65

	МП 6-1968				
--	-----------	--	--	--	--

Продолжение таблицы 3.13

1	2	3	4	5	6
020	Машина для зачистки контактных поверхностей	10,5	0,027	1	2,5
025	Машина К 1100, Устройство для горячей правки ФЮРА.000001.223.00.000 СБ	10,67	0,0278	1	27,8
030	Таль электрическая на балке укосине	5,5	0,014	1	1,4
035	Индукционная установка УИН 001-100/РТ-С	8,63	0,022	1	2,2
040	Станок СЧР-1У	5,5	0,014	1	1,4
045	Правильно-шлифовальный комплекс "ЖЕЙСМАР"	5,5	0,014	1	1,4
050	Дефектоскоп Авикон-02Р/ПК	8	0,021	1	2,1

В соответствии с количеством рабочих мест принимаем для базового и принятого количество сварочного оборудования равным 1 шт. и заносим в таблицу 3.14.

Таблица 3.14 - Количество сварочного оборудования, необходимого для изготовления изделия и коэффициент его загрузки

Технологический процесс	С _п , шт	К _{зо}
Базовый	1	26,2
Предлагаемый	1	27,8

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 [36].

Так как загрузка оборудования низкая из-за того, что расстояние между рабочими местами в 4 раза меньше необходимого, количество рабочих будем принимать согласно количеству рабочих мест, технологическому процессу и графику работы (4 бригады, 12 часов смена):

- 1 контролер ОТК (4 человека для 4 бригад);
- 1 стропальщик (4 человека для 4 бригад);
- 1 оператор автоматизированной системой выгрузки, погрузки (АСВП) (4 человека для 4 бригад);
- 1 оператор машины зачистки (4 человека для 4 бригад);
- 1 сварщик (4 человека для 4 бригад);
- 2 шлифовщика (8 человека для 4 бригад);
- 1 термист (4 человека для 4 бригад);
- 1 контролер ОТК (4 человека для 4 бригад);

Итого: 8 человек в бригаде (32 человека для 4 бригад).

Вспомогательных рабочих (30% от количества основных рабочих)—10;

ИТР (8% от суммы основных и вспомогательных рабочих) — 3;

Счетно-конторская служба (3% от суммы основных и вспомогательных рабочих) — 1;

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

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

Определяем коэффициент сменности по формуле [36]:

$$k_p = P_{\text{яв}} / P_{\text{яв1}}, \quad (3.58)$$

где k_p - коэффициент сменности,

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

Для базового технологического процесса:

$$k_p = 3/1 = 3.$$

Для предлагаемого технологического процесса:

$$k_p = 3/1 = 3.$$

3.4.4 Планировка заготовительных отделений

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

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

- из общего количества различных сортов металла, подлежащего обработке в заготовительном отделении, выделяют группы сходных сортаментов, поддающихся обработке на одинаковых группах станков;
- общее количество станков различных типоразмеров подразделяют на количество групп, равное установленному выше количеству групп подлежащих обработке сортаментов металла;
- количество групп станочного оборудования, полученное на основе описанных выше данных, размещают в пролетах заготовительного отделения, число которых равно установленному ранее числу пролетов сборочно-сварочного отделения [30].

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) [30].

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

приблизенно 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 [30].

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 плети бесстыкового пути 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 [30]:

$$C_m = \frac{k \cdot T_m}{T_{\text{нм}} + k T_m} \cdot 100\% , \quad (3.59)$$

где T_m – трудоемкость работ, выполняемых механизированным способом, мин.,
 $T_m = 604,83$ мин.;

$T_{\text{нм}}$ – трудоемкость работ, выполняемых немеханизированным способом,
 $T_{\text{нм}} = 35,4$ мин.;

k – коэффициент повышения производительности труда на данном участке,
 $k = 2$ [30].

$$C_M = \frac{2 \cdot 1239}{290 + 2 \cdot 1239} \cdot 100\% = 89,5\%.$$

Качественный уровень механизации производственного процесса можно определить по формуле [30]:

$$Y_M = 89,5 \cdot \left(1 - \frac{1}{2}\right) = 44,75\%. \quad (3.60)$$

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 плети бесстыкового пути представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Планировка административно-конторских и бытовых помещений

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

Продолжение таблицы 3.15

1	2	3	4	5
Уборные	Кабина 1,2х0,9 м Шлюз (тамбур)	При максим. явочном числе работающих в смену до 20 чел.	1,08 -	3,06х8 6,8 м
Душевые	Кабина 0,9х0,9 м	Одна кабина на каждые 10 явочных рабочих	0,81	1,62х2 м
	Место для переодеван ия 0,7х0,5 м	Три места на каждую кабину	0,35	1х6 м
	Тамбур	Между душевой и раздеальной один тамбур	-	4
Помещения для приема пищи	Комната	1 м ² /чел. По явочному составу	-	1х8 м

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

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

В целях осуществления санитарно-гигиенических требований эксплуатации бытовых помещений помещения для принятия пищи

рекомендуется располагать на достаточно большом расстоянии от места расположения уборных [38].

4.1 Финансирование проекта и маркетинг

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

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

4.2 Сравнительный экономический анализ вариантов

Разработка технологического процесса изготовления плети бесстыкового пути допускает различные варианты решения.

Бесстыковой путь (или бархатный) — условное наименование железнодорожного пути, расстояние между рельсовыми стыками которого значительно превосходит длину стандартного рельса (25 метров) Данный вид пути рассчитан на воздействие значительных (по сравнению со звеньевым путём) температурных напряжений, возникающих в рельсах при колебаниях температуры воздуха.

Плеть бесстыкового пути является конкурентноспособной, конкурентами предприятия являются предприятия таких стран как: Китай, США, также выпускающих бесстыковой путь.

Существует базовый вариант изготовления плети бесстыкового пути, который используется на РСП-29.

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 [39]:

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

где C - себестоимость единицы продукции, руб/год;

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

K - капиталовложения, руб/год.

Согласно базовому технологическому процессу горячая правка сварного стыка выполняется только в горизонтальной плоскости. Это приводит к тому, что при вертикальном смещении кромок рельс получается брак.

Швы выполняются стыковой сваркой оплавлением, в качестве сварочного оборудования используется сварочная машина К 1100.

В предлагаемом технологическом процессе применим устройство для горячей правки стыка рельс в горизонтальной и вертикальной плоскости.

Проведем технико-экономический анализ сравнения базового и предлагаемого вариантов. Нормы штучного времени базового и предлагаемого технологических процессов изготовления плети стыка рельс приведены в таблице 3.11.

4.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капитальные вложения в оборудование найдем по формуле [39]:

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

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

O_i - количество оборудования i -го типоразмера, ед;

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

Цены на оборудование берутся за 01.01.2019 (смотри таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [33]

Наименование оборудования		Цо, руб
Базовый технологический процесс		
К 1100	1 шт.	10 500 000
Предлагаемый технологический процесс		
К 1100	1 шт.	10 500 000

Капитальные вложения в сварочное оборудование смотри в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования		Ксо, руб.·год
Базовый технологический процесс		
К 1100	1 шт.	39 000
Предлагаемый технологический процесс		
К 1100	1 шт.	42 000

Капитальные вложения в приспособления найдем по формуле [39]:

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

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

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

μ_{npj} - коэффициент загрузки j -го приспособления.

Капитальные вложения в приспособления приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Капитальные вложения в приспособления [40,41]

Наименование оборудования	К _{прj} , руб	Базовый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		П _j , шт	К _{пр} , руб/ед.год	П _j , шт	К _{пр} , руб/ед.год
Рельсорежательный станок МП 6-1968	1079800	1	7018,7	1	7018,7
Устройство для горячей правки ФЮРА.000001.223.00.000СБ	134000	1	3484	1	3752
Индукционная установка УИН 001-100/РТ-С	1200000	1	26400	1	26400
Правильно-шлифовальнфй комплекс «Жейсмар»	355000	1	4970	1	4970
Дефектоскоп «АВИКОН-02Р»	300000	1	6300	1	6300
ИТОГО			48172,7		48440,7

4.2.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями

Капитальные вложения в здание определяется по формуле [42]:

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

где S_{Oi} - площадь, занимаемая оборудованием, м²/ед.

Для базового технологического процесса: $S_{o1}=508,8 \text{ м}^2$ и $S_{o2}=796,62 \text{ м}^2$.

Для предлагаемого технологического процесса: $S_{o1}=508,8 \text{ м}^2$ и $S_{o2}=796,65 \text{ м}^2$;

h - высота производственного здания, м, $h = 12 \text{ м}$ [39];

$\Pi_{зд}$ - стоимость 1м^3 здания на 01.01.2019 для рельсосварочного цеха составляет, $\Pi_{зд}=94\text{ руб/м}^3$.

$$K_{зДБ} = (508,8+796,62) \cdot 12 \cdot 94 = 1472514 \text{ руб.},$$

$$K_{зДП} = (508,8+796,62) \cdot 12 \cdot 94 = 1472514 \text{ руб.}$$

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

Таблица 4.4 – Капитальные вложения в здание, занимаемое оборудованием

Наименование оборудования	$K_{зд}$, руб.
Базовый технологический процесс	
К 1100	1472514
Предлагаемый технологический процесс	
К 1100	1472514

4.2.3 Определение затрат на основные материалы

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия определяем по формуле [39]:

$$C_m = m_m \cdot k_{т.з.} \cdot \Pi_m - N_0 \cdot \Pi_0 \text{ руб./изд.}, \quad (4.5)$$

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

Π_m - средняя оптовая цена сталей К76ХФ на 01.01.2019, руб./кг:

- для стали К76ХФ $\Pi_m=28,795\text{ руб./кг}$, при $m_m=52904\text{ кг}$;

$k_{т.з.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов $k_{т.з.}=1,04$ [39];

N_0 – норма возвратных отходов, $N_0 = 10,4\text{ кг/шт}$;

Π_0 – цена возвратных отходов, $\Pi_0 = 20\text{ руб/кг}$;

$$C_m = 51904 \cdot 1,04 \cdot 28,795 - 10,4 \cdot 20 = 1554150,7 \text{ руб/изд.}$$

4.2.4 Определение затрат на заработную плату производственных рабочих

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_{з.п.сд} = TC \cdot \sum_{i=1}^m \frac{T_{шт}}{60} \cdot K_d \cdot K_{пр} \cdot K_{рай} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{100} \right), \quad (4.6)$$

где TC- тарифная ставка на 01.01.2019, руб., TC– 89,6 руб.;

m – количество операций технологического процесса;

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

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

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

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая-32,8.

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

$$C_{з.п.сд} = 89,6 \cdot \frac{70,6}{60} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100} \right) = 313,97 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

Заработная плата основных производственных рабочих по предлагаемому технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = 89,6 \cdot \frac{71,2}{60} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100} \right) = 316,64 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

4.2.5 Определение затрат на заработную плату вспомогательных рабочих

Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_{з.п.вс.р} = \sum_{j=1}^k TC_j \cdot Ч_{врj} \cdot \frac{F_d}{12} \cdot K_d \cdot K_{пр} \cdot K_{рай} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{100}\right), \quad (4.7)$$

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

- для слесарей TC– 78,58 руб.;
- для контролер ОТК TC– 156 руб.;
- для МОП TC– 56,76 руб.;

k – количество профессий вспомогательных рабочих;

Ч_{врj} – численность рабочих по соответствующей профессии;

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

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

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

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

α₁, α₂, α₃, α₄ - страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая-32,8.

Затраты на заработную плату слесарей:

$$C_{з.п.слесарей} = 78,58 \cdot 10 \cdot \frac{1769}{12} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 344976,2 \frac{\text{руб}}{\text{изд}},$$

Затраты на заработную плату контролеров ОТК:

$$C_{з.п.ОТК} = 156 \cdot 1 \cdot \frac{1769}{12} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 68485,99 \frac{\text{руб}}{\text{изд}},$$

Затраты на заработную плату МОП:

$$C_{з.п.МОП} = 56,78 \cdot 1 \cdot \frac{1769}{12} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 24918,36 \frac{\text{руб}}{\text{изд}}.$$

$$C_{з.п.вс.р} = C_{з.п.слесарей} + C_{з.п.ОТК} + C_{з.п.МОП} = 344976,2 + 68485,99 + 24918,36 = 438380,55 \text{ руб/мес.} \quad (4.8)$$

4.2.6 Заработная плата административно-управленческого персонала

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

$$C_{з.п.ауп} = C_{зуп} \cdot \chi_{ауп} \cdot 12 \cdot K_d \cdot K_{гп} \cdot K_{рай} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{100}\right), \quad (4.9)$$

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

$\chi_{ауп}$ – численность работников административно-управленческого персонала должности, $\chi_{ауп} = 4$ чел.

$$C_{з.п.ауп} = 28865 \cdot 4 \cdot 12 \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 4126133,98 \frac{\text{руб.}}{\text{год.}}$$

4.2.7 Определение затрат на силовую электроэнергию

Расход технологической электроэнергии найдем по формуле [21]:

$$W_{тэ} = \sum \frac{U_{ci} \cdot I_{ci} \cdot t_{ci}}{\eta_u} + P_x \cdot \left(\frac{T_o}{K_u} - T_o\right), \quad (4.10)$$

где U_c и I_c – электрические параметры режима сварки;

T_o – основное время сварки;

η_u – КПД оборудования, для базового технологического процесса: $\eta = 0,88$,
для предлагаемого технологического процесса: $\eta = 0,87$;

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

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

Затраты на технологическую электроэнергию определим по формуле [21]:

$$C_{э.с.} = W_{тэ} \cdot \Pi_э, \quad (4.11)$$

где $\Pi_э$ – средняя стоимость электроэнергии по данным РСП-29, $\Pi_э = 2,5$ руб.

Затраты на электроэнергию по базовому технологическому процессу:
 $C_{э.с.} = 60238,55$ руб./изд.

Затраты на электроэнергию по предлагаемому технологическому процессу: $C_{э.с} = 60238,55$ руб./изд.

4.2.8 Определение затрат на сжатый воздух

Затраты на сжатый воздух определяется по формуле [39]:

$$C_{\text{возд}} = g_{\text{возд}}^{\text{ЭН}} \cdot k_{\text{ТП}} \cdot \Pi_{\text{возд}}, \text{ руб./изд}, \quad (4.12)$$

где $g_{\text{возд}}^{\text{ЭН}}$ - расход воздуха, м³/ч.

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

Для изготовления одного стыка расход воздуха составляет:

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

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

$$C_{\text{возд пр}} = 1,2 \cdot 1,15 \cdot 0,25443 = 0,25 \text{ руб./изд.}$$

4.2.9 Определение затрат на амортизацию оборудования

Определяются по формуле [39]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n \frac{\Pi_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot a_{hi} \cdot r_i}{N_{\Gamma}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.13)$$

где a_{hi} - норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования i -го типоразмера, % [39];

$$a_{hi} = \frac{1}{T_{co}} \cdot 100\%, \text{ руб}, \quad (4.14)$$

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

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

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

Амортизация оборудования приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Амортизация оборудования

Наименование оборудования	Вариант технологического процесса	
	Базовый	Предлагаемый

	a _i , %	C _з , руб/изд.	a _i , %	C _з , руб/изд.
К 1100	14,3	519,1	14,3	559

4.2.10 Определение затрат на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений определяются по формуле [39]:

$$C_u = \sum_{j=q}^m \frac{K_{прj} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{nj} \cdot a_j}{N_r}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.15)$$

где a_j- норма амортизационных отчислений для оснастки j-го типоразмера, a_j=0,15 [39];

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Затраты на амортизацию приспособлений

Наименование оборудования	Ц _{пр} , руб	Базовый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		Π _j , шт.	C _и , руб/изд.	Π _j , шт.	C _и , руб/изд.
Рельсорежательный станок МП 6-1968	1079800	1	0,82	1	0,82
Устройство для горячей правки ФЮРА.000001.223.00.000СБ	134000	1	0,41	1	0,44
Индукционная установка УИН 001-100/РТ-С	1200000	1	3,07	1	3,07
Правильно-шлифовальнфй комплекс «Жейсмар»	355000	1	0,58	1	0,58
Дефектоскоп «АВИКОН-02Р»	300000	1	0,73	1	0,73
ИТОГО			5,61		5,64

4.2.11 Определение затрат на ремонт оборудования

Затраты на ремонт оборудования определяем по формуле [39]:

$$C_p = \frac{R_m \cdot \omega_m + R_{\text{э}} \cdot \omega_{\text{э}}}{T_{\text{рц}}} \cdot \sum \frac{T_{\text{ш}}}{K_{\text{вн}} \cdot 60}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.16)$$

где R_m $R_{\text{э}}$ - группа ремонтной сложности единицы оборудования соответственно: механической и электрической части $R_m = 0$ [39];

ω - затраты на все виды ремонта;

$T_{\text{рц}}$ - длительность ремонтного цикла, $T_{\text{рц}} = 8000$ ч. [39].

Определение затраты на ремонт сводятся в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 - Затраты на ремонт оборудования

Наименование оборудования	$R_{\text{э}}$	$\omega_{\text{э}}$	T , ч	C_p , руб/изд.
Базовый технологический процесс				
К 1100	8	1849,5	1,18	0,03
Итого:				0,03
Предлагаемый технологический процесс				
К 1100	8	1849,5	1,19	0,03
Итого:				0,03

4.2.12 Определение затрат на содержание помещения

Определение затрат на содержание здания определяется по формуле [39]:

$$C_{\text{п}} = \frac{S \cdot \mu_{\text{oi}} \cdot \Pi_{\text{ср.зд}}}{N_{\text{г}}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (4.17)$$

где S – площадь сварочного участка, м^2 , $S = 1305,42 \text{ м}^2$ - для базового варианта, $S = 1305,42 \text{ м}^2$ - для предлагаемого варианта;

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

Затраты на содержание здания по базовому технологическому процессу:

$$C_{\pi} = \frac{1305,42 \cdot 1 \cdot 250}{1288} = 253,38 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

По предлагаемому варианту:

$$C_{\pi} = \frac{1305,42 \cdot 1 \cdot 250}{1288} = 253,38 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

4.3 Расчет технико-экономической эффективности

Определим количество приведенных затрат по формуле:

$$Z_{\pi} = C + \dot{\epsilon}_n \cdot K, \quad (4.18)$$

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

$\dot{\epsilon}_n$ - норма эффективности дополнительных капитальных затрат,

$\dot{\epsilon}_n = 0,15$ руб./год [39];

K - удельные капитальные вложения, руб./год.

Себестоимость продукции за год определяется по формуле:

$$C = N_{\Gamma} \cdot (C_{\text{м}} + C_{\text{зп.сд.}} + C_{\text{эс}} + C_{\text{возд}} + C_{\text{з}} + C_{\text{и}} + C_{\text{р}} + C_{\text{п}}) + C_{\text{зп.вс.р}} \cdot 12 + C_{\text{зп.АУП}}, \quad (4.19)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Капитальные вложения находим по формуле:

$$K=K_{co}+K_{пр}+K_{зд}. \quad (4.20)$$

Определим количество приведенных затрат по базовому технологическому процессу:

$$K=39000+48172,7+1472513,76= 1559686,46 \text{ руб/год},$$

По базовому техпроцессу из-за отсутствия горячей правки с тыка в вертикальном направлении брак составляет 8%. Это приводит к необходимости вырезать бракованный стык и производить сварку заново. Поэтому в себестоимость базового техпроцесса должна быть увеличена на 8% за исключением стоимости основного материала, так как сами рельсы остаются, вырезается только бракованный сварной стык.

$$C = 1288 \cdot 1,08 \cdot (1554150,7 + 313,97 + 150,6 + 0,35 + 519,08 + 5,61 + 0,03 + 253,38) - \\ - 1554150,7 \cdot 1288 \cdot 0,08 + 438380,55 \cdot 12 + 4123133,98 = 2012861900,73 \text{ руб/изд. год},$$

$$З_{п}^1 = 2012861900,73 + 0,15 \cdot 1559686,46 = 2013095853,69 \text{ руб/год}.$$

Определим количество приведенных затрат по предлагаемому технологическому процессу:

$$K= 42000+48440,7+1472513,76= 1562954,46 \text{ руб/год},$$

$$C=1288 \cdot (1554150,7 + 316,64 + 150,6 + 0,35 + 559 + 5,64 + 0,03 + 253,38) + \\ + 438380,55 \cdot 12 + 4123133,98 = 2012788725,94 \text{ руб/изд. год},$$

$$З_{п}^2 = 2012788725,94 + 0,15 \cdot 1562954,46 = 2013023169,11 \text{ руб/год}.$$

Рассчитаем величину экономического эффекта по формуле:

$$\mathcal{E} = З_{п}^1 - З_{п}^2, \quad (4.21)$$

$$\mathcal{E} = (З_{п}^1 - З_{п}^2) / N_{г}. \quad (4.22)$$

Величина экономического эффекта от выпуска годовой производственной программы:

$$\mathcal{E} = 2013095853,69 - 2013023169,11 = 72684,58 \text{ руб./год}.$$

Величина экономического эффекта на единицу изделия составит:

$$\mathcal{E} = (2013095853,69 - 2013023169,11) / 1288 = 56,43 \text{ руб/изд.}$$

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

4.4 Основные технико-экономические показатели участка

1. Годовая производственная программа, шт.	1288
2. Средний коэффициент загрузки оборудования	80,5
3. Производственная площадь участка, м ²	1305,42
4. Количество оборудования, шт	1
5. Списочное количество рабочих, чел.	37
6. Явочное количество рабочих, чел	32
7. Количество рабочих в первую смену, чел	8
8. Количество ИТР	3
9. Количество МОП	1
10. Количество контролеров	1
11. Разряд основных производственных рабочих	4
12. Экономический эффект от внедрения нового технологического процесса, руб./год	72684,58

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места

На участке производится сборка и сварка плети бесстыкового пути. При изготовлении плети бесстыкового пути осуществляются следующие операции: сборка, стыковая сварка оплавлением, термическая обработка, слесарные операции.

При изготовлении плети бесстыкового пути на участке используется следующее оборудование:

- Рельсорежательный станок МП 6-1968 1 шт.
- Устройство для горячей правки ФЮРА.000001.223.00.000СБ 1 шт.
- Индукционная установка УИН 001-100/РТ-С 1 шт.
- Правильно-шлифовальный комплекс «Жейсмар» 1 шт.

Перемещение изделия производят автоматизированной системой выгрузки-погрузки (АСВП) и рольгангом.

Сварное соединение железнодорожных рельсов выполняется для создания бесстыкового железнодорожного пути. Данный вид пути рассчитан на воздействие значительных (по сравнению со звеньевым путём) температурных напряжений, возникающих в рельсах при колебаниях температуры воздуха. Рельсовые плети изготавливаются из стандартных (100 м) рельсов сваркой на предприятиях (РСП — рельсосварочное предприятие) или непосредственно на месте укладки (рельсосварочный поезд). Хотя прокладка бесстыкового пути более дорогостояща, чем звеньевая, он отличается высокими эксплуатационными качествами, обеспечивающими высокоскоростное движение поездов, комфортабельность проезда пассажиров и снижение расходов на содержание подвижного состава и пути [43]. Масса плети бесстыкового пути составляет 51904 кг.

Рельсы изготавливаются из стали марки К76ХФ.

Проектируемый участок находится в двух помещениях, один крытой площадки, предназначенной для хранения рельс и открытого участка, где производится охлаждение сварных стыков. Освещение осуществляется двенадцатью окнами, расположенными в стене здания, а также 256 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 специальный проем в стенах здания (4шт.) при помощи рольганга. Вход в цеха и выход из них осуществляется через три двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся в цехах с площадью $S_1 = 508,8 \text{ м}^2$ и $S_2 = 796,62 \text{ м}^2$.

5.2. Законодательные и нормативные документы

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

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

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

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

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

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

К нормативным документам относятся:

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

требования. М.: Изд. стандартов, 1990.

4. ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Нормы освещения строительных площадок. М.: Изд. стандартов, 2001.

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

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

7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.

8. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

9. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.

10. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

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

5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При выполнении сварки на работников участка могут воздействовать вредные и опасные производственные факторы: повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; видимое и инфракрасное излучение свариваемого металла; производственный шум; статическая нагрузка на руку; электрический ток [44].

1. Запыленность.

Основной профессиональной вредностью при шлифовальных и точильных работах является образование и выделение в воздух мелкодисперсной минерально-металлической пыли в резко колеблющихся

количествах в зависимости от состава шлифовальных камней, характера обрабатываемого металла, способа обработки (сухой, мокрый), конструкции пылеотсасывающих устройств и т. д.

Большая запыленность отмечается при сухой шлифовке крупных деталей и изделий даже при наличии пылеотсасывающих устройств. Велика запыленность и при работе со свободными шлифовальными камнями и кругами, оборудование которых местными пылеотсасывающими устройствами встречает большие затруднения конструктивного характера. Значительно снижается запыленность воздуха при применении влажных способов шлифовки и при хорошем укрытии абразивных камней с использованием козырьков у кожуха.

Применяемые для изготовления шлифовальных камней абразивные материалы состоят почти исключительно из корунда (Al_2O_3) и карборунда — карбида-силиция (SiC) и содержат лишь незначительные количества двуокиси кремния. Так, в шлифовальных карбид-силициевых камнях с керамической связкой находят до 3,5% двуокиси кремния (SiO_2) за счет содержания в связке кварца (песка).

Вследствие этого содержание двуокиси кремния в шлифовальной пыли, поступающей в воздух помещения, незначительно, тем более что количество сдираемого с камня вещества по весу во много раз меньше, чем потери обрабатываемого металла (1:45). При абразивной зачистке металла создается запыленность до 1500 мг/м^3 . [45, 46].

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

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

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

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

Пыль, попадающая на слизистые оболочки глаз, вызывает их раздражение, конъюнктивит. Оседая на коже, пыль забивает кожные поры, препятствуя терморегуляции организма, и может привести к дерматитам, экземам. Некоторые виды токсической пыли (известки, соды, мышьяка, карбида кальция) при попадании на кожу вызывают химические раздражения и даже ожоги [47].

На участке сборки и сварки изготовления плети бесстыкового пути применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

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

Для вытяжной вентиляции в цехе применяется вентилятор радиальный ВЦ4-75-10К1Ж с двигателем АИР132М6 7,5/685.

2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- рельсорезательный станок МП 6-1968;
- вентиляция;

- машина для зачистки контактных поверхностей;
- машина К 1100;
- устройство для горячей правки;
- станок СЧР-1У;
- пневмошлифмашинка ИП-2014 Б.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности приведены в таблице 5.1 [48].

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

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

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [48].

Мероприятия по борьбе с шумом.

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

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники по ГОСТ Р 12.4.210-99.

3. Статическая нагрузка на руку.

При зачистке шлифовальной машинкой в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса [49].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках пневмошлифмашинку (весом от 3 до 6 кг) при проведении зачистных работ. Предлагается использовать кранштейн с пружинной компенсацией.

5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке

Для освещения используем газораспределительные лампы, имеющие высокую светоотдачу, продолжительный срок службы, спектр излучения люминесцентных ламп близок к спектру естественного света. Лампы устанавливают в светильник, осветительная арматура которого должна обеспечивать крепление лампы, присоединение к ней электропитания, предохранения её от загрязнения и механического повреждения. Подвеска светильников должна быть жёсткой [50].

Система общего освещения сборочно-сварочного участка должна состоять из 256 светильников типа С 3-4 с ртутными лампами ДРЛ мощностью 250 Вт, построенных в первом цеху в 4 ряда по 16 светильников и в 4 ряда по 48 светильников во втором цеху.

5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

1. Инфракрасное излучение свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает пол, стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что ухудшает условия работы. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги.

Тепловая радиация на рабочем месте может в целом составлять 0,5-6 кал/см²·мин [51].

2. Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски по ГОСТ 12.4.023. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

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

Спецодежда по ГОСТ 12.4.250-2013 – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключаяющие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющихся на проектируемом участке приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

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

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

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

Для защиты окружающих рабочих применяются ширмы.

3. Электрический ток.

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

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

4. Электробезопасность.

Сопротивление заземляющего устройства должно составлять не более 4 Ом.

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

Применяем для заземления вертикально забитые трубы длиной 6 м и диаметром 80 мм.

Сопротивление одиночного заземления вертикально устанавливаемого в землю определяется по формуле [52]:

$$R_{TP} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_T} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_T}{d}, \quad (5.1)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом см; $\rho = 144$ Ом м;

l_T - длина стержня, мм; $l_T = 6000$ мм;

d - наружный диаметр стержня, см; $d = 80$ м.

$$R_{TP} = \frac{10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 6000 \cdot 10^3} \cdot \ln \frac{2 \cdot 6000 \cdot 10^3}{80 \cdot 10^3} = 19 \text{ Ом.}$$

Определяем требуемое число заземлителей по формуле:

$$n = \frac{R_{TR}}{R_3 \cdot \eta_3}, \quad (5.2)$$

где R_3 - требуемое сопротивление осуществляемого заземления, Ом, $R_3 = 4$;

η_3 - коэффициент экранирования, $\eta_3 = 0,8$.

$$n = \frac{19}{4 \cdot 0,8} = 5,98 \text{ шт.}$$

Принимаем $n = 6$ шт.

Сопротивление металлической полосы, применяемой для соединения трубчатых заземлителей определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot h \cdot l_{II}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{II}^2}{b \cdot n}, \quad (5.3)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом см;

l_{II} - длина полосы, м;

b - ширина полосы, м;

h - глубина заложения полосы, м.

Длину полосы находим по формуле [35]:

$$l_{II} = 1,05 \cdot a \cdot (n-1), \quad (5.4)$$

где a - расстояние между заземлениями, см;

$$a=2 \cdot l_{\text{тр}}=2 \cdot 1,5=3 \text{ м.} \quad (5.5)$$

$$l_{\Pi} = 1,05 \cdot 3 \cdot (6-1)=15,75 \text{ м.}$$

$$R_{\Pi} = \frac{144}{2 \cdot 3 \cdot 15,75} \cdot \ln \frac{2 \cdot 15,75}{0,04 \cdot 0,004} = 18,6 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление всей системы, с учетом соединительной полосы и коэффициентов использования определяется по формуле:

$$R_{\text{с}} = \frac{R_{\text{тр}} \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{тр}} \cdot h_{\Pi} + R_{\Pi} \cdot \eta_{\text{э}} \cdot n}, \quad (5.6)$$

где $R_{\text{тр}}$ - сопротивление заземления одной трубы, Ом;

n - число труб заземлений, шт;

$\eta_{\text{э}}$ - коэффициент использования труб контура, $\eta_{\text{э}}=0,8$;

h_{Π} - коэффициент использования соединительной полосы, $h_{\Pi} = 0,7$.

$$R_{\text{с}} = \frac{19 \cdot 18,6}{19 \cdot 0,7 + 18,6 \cdot 0,8 \cdot 6} = 3,5 \text{ Ом.}$$

В результате проведённых расчётов получаем, что система заземления состоит из четырёх труб, вертикально вбитых в землю диаметром 80 мм и длиной 3 метра. Сопротивление заземлителя равно 3,5 Ом. Для связи вертикальных заземлителей используют полосовую сталь сечением 4х40 миллиметров.

5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

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

Защита от движущихся механизмов.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м.;
- свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м²;

- при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

5.5 Охрана окружающей среды

1. Защита селитебной зоны

Распределение территорий осуществляется на основании генеральных планов, на которых указаны участки расселения, использования природного компонента, а также учитываются территориальные возможности производительных сил. Весь комплекс планирования, определения зон, застройки и т. д. необходим, чтобы городские и сельские поселения были максимально удобными, грамотно распланированными, отвечающими требованиям безопасного проживания, а также имели способность развивать инфраструктуру на территории. В СНиП 2.07.01-89:2 дается определение "селитебная зона", определяются правила, требования, регламентируется последовательность действий для создания городских и сельских поселений, а также указываются данные для проведения расчетов [53].

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

2. Охрана воздушного бассейна.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого на участке сборки и сварки плети бесстыкового пути используют масляные фильтры для очистки воздуха от пыли по ГОСТ Р 51251-99. Пыль, проходя через лабиринт отверстий

(вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мере загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной плёнкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95-98 процентов.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30 процентов вредных веществ для рабочей зоны [38].

3. Охрана водного бассейна

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

4. Охрана почв и утилизация промышленных отходов.

На проектируемом участке сборки и сварки плети бесстыкового пути предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (стружка, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются на утилизацию, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается [38].

5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

На участке возможно возникновение пожара. Поэтому разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

- пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОХП-10 (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;

- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Проект вытяжной вентиляции.

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

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

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

Для поддержания необходимой температуры применяется центральное отопление.

Заключение

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

Для горячей правки сварного стыка плети бесстыкового пути применена модернизация правильной установки, с добавлением горизонтальной правки.

В результате перечисленных нововведений время изготовления плети бесстыкового пути увеличилось на 0,01 ч, но за счет модернизации правильной установки удалось снизить процент брака, и сэкономить время на вырезке бракованных стыков, и повторной сварке.

Кроме того, в данной работе приведено обоснование выбора способа сварки 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 1288 изделий.

Площадь спроектированного участка – 1305,42 м².

Средний коэффициент загрузки оборудования – 80,5 %.

Экономический эффект на годовую программу – 72684,58 рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Meade B. Railroad welding demands specialized processes. *Welding Journal*. 1997, vol. 76, no. 9, pp. 47–52.
2. Kargin V.A., Tikhomirova L.B., Abramov A.D., Galai M.S. Effect of vibroimpact treatment on the physical and mechanical properties of the surface layer of welded joints in rails. *Welding International*. 2014, vol. 28, no. 3, pp. 245–247.
3. Yamamoto R., Komizu Y., Fukada Y. Experimental examination for understanding of transition behaviour of oxide inclusions on gas pressure weld interface: joining phenomena of gas pressure welding. *Welding International*. 2014, vol. 28, no. 7, pp. 510–520.
4. Karimine K., Uchino K., Okamura M., Susceptibility to and occurrence of HAZ liquation cracking in rail steels: Study of rail welding with high-C welding materials (4th Report). *Welding International*. 1997, vol. 11, no. 6, pp. 452–461.
5. Kuchuk-Yatsenko S.I., Shvets Yu.V., Didkovskii A.V., Chvertko P.N., Shvets V.I., Mikitin Ya. I. Technology and equipment for resistance flash welding of railway crossings with rail ends through an austenitic insert. *Welding International*. 2008, vol. 22, no. 5, pp. 338–341.
6. Irving B., Long Island Rail Road orders an all-welded fleet. *Welding Journal*. 1997, vol. 22, no. 9, pp. 33–37.
7. Klimenko L.B. Seamless path - advanced design of railway track. *Prilozhenie k zhurnalu “Mir transporta” MKZhT MPS RF*. 2004, no. 1, pp. 88–93. (In Russ.).
8. Kozyrev N.A., Pavlov V.V., Godik L.A., Dement’ev V.P. *Zheleznodorozhnye rel’sy iz elektrostali [Railway rails of EAF steel]*. Novokuznetsk: EvrazKholding, Novokuznetskii metallurgicheskii kombinat, 2006, 388 p. (In Russ.).
9. Shur E.A. Advanced requirements of the Russian Railways to the rails. *Zheleznodorozhnyi transport*. 2008, no. 2, pp. 41–45. (In Russ.).
10. Shur E.A. Effect of the structure on operational stability of rails. In: *Vliyanie svoistv metallicheskoj matritsy na ekspluatatsionnyuyu stoikost’ rel’sov*: Sb.

statei [Effect of the properties of metal matrix on the operational stability of rails: Coll. of articles]. Ekaterinburg: UIM, 2006, pp. 37–63. (In Russ.).

11. Termicheski uprochnennye rel'sy [Thermally strengthened rails]. Zolotarskii A.F. ed. Moscow: Transport, 1976, 264 p. (In Russ.).

12. Козырев Н. А., Усольцев А. А., Шевченко Р. А., Крюков Р. Е., Шишкин П. Е. / Современные методы сварки рельсов нового поколения // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2017. Том 60. № 10. С. 785 – 791.

13. С. И. Кучук-Яценко, П. М. Руденко, В. С. Гавриш, А. В. Дидковский, Е. А. Антипин / Статистическое управление процессом контактной стыковой сварки рельсов. Двухуровневая система управления // Автоматическая сварка. 2016 №5-6 С. 17-20.

14. С. И. Кучук-Яценко, А. А. Наконечный, И. В. Зяхор, С. В. Чернобай, М. С. Завертаный / Технология и оборудование для стыковой сварки сопротивлением деталей большого сечения из разнородных сталей // Автоматическая сварка. 2016 №5-6 С. 21-27.

15. Управление процессами и оборудованием при сварке: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений/ Э.А. Гладков. – М.: Издательский центр "Академия", 2006. – 432 с.

16. Р. А. Шевченко, В. И. Базайкин, С. Н. Кратько, Н. А. Козырев, П. Е. Шишкин / Исследование токового режима сварочной машины K1000 при сварке рельсов // Вестник российской академии естественных наук (Западно–Сибирское отделение) 2017. №20. С. 106-111.

17. С. И. Кучук-Яценко, А. В. Дидковский, В. И. Швец, П. М. Руденко, Е. В. Антипин / Контактная стыковая сварка высокопрочных рельсов современного производства // Автоматическая сварка. 2016 №5-6 С. 7-16.

18. Генкин И. З./Сварные рельсы и стрелочные переводы. - Москва. «Интекст» -2003. - 94с.

19. ГОСТ Р 51685-2013 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия (с Изменением N 1).

20. Контактная стыковая сварка. Дост. и недостатки [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://mydocx.ru/7-112767.html>
21. Васильев В. И., Ильященко Д. П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. - 96 с.
22. Томас К. И., Ильященко Д. П. Технология сварочного производства. Томск. «Томский политехнический университет» -2011. - 247с.
23. Электронный марочник российских сталей [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.metalinfo.ru/ru/russteel/168261>
24. Основы металлургических процессов при сварке [Электронный ресурс] –режим доступа к ст.: <https://www.shtorm-its.ru/info/articles/osnovy-metallurgicheskikh-protsessov-pri-svarke/>
25. Орлов Б.Д. Технология и оборудование контактной сварки. Москва: «Машиностроение», 1986. - 352 с.
26. Гуляев И. А. Технология и оборудование контактной сварки. Москва: «Машиностроение», 1985. - 284 с.
27. Параметры режима стыковой сварки оплавлением [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://svarak.ru/kontaktnaya-svarka/parametryi-rezhima-styikovoy-svarki-oplavleniem/>
28. Ильященко Д. П, А. В Крюков, Расчет режимов стыковой контактной сварки: учебное пособие. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 100 с.
29. К1100 тех. хар 6 марта 2018 г. 7:21 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2015/04/20/K1100-tekhkhar.doc>
30. Крампит Н. Ю. Проектирование сварочных цехов: Методические указания. Ю.: Изд-во ИПЛ ЮТИ ТПУ. - 2005. - 40с.
31. Крампит Н. Ю. Нормативы времени на сварочные операции: Методические указания / Крампит Н. Ю. Ю.: Изд-во ЮФ ТПУ. - 2002. - 26с.
32. Оботуров В. И. Дуговая сварка в защитных газах. М: Стройиздат, 1989 232с.

33. K1100 тех.хар 6 марта 2018 г. 7:21 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2015/04/20/K1100-tekhkhar.doc>
34. Маслов Б. Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: Учеб. пос. для вузов. – М.: Академия, 2008. – 272 с.
35. Технологический процесс сварки длинномерных рельсовых плетей из рельсовых заготовок, длиной 100 метров. ОАО «РЖД» Западно-Сибирская дирекция по ремонту пути
36. 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.
37. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник. М.: 1983. 301 с.
38. Куликов О. Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.
39. 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.
40. Установка индукционного нагрева УИН
http://pskovelectrovar.ru/products/1_110/
41. Продам сайт www.gig-ant.com - цена 100 000 USD по курсу ЦБ РФ [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.gig-ant.com/import/24/1259.htm>
42. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 3. – М.: Машиностроение, 1978-557с.
43. Бесстыковой путь [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: https://ru.wikipedia.org/wiki/Бесстыковой_путь
44. ГОСТ 12.0.0030 - 74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)»
45. Вредности при шлифовальных и точильных работах. Болезни

шлифовщиков [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: https://meduniver.com/Medical/gigiena_truda/258.html

46. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

47. Запыленность и загазованность воздуха в рабочих зонах [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.ecolosorse.ru/ecologs-281-1.html>

48. 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.

49. ГОСТ 12.0.0030 - 74 «ССБТ. Опасные и вредные производ-ственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)»

50. П. П. Кукин, В. Л. Лапин. Е. А. Подгорных и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов / М.: Высшая школа, 2004. - 298с.

51. Брауде М. З. "Охрана труда при сварке в машиностроении"/ М.: Машиностроение, 1978. - 141с.

52. В. М. Гришагин, В. Я. Фарберов "Расчеты комфорта и безопасности". – Юрга: Изд. филиала ТПУ, 2012. – 96с.

53. Селитебные зоны - это что? Селитебная территория [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://fb.ru/article/288464/selitebnyie-zonyi---eto-cto-selitebnaya-territoriya>