



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт электронного обучения
Направление подготовки 150700 «Машиностроение»
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и сварки хребтовой балки рамы железнодорожной платформы.

УДК 621.757:621.791:624.072.33

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Хуснутдинов Р.Х		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хайдарова А.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Баннова К.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сопруненко Э.Е.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	к.т.н.		

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

Институт дистанционного образования
 Направление подготовки (специальность) оборудования и технология сварочного производства
 Кафедра оборудования и технология сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ОТСП

 (Подпись) (Дата) Киселев А.С.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Хуснутдинов Р.Х

Тема работы:

Технология сборки и сварки хребтовой балки рамы железнодорожной платформы.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

05.06.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Хребтовая вагонная балка, сталь 15ХСНД, при изготовлении используется автоматическая сварка под слоем флюсом</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Описание сварной конструкции 2 Материал сварной конструкции 3 Особенности сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей 4 Свариваемость металла сварной конструкции 5 Обоснование выбора способа сварки 6 Обоснование выбора сварочных материалов 7 Расчет режимов 8 Выбор основного сварочного оборудования

	9 Технология изготовления изделия 10 Описание базовой технологии сборки и сварки 11 Описание разрабатываемой технологии сборки и сварки
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Комплект технологической документации на сборки и сварку хребтовой вагонной балки
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Баннова К. А.
Социальная ответственность	Сопруненко Э. Е.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.03.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Хуснутдинов Р.Х		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Хуснутдинов Р.Х.

Институт		Кафедра	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Тема выпускной квалификационной работы: Технология сборки и сварки хребтовой балки рамы железнодорожной платформы.

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость применяемого оборудования для проведения сварочных работ, тарифные ставки рабочих, стоимость электроэнергии
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Обосновать выбор приобретаемого оборудования и материалов
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Привести затраты на приобретение оборудования и материалов
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать трудозатраты, энергозатраты, затраты на материалы, эксплуатацию оборудования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Хуснутдинов Р.Х.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Хуснутдинов Р.Х.

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Оборудования и технологии сварочного производства
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01. «Машиностроение»

Тема выпускной квалификационной работы: Технология сборки и сварки хребтовой балки рамы железнодорожной платформы.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Целью данного раздела – выявление и предупреждение всех возможных опасных и вредных для здоровья человека факторов, которые могут возникнуть при работе на сварочном производстве

Анализ сварочного производства:

- а) приводится перечень всех используемых в работе газов, их агрегатное состояние, класс опасности (токсичности), механизм воздействия их на организм человека; приводится перечень средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, а также защиты окружающей среды;
- приводятся правила охраны труда и техники безопасности
- б) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений;
- в) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;
- приводятся правила обращения с баллонами для сжатых и сжиженных газов.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности

- а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;
- б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка;

пожаро-взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).

2. Охрана окружающей среды:
 организация безотходного производства (приводится перечень отходов, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).

3. Защита в чрезвычайных ситуациях:
 – приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия
 – разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС;
 – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;
 разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:
 – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);

Перечень графического материала:
 Отсутствует

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сопруненко Э.Е.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Хуснутдинов Р.Х.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 78 с., 9 рис., 36 табл., 23 источников, 12 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: сталь 15ХСНД, автоматическая сварка под слоем флюса, хребтовая балка, технология сборки и сварки, режимы сварки.

При производстве деталей вагонов поездов особое значение отдается технологии сборки и сварки, от которой будет зависеть качество и работоспособность конструкции. Одной из наиболее нагруженных деталей вагона является хребтовая балка. Хребтовая балка служит для крепления на ней автосцепного и тормозного оборудования.

Предметом изучения является технология автоматической сварки под слоем флюса плавящимся электродом.

Объектом изучения в выпускной квалификационной работе является технология изготовления хребтовой балки.

Цель работы – является разработка технологического процесса сборки и автоматической сварки под слоем флюса вагонной хребтовой.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord2016 и графическом редакторе “КОМПАС-3DV16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Graduation qualification work 78 pp., 9 pic., 36 tables, 23 sources, 12 sheets of demonstration material (slides).

Key words: 15XCHД steel, automatic welding under the flux layer, spinal beam, assembly and welding technology, welding modes.

In the production of train car parts, special emphasis is given to assembly and welding technology, on which the quality and performance of the structure will depend. One of the most loaded parts of the car is a spinal beam. Spinal beam serves to attach the auto-coupling and brake equipment on it.

The subject of study is the technology of automatic welding under a layer of flux by a consumable electrode.

The object of study in the final qualifying work is the technology of making a spinal beam.

The purpose of the work is the development of the technological process of assembly and automatic welding under a layer of flux wagon spinal.

The graduate qualification work of the bachelor is executed in the text editor MicrosoftWord2016 and the graphic editor "KOMPAS-3DV16" and is presented on the CD-RW (in the envelope on the back cover).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Обозначения и сокращения

$I_{св}$ – сила тока;

U_d – напряжение дуги;

$V_{св}$ – скорость сварки.

КПД – коэффициент полезного действия;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения
- 2 ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- 3 СПП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.
- 4 ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность» гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;
- 5 ГОСТ 12.1.003- 83 нормируемые параметры шума на рабочих местах;
- 6 ГОСТ 12.1.005- нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;
- 7 ГОСТ 12.0.002-74 требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.
- 8 ГОСТ 17.2.3.02- 78 требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Коэффициент наплавки (α_n): это коэффициент, выраженный отношением массы металла, наплавленной за единицу времени горения дуги, отнесенной к единице сварочного тока.

Сварочная ванна: часть металла свариваемого шва, находящаяся при сварке плавлением в жидком состоянии.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
Введение.....	13
1 Описание сварной конструкции	15
1.1 Материал сварной конструкции	17
1.2 Особенности сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей ..	19
1.3 Свариваемость металла сварной конструкции.....	20
1.4 Обоснование выбора способа сварки.....	21
1.5 Обоснование выбора сварочных материалов.....	24
1.6 Расчет режимов	26
1.7 Выбор основного сварочного оборудования.....	34
2 Технология изготовления изделия	37
2.1 Описание базовой технологии сборки и сварки	37
2.2 Описание разрабатываемой технологии сборки и сварки	38
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	40
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	40
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	41
3.1.2 FAST – анализ.....	42
3.1.3 SWOT-анализ.....	48
3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	52
3.2 Инициация проекта	54
3.3 Планирование управления проектом	56
3.3.1 План проекта.....	56
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	57
3.4 Бюджет научного исследования	60
3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	60
3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	61
3.4.3 Расчет фонда заработной платы	62

3.4.4 Расчет дополнительной заработной платы.....	64
3.4.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды	65
3.4.6 Расчет накладных расходов	65
3.4.7 Формирование бюджета затрат НТИ	66
3.5 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования.....	66
4 Социальная ответственность	69
4.1 Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте	69
4.1.1 Производственный шум	69
4.1.2 Ультрафиолетовое излучение (УФИ)	70
4.1.3 Электробезопасность	72
4.1.4 Расчет защитного заземления	73
4.1.5 Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	76
4.1.6 Электромагнитное излучение	77
4.2 Экологическая безопасность.....	78
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	81
Заключение.....	83
Список использованных источников.....	84

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА.200000.023 Презентация.

Файл Презентация Хуснутдинов.ppt в формате PowerPoint 2016

ФЮРА. 200000.023 Пояснительная записка.

Файл Диплом Хуснутдинов.docx в формате Word 2016

Введение

При производстве деталей вагонов поездов особое значение отдается технологии сборки и сварки, от которой будет зависеть качество и работоспособность конструкции. Одной из наиболее нагруженных деталей вагона является хребтовая балка. Хребтовая балка служит для крепления на ней автосцепного и тормозного оборудования. Через автосцепное устройство она передает продольные силы на другие вагоны. Но поскольку эта балка жестко связана с другими элементами кузова, то наряду с продольными воспринимает также и вертикальные силы, и испытывает динамические и вибрационные нагрузки. В связи с этим актуальным является обеспечения требуемого качества сварных соединений при производстве хребтовой балки.

Наиболее приемлемыми способами сварки балки, ввиду протяженности швов и склонности к деформации сварной конструкции, являются механизированная сварка в среде защитных газов или автоматическая сварка под слоем флюса. Данный способ позволяет снизить трудоемкость процесса изготовления и повысить производительность. К тому же для обеспечения сборки и сварки конструкции без деформаций необходимо использовать специальные приспособления.

В связи с этим объектом изучения в выпускной квалификационной работе является технология изготовления хребтовой балки.

Цель работы – является разработка технологического процесса сборки и автоматической сварки под слоем флюса вагонной хребтовой.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант изготовления;
- подобрать и обосновать способ сварки;
- провести расчеты режимов сварки;
- подобрать вспомогательное и сварочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки вагонной хребтовой балки;

- провести экономические расчеты базового и проектируемого варианта, для определения экономической эффективности;

- разработать программу переподготовки электросварщиков для данного способа сварки.

1 Описание сварной конструкции

Вагонная хребтовая балка широко используется в строительстве как грузовых, так и пассажирских вагонов. Она состоит из 2-х Z-образных профилей и полки, к которым крепятся автосцепные устройства, которые в свою очередь принимают продольные силы сжатия и растяжения. Также балка принимает и вертикальные силы сжатия и растяжения.

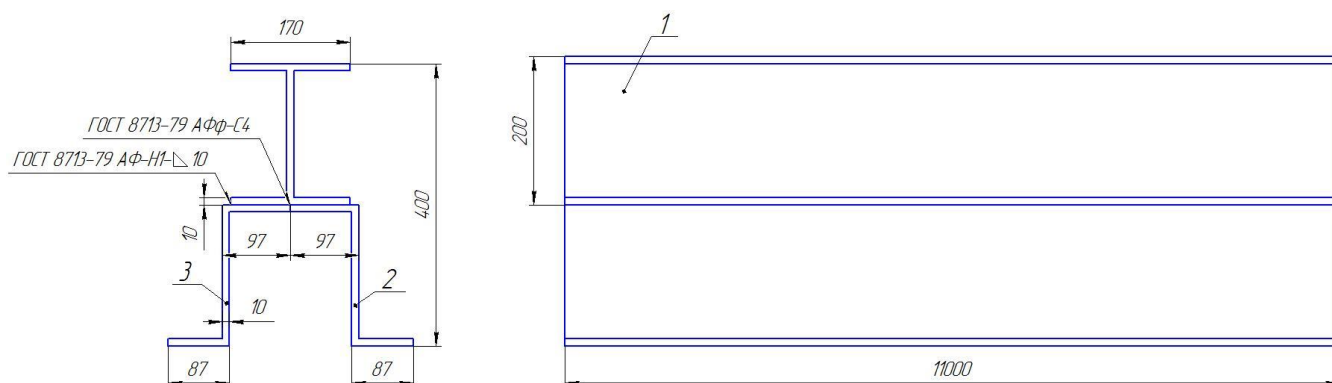


Рисунок 1 – Схема хребтовой балки

Железнодорожный транспорт самый безопасный способ перевозки груза. Благодаря вагонам можно перевозить самые разные виды груза, а также железнодорожная перевозка самая недорогая.

Виды вагонов:

В крытых вагонах, обычно, перевозят бытовую технику, хозтовары, зерно, мебель, одежду и другой подобный груз. Они надежно защищают его от атмосферных и механических повреждений. Крытые вагоны оборудованы специальными закрывающимися люками или металлическими дверьми, расположенными в самом низу. Эти приспособления позволяют облегчить процесс погрузки и разгрузки. Крытые вагоны подразделяются на специальные, в которых перевозятся животные, птицы, автомобили, бумажная продукция и т.д., и универсальные, предназначенные для транспортировки зерна и штучного товара.

Изотермические вагоны также относятся к категории крытых. Они оснащены оборудованием для транспортировки грузов с ограниченным сроком хранения (рыбы, мяса, фруктов, полуфабрикатов и т.д.).

Изотермические вагоны подразделяют на группы по типу и способу охлаждения. Для того, чтобы в вагоне сохранялись определенные температуры, его корпус обшивается пенополиуретановой или полистирольной теплоизоляцией. Вагоны-рефрижераторы, также входящие в категорию изотермических вагонов, оборудованы холодильниками или электросиловым оборудованием, предназначенным для охлаждения или подогрева. Кроме того, они имеют специальные устройства для вентиляции воздуха. Железнодорожные перевозки грузов могут совершаться и в вагонах-ледниках, оснащенных льдосоляным охлаждением. Все виды изотермических вагонов оборудованы различными приспособлениями для удобного расположения груза.

Железнодорожные перевозки автомобилей, оборудования, сельскохозяйственной техники, сыпучих и навалочных грузов происходят с использованием Ж/Д полувагонов. Так как, данный груз не нуждается в защите от атмосферных воздействий, то он перевозится в открытых грузовых вагонах с бортами, но без крыши. Существуют железнодорожные полувагоны с четырьмя осями, способные перевозить до 65 тонн груза, с шестью осями, вмещающие до 95 тонн, и с восемью осями, грузоподъемностью до 125 тонн. Конструкции кузова железнодорожных полувагонов также бывают различными: вертикальные стены + плоский пол и разгрузочные люки, прямые глухие стены + пол без люков, наклонные стены + люки с обеих сторон. Вагоны без крыши значительно облегчают погрузочно-разгрузочные работы, позволяя использовать даже вагоноопрокидыватели. Для перевозки насыпных грузов используют железнодорожные полувагоны с цельным металлическим кузовом, состоящим из четырех стен. Нижняя часть кузова оборудована двумя продольными бункерами с наклонными внутренними стенами, оборудованными люками. Кроме того, для транспортировки насыпных грузов используют закрытые или открытые саморазгружающиеся грузовые вагоны (хопперы), выбор которых зависит от необходимости в защите товара от влияния атмосферы.

По железной дороге наливные грузы перевозятся в специальных ЖД цистернах, которые выглядят как цилиндрические емкости с отверстиями для наливания жидкости. К наливным грузам относят жидкие и газообразные вещества, например, кислоты, нефтепродукты, масла и т.д. Отличительные характеристики груза влияют на оснащение цистерны приборами для верхнего или нижнего слива. Данные емкости подразделяются на специальные и общего назначения. К примеру, при транспортировке молока используются специальные нержавеющие железнодорожные цистерны с теплоизоляционным слоем, а вязкие нефтепродукты перевозятся в ЖД цистернах с обогревательными рубашками.

Перевозка негабарита, металлоконструкций, спецтехники и контейнеров происходят при помощи железнодорожных платформ, которые подразделяются на универсальные и специальные. В конструкцию универсальной ЖД платформы с четырьмя осями входит мощная стальная рама, деревянный пол и откидные металлические борта. Такая платформа может перевозить до 71 тонны груза. Кроме того, существуют фитинговые платформы со специальными упорами, которыми закрепляются крупнотоннажные контейнеры. Помимо всего прочего, негабаритный груз может доставляться до места в вагонах-транспортерах.

1.1 Материал сварной конструкции

Стали из которых изготавливают вагонную хребтовую балку: 10ХСНД, 14ХГС, 15ХСНД.

Для изготовления хребтовой балки грузового вагона применяют сталь 15ХСНД.

Сталь 15ХСНД конструкционная низколегированная для сварных конструкций.

Использование в промышленности: элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются

требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от -70 до +450°С.

Таблица 1 - Химический состав стали 15ХСНД [1]

Химический элемент	%
Кремний (Si)	0,4-0,7
Медь (Cu)	0,2-0,4
Мышьяк (As), не более	0,08
Марганец (Mn)	0,4-0,7
Никель (Ni)	0,3-0,6
Фосфор (P), не более	0,035
Хром (Cr)	0,6-0,9
Азот (N), не более	0,008
Сера (S), не более	0,040

Свариваемость: без ограничений.

Склонность к отпускной хрупкости: малосклонна.

Таблица 2 - Механические свойства стали 15ХСНД [1]

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение δ , %
470-685	335-345	21

Данная сталь имеет много легирующих элементов, что хорошо сказывается на характеристиках данной стали. Кремний в данной стали улучшает упругие свойства, но ухудшает ударную вязкость стали. Марганец в свою очередь улучшает прочность стали, она становится более твердой, коробление становится меньше при закалке, становится лучше прокаливаемость, улучшаются режущие характеристики стали, но при нагреве идет рост зерна, что приводит к снижению такой характеристики стали как стойкость к ударным нагрузкам. Хром мешает росту зерна, когда сталь нагревается, улучшает сопротивление статическим и ударным нагрузкам, сталь становится более жаростойкая

1.2 Особенности сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Стали этих групп относятся к хорошо сваривающимся практически всеми видами сварки, сталям. Основные требования при их сварке - обеспечение равнопрочности сварного соединения основному металлу, отсутствие дефектов, требуемая форма сварного шва, производительность и экономичность. При сварке плавлением эти требования обеспечиваются выбором и применением типовых сварочных материалов, режимов и технологии выполнения сварки.

Для изготовления сварных конструкций из этой группы в первую очередь применяют низкоуглеродистые стали с содержанием углерода до 0,25%. Низкоуглеродистые стали обыкновенного качества в зависимости от назначения подразделяют на три группы: А, Б, В. Для ответственных сварных конструкций в основном используют, стали группы В с гарантируемыми химическим составом и механическими свойствами. Выпускаются низкоуглеродистые качественные стали с нормальным (10,15,20 и др.) и повышенным (15Г, 20Г) содержанием марганца.

Эти стали хорошо свариваются всеми способами дуговой сварки. Однако они обладают невысокими механическими характеристиками и их применение связано с увеличением металлоемкости и массы конструкций. Уменьшить удельный расход стали можно, повышая прочностные характеристики. С этой целью в сталь вводят легирующие элементы, которые, образуя твердые растворы и химические соединения, повышают ее свойства. Это позволяет снизить массу изготавливаемых конструкций. Сейчас все шире применяют низкоуглеродистые низколегированные стали с содержанием легирующих элементов до 2,5%. Основными легирующими элементами являются марганец, кремний, хром и никель. Для повышения коррозионной стойкости стали вводят медь (0,3-0,4%). Такие стали обладают хорошей свариваемостью.

1.3 Свариваемость металла сварной конструкции

Свариваемость стали - это способность стали определенного хим. состава, при сварке, давать высококачественное соединение, без последующих холодных или горячих трещин и других дефектов. От хим. состава зависят физические свойства стали, её структура, они могут меняться под действием нагрева или охлаждения стали. Именно благодаря количеству углерода и легирующих элементов можно определить склонность стали к холодным трещинам.

При выборе марки стали на стадии проектирования сварочной конструкции может возникнуть необходимость ориентировочной оценки необходимости подогрева перед сваркой. Для приближенной оценки влияния термического цикла сварки на закаливаемость околошовной зоны и ориентировочного определения необходимости снижения скорости охлаждения за счет предварительного подогрева можно пользоваться так называемым эквивалентом углерода. Если при подсчете эквивалента углерода окажется, что $C_э < 0,45\%$, то данная сталь может свариваться без предварительного подогрева; если $C_э > 0,45\%$, то необходим предварительный подогрев, тем более высокий, чем выше значение $C_э$.

При сварке металла относительно небольшой толщины (до 6-8 мм) и сварных узлов небольшой жесткости предельное значение $C_э$, при котором нет необходимости в предварительном подогреве, может быть повышено до 0,55%.

Оценка закаливаемости стали в условиях сварки по эквиваленту углерода весьма приближенна, так как не учитывается много существенных факторов (толщина свариваемой стали, тип соединения, режим сварки, исходное структурное состояние и др.).

Выполним расчет эквивалентного углерода для стали 15ХСНД по формуле [2]:

$$\sum C_э = C_э + C_p, \quad (1)$$

где $C_э$ - химический эквивалент углерода,

C_p - размерный эквивалент углерода.

Эквивалентное содержание углерода, определяется по формуле (2):

$$C_э = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (2)$$

где C, Mn, Cr, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

$$C_э = 0,15 + \frac{0,6}{6} + \frac{0,7}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,3 \%$$

Определим размерный эквивалент углерода:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_э, \quad (3)$$

где δ – толщина свариваемой стали, мм.

$$C_p = 0,005 \cdot 16 \cdot 0,3 = 0,036 \%$$

Находим полный эквивалент углерода:

$$\Sigma C_э = 0,3 + 0,036 = 0,324 \%$$

Получившийся $C_{э\text{кв}}$ равен 0,324%, а это значит, что холодные трещины образовываться не будут, и предварительный подогрев не нужен, т.к. получившиеся значение ниже 0,45%.

Данная сталь может сваривается всеми видами сварки без предварительного подогрева и специальных технологических мероприятий

1.4 Обоснование выбора способа сварки

При выборе способа сварки стоит исходить из его экономической целесообразности, сварочных характеристик, таких как скорость сварки, ток, напряжение, качество сварного соединения и т.д.

Для разрабатываемого способа сварки будут рассмотрены два вида сварки, это сварка в среде защитного газа и сварка под флюсом. Сварка газом не рассматривается, т.к. производительность данного способа слишком мала, даже со сравнением базового. Базовый вариант - ручная сварка плавящимся электродом.

Первым рассмотрим сварку в среде защитных газов. Сварка в защитных газах базируется на дуговом варианте, при котором электрическая дуга, вызывающая плавление свариваемых материалов, образуется от взаимодействия поверхности металла и электрода. Отличием от стандартного дугового процесса является введение в зону плавления (в сварную ванночку) защитных газов (одного или смеси), которые вытесняют из нее составляющие воздуха: кислород, азот и другие газы, отрицательно влияющие на параметры соединения и качество шва.

В защитных газах происходит максимально чистое соединение без примесей. Шов получается однородным, гладким и полностью соответствует показателям, которых требует ГОСТ. Толщина свариваемых поверхностей варьируется от десятых долей миллиметров и до десятков. Используемая в качестве главного элемента дуга дала второе название этому способу соединения металлов - дуговая сварка в защитных газах. Максимально-возможная наплавка по сечению до 65 мм².

Достоинства способа:

- процесс сварки в защитных газах предпочтительнее других способов благодаря массе положительных моментов;
- эффективная защита сварной ванны (особенно в инертных защитных газах).
- темпы работ. Скорость выше в несколько раз относительно дугового способа соединения.
- Контроль. Можно напрямую следить за дугой и ванной.
- универсальность. Технология сварки допускает работу в любых плоскостях.
- чистота шва. Отсутствует необходимость зачистки при выполнении нескольких слоев. При этом полностью соблюдается ГОСТ.
- узконаправленное термическое воздействие. Возникающие в процессе сварки деформации сведены к минимуму.

- диапазон применения. Возможность соединения металлов различной толщины: от самых тонких металлов до нескольких сантиметров.

- декоративность. Получаемые швы отличаются хорошим внешним видом (гладкие, ровные).

Недостатки способа:

- дороговизна. Технология предусматривает наличие специального газового оборудования, и газов, что увеличивает себестоимость работ.

- требовательность. Сварка с применением защитных газов сама нуждается в организации защитных приспособлений, чтобы летучие газы не выдувались атмосферным воздействием (при работе на открытой местности).

В закрытых помещениях данный фактор менее важен.

Теперь рассмотрим второй способ – это автоматическая сварка под флюсом. При этом способе сварки электрическая дуга горит под сварочным флюсом. Под действием тепла дуги расплавляются электродная проволока и основной металл, а также часть флюса. В зоне сварки образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Газовая полость ограничена в верхней части оболочкой расплавленного флюса. Расплавленный флюс, окружая газовую полость, защищает дугу и расплавленный металл в зоне сварки от вредного воздействия окружающей среды, осуществляет металлургическую обработку металла в сварочной ванне. По мере удаления сварочной дуги расплавленный флюс, прореагировавший с расплавленным металлом, затвердевает, образуя на шве шлаковую корку. Максимально-возможная наплавка по сечению до 100 мм².

Достоинства способа:

- повышенная производительность;
- минимальные потери электродного металла (не более 2%);
- отсутствие брызг;
- максимально надёжная защита зоны сварки;
- минимальная чувствительность к образованию оксидов;

- мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения.

Недостатки способа:

- трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;

- расход флюса по весу в среднем равняется весу израсходованной проволоки, и стоимость его оказывает существенное влияние на общую стоимость сварки;

- трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия;

- невидимость места сварки, закрытого толстым слоем флюса. Невидимость места сварки повышает требования к точности подготовки и сборки изделия под сварку, затрудняет сварку швов сложной конфигурации;

- нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования;

- отсос и сбор флюса, пересыпка для повторного его использования являются дополнительными источниками пылевыведения. Установлено, что

- при повторном использовании флюса запыленность воздушной среды выше в 2 раза, чем при сварке под свежим флюсом.

Подводя вывод о выборе способа сварки для сварки хребтовых балок с продольными швами из горячекатаной и низколегированной стали, которой и является сталь 15ХСНД, использовать автоматическую сварку под флюсом будет является технологически целесообразным и высокопроизводительным способом. Данная сварка очень хорошо подойдет для большой длины сварного шва и сокращения количества проходов.

1.5 Обоснование выбора сварочных материалов

Так как химический состав металла шва тесно связан с химической активностью флюса и составом сварочной проволоки, флюс для сварки различных марок углеродистой и низколегированной стали и марку проволоки

выбирают одновременно, т.е. выбирают систему флюс - проволока. Для предупреждения образования в швах пор металл швов должен содержать не менее 0,2-0,4% кремния и марганца. Это и определяет систему выбора флюса и сварочной проволоки.

В настоящее время используют три основные системы.

Низкоуглеродистая электродная проволока (Св-08, Св-08А и т.п.) и высокомарганцовистый (35-45% MnO) флюс с высоким содержанием кремнезема (40-45% SiO₂). Легирование шва кремнием и марганцем происходит за счет кремнемарганцевосстановительных процессов, количество восстанавливаемого из флюса в шов легирующего элемента сравнительно невелико (Si<0,4%; Mn<0,7%). При использовании керамического флюса легирование металла шва марганцем и кремнием происходит путем их введения во флюс в виде ферросплавов.

Низкоуглеродистая проволока, легированная до 2% Mn (типа Св- 10Г2), и высококремнистый (кислый) флюс, содержащий 40-42% SiO₂ и не более 15% MnO. В этом случае легирование шва марганцем происходит за счет проволоки, а кремнием - за счет восстановления его из флюса.

Среднемарганцовистая электродная проволока (~1% Mn) и среднемарганцовистый (~30% Mn) кислый флюс. Легирование металла шва марганцем происходит за счет проволоки и марганцевосстановительного процесса из флюса, кремнием - за счет кремневосстановительного процесса из флюса. Другие марки флюса, предназначенные для сварки различных высоко- или сложнелегированных сталей и цветных металлов, нестандартизованы и поставляются по различным ведомственным технологическим условиям. [3]

При сварке изделий из данной стали применяют, как правило, холоднотянутую проволоку сплошного сечения, поставляемую по ГОСТ 2246-70. В нашем случае будем применять сварочную проволоку Св-08ГА, в сочетании с флюсом АН-348 А (ГОСТ 9087-81 [4]).

Таблица 3 - Химический состав флюса АН-348 А

SiO ₂	MnO	MgO	CaF ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	S	P
41-44	34-38	5-7,5	4-5,5	<6,5	<4,5	<0,15	<0,12

Цвет зерен - коричневый с оттенками, размер зерен 0,35-0,5 мм;

Строение зерен - стекловидное;

Объемная масса 1,3-1,8 кг/дм

Таблица 4 - Химический состав стали проволоки СВ-08 ГА

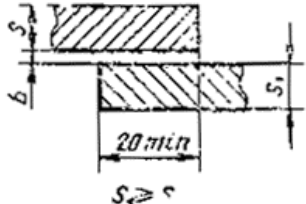
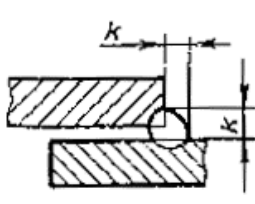
C	Si	Mn	Ni	S	Al	P	Cr
Не более 0,10	Не более 0,06	0,80 - 1,10	Не более 0,25	Не более 0,025	-	Не более 0,03	Не более 0,10

Для прихваток применяем ручную дуговую сварку, электроды типа Э50 марки УОНИ-13/55 (ГОСТ 9467-75).

1.6 Расчет режимов

Для автоматической сварки под флюсом хребтовой балки используются два типа соединений Т1 и С4 по ГОСТ 8713-79 [5]. Расчет режимов сварки под флюсом производим согласно [6].

Таблица 5 – Конструктивные элементы сварного соединения при сварке под флюсом по ГОСТ 8713-79 [5]

Усл. обознач.	Конструктивные элементы		b		S
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения	Номин. откл	Предел. откл	
Н1			0	+2,0	Св. 5 до 10

Последовательность расчета режима сварки угловых швов следующая:

1) Устанавливаем требуемую глубину провара при сварке, с одной стороны. Для угловых швов глубина провара определяется по формуле:

$$H_{np} = 0,6 \cdot \delta, \quad (13)$$

где δ - толщина металла.

Тогда:

$$\delta = 0,6 \cdot 10 = 6 \text{ мм} .$$

Иногда глубину провара при сварке с одной стороны задают на 2-3мм больше или меньше половины сечения. Принимаем глубину провара 5 мм.

2) Выбираем силу сварочного тока, обеспечивающую заданную глубину проплавления:

$$I_{св} = \frac{H_{np}}{K_h} \cdot 100 , \quad (14)$$

где H_{np} - необходимая глубина провара при сварке с одной стороны, мм;

K_h - коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки.

Значения коэффициента $K_h = 0,9$ для флюса АН-348А при сварке на постоянном токе обратной полярности. Тогда подставив все известные значения в формулу (14), получим:

$$I_{св} = \frac{5}{0,9} \cdot 100 = 440 \text{ А} .$$

3) Выбираем диаметр электродной проволоки. Ориентировочно диаметр электродной проволоки может быть определен по формуле:

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{I_{св} / j} , \quad (15)$$

где j -допускаемая плотность тока.

В некоторых случаях возможны незначительные отклонения за пределы вышеуказанных диапазонов. Найдем диаметр электродной проволоки, подставив значения в формулу (15):

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{440 / 80} = 2,67 \text{ мм},$$

принимаем $d_{эл} = 3 \text{ мм}$.

4) При расчете режима сварки технолог должен обеспечить получение катета шва, назначенного конструктором при расчете прочности или по конструктивным соображениям. По заданному катету шва определяют

площадь поперечного сечения наплавленного металла при получении плоского шва:

$$F_n = \frac{K^2}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2. \quad (16)$$

5) Коэффициент расплавления

$$\alpha_p = \alpha_p^0 + \alpha_p^m, \quad (17)$$

где α_p^0 - составляющая коэффициента расплавления, обусловливаемая тепловложением дуги;

α_p^m - составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током.

Согласно [6] принимаем $\alpha_p^0 = 11,6 \text{ з} / \text{А} \cdot \text{ч}$.

$$\alpha_p^m = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{cs}} \cdot \frac{l_6}{d_3^2}, \quad (18)$$

где l_6 - величина вылета.

Величина вылета электрода рассчитывается следующим образом:

$$l_6 = 10 \cdot d_{эл} \pm 2 \cdot d_{эл} = 10 \cdot 3 \pm 2 \cdot 3 = 30 \pm 6 \text{ мм}, \quad (19)$$

принимаем $l_6 = 30 \text{ мм}$.

Тогда подставив значения в формулу (18), получим:

$$\alpha_p^m = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{440} \cdot \frac{3}{0,3^2} = 2,17 \text{ з} / \text{А} \cdot \text{ч} \dots$$

Коэффициент наплавки определим по формуле (17):

$$\alpha_n = 11,6 + 2,17 = 13,8 \text{ з} / \text{А} \cdot \text{ч}.$$

6) Скорость сварки:

$$V_{cs} = \frac{\alpha_n \cdot I_{cs}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{13,8 \cdot 440}{3600 \cdot 7,8 \cdot 50 \cdot 10^{-2}} = 0,43 \text{ см} / \text{с} = 16 \text{ м} / \text{ч}. \quad (20)$$

7) Скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{пзн} = \frac{\alpha_p \cdot I_{cs}}{F_{эл} \cdot \gamma} = \frac{13,8 \cdot 440}{0,071 \cdot 7,8} = 10964 \text{ см} / \text{ч} = 110 \text{ м} / \text{ч}. \quad (21)$$

8) Напряжение дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{cs} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} \cdot 440 \pm 1 = 33 \text{ В}. \quad (22)$$

9) Погонная энергия:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta}{V_{св}} = \frac{440 \cdot 33 \cdot 0,9}{0,43} = 30390 \text{ Дж / см} .$$

10) Коэффициент формы провара

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_{д}}{I_{св}}, \quad (23)$$

где K' – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности;

d_3 – диаметр электродной проволоки, мм.

Для того чтобы найти K' определим плотность тока по формуле:

$$j = \frac{I_{св} \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{440 \cdot 4}{3,14 \cdot 3^2} = 62 \text{ А / мм}^2. \quad (24)$$

Тогда согласно [6] коэффициент K' определяется следующим образом:

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot 62^{0,1925} = 0,81 . \quad (25)$$

Подставляем все известные значения в формулу (23) и получаем:

$$\psi_{np} = 0,81 \cdot (19 - 0,01 \cdot 440) \cdot \frac{3 \cdot 33}{440} = 2,7 .$$

Полученное значение коэффициента формы провара попадает в допустимый диапазон значений $0,8 \leq \psi_{np} \leq 4$, следовательно, режимы оптимальны и подобраны верно.

11) Глубина провара для низкоуглеродистых и низколегированных сталей при сварке под флюсом низкоуглеродистой проволокой

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{q_n / \psi_{np}} = 0,0076 \cdot \sqrt{30390 / 2,7} = 0,55 \text{ см} . \quad (26)$$

12) Ширина шва:

$$e = \psi_{np} \cdot H = 2,7 \cdot 0,55 = 1,49 \text{ см} . \quad (27)$$

13) Высота валика:

$$q = \frac{F_n}{0,73 \cdot e}, \quad (28)$$

где e - ширина валика, находится по геометрической схеме.

Тогда подставив значения в формулу (28) найдем:

$$q = \frac{50}{0,73 \cdot 14,9} = 4,6 \text{ мм} .$$

14) Общая высота шва

$$C = H + q = 5,5 + 4,6 = 10,1 \text{ мм} . \quad (29)$$

где H – глубина провара при сварке стыкового соединения без скоса кромок.

15) Полагая, что при сварке на принятом режиме с разделкой общая высота шва C остается неизменной, можно определить H_0' :

$$H_0' = C - q', \quad (30)$$

где H_0' – глубина провара при сварке таврового соединения;

q' – высота заполнения разделки одним проходом при отсутствии зазора, находится по следующей формуле:

$$q' = \sqrt{Fn} = \sqrt{50} = 7,07 \text{ мм} . \quad (31)$$

Тогда подставив значения в формулу (30) найдем:

$$H_0' = 10,1 - 7,07 = 3,03 \approx 3 \text{ мм} .$$

16) Величина проплавления вертикальной стенки:

$$S_g = (0,8 - 1) \cdot H_0' = (0,8 - 1) \cdot 0,3 = 0,24 - 0,3 \text{ см} . \quad (32)$$

Для стыкового соединения используется разделка С4 сварка на флюсовой подушке по ГОСТ 8713-79 (рисунок 2).

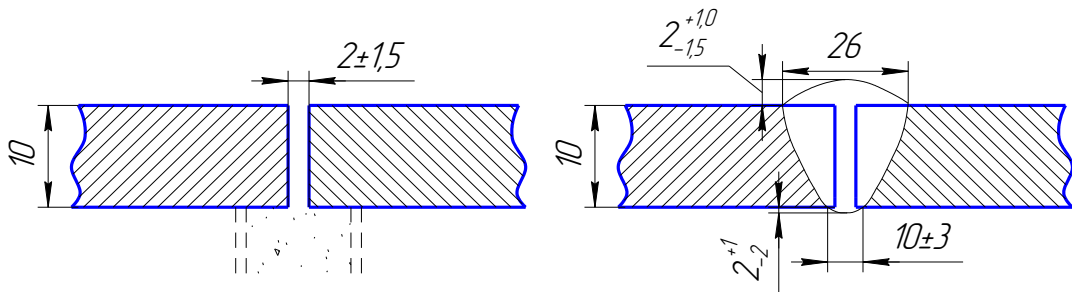


Рисунок 2 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – С4)

Найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_n = b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e + 0,75 \cdot g_1 \cdot e_1 \quad (11)$$

где S, b, e, g, e_1, g_1, h – размеры конструктивных элементов сварного соединения (рисунок 3).

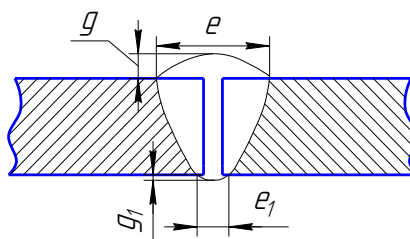


Рисунок 3 – Геометрические размеры шва

Тогда задавшись всеми имеющимися значениями, и подставив их в формулу (9) получим:

$$F_n = 2 \cdot 10 + 0,75 \cdot 2 \cdot 26 + 0,75 \cdot 10 \cdot 2 = 74 \text{ мм}^2.$$

Общую площадь поперечного сечения, наплавленного и расплавленного металлов, найдем по формуле:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g + g_1) = 0,73 \cdot 20 \cdot (10 + 2 + 2) = 266 \text{ мм}^2. \quad (12)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле (3):

$$F_{\text{пп}} = 266 - 74 = 192 \text{ мм}^2$$

Выбирают силу сварочного тока, обеспечивающую заданную глубину проплавления:

$$I_{\text{св}} = \frac{H_{\text{пр}} \cdot 100}{k_h}, \quad (13)$$

где $H_{\text{пр}}$ - необходимая глубина провара при сварке с одной стороны, мм;

k_h - коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки.

Таким образом, подставив значения в формулу (13) получим:

$$I_{\text{св}} = \frac{10 \cdot 100}{1,3} = 769 \text{ А},$$

принимаем $I_{\text{св}} = 770 \text{ А}$.

Диаметр электродной проволоки может быть определен по формуле:

$$d_s = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{\text{св}}}{j}}, \quad (14)$$

где j -допускаемая плотность тока.

Согласно методике, изложенной в [6], принимаем плотность тока j равной 40 А/мм^2 . Подставляем значения в (14) и находим диаметр электрода:

$$d_s = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{770}{40}} = 4,9 \text{ мм},$$

принимаем $d_s = 5 \text{ мм}$.

Определяем напряжение дуги по формуле:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_s}} \cdot I_{св} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{5}} \cdot 770 = 37 \pm 1 \text{ В}, \quad (15)$$

принимаем $U_d = 37 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара согласно методике, описанной [6]:

$$\psi_{np} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_s \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (16)$$

где k' - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Согласно [6], величина коэффициента k' при плотности тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ при сварке постоянным током обратной полярности:

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot 40^{0,1925} = 0,75. \quad (17)$$

Подставим значение k' в формулу (16) и получим:

$$\psi_{np} = 0,75 \cdot (19 - 0,01 \cdot 770) \cdot \frac{5 \cdot 37}{770} = 2.$$

ψ_{np} принадлежит промежутку допускаемых значений $0,8 \dots 4$, следовательно, подобраны оптимальные режимы.

Определим скорость сварки по методике, описанной в [6]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (18)$$

где α_n - коэффициент наплавки, который можно определить по формуле, [6]:

$$\alpha_n = \alpha_p = \alpha_p^d + \alpha_p^m, \quad (19)$$

где α_p^m - составляющая коэффициента расплавления, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, $\text{г/А} \cdot \text{ч}$;

α_p^0 - составляющая коэффициента расплавления электрода, обуславливаемая тепловложением сварочной дуги, г/А·ч.

Коэффициент α_p^m можно определить по формуле:

$$\alpha_p^m = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l}{d_3^2}, \quad (20)$$

где l - вылет электродной проволоки. Согласно рекомендациям, предложенным в [6], принимаем $l = 40 \pm 5$ мм. Тогда подставив значения в формулу (20) получаем:

$$\alpha_p^m = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{770} \cdot \frac{4}{0,5^2} = 1,4 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}.$$

При сварке под слоем флюса на постоянном токе обратной полярности удельное количество теплоты, выделяющееся в приэлектродной области, изменяется в небольших пределах, и составляющая коэффициента расплавления равна:

$$\alpha_p^0 = 11,6 \pm 0,4 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}.$$

Полученные результаты подставляем в формулу (19) и находим α_n :

$$\alpha_n = \alpha_p = 11,6 + 1,4 = 13 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}.$$

Определяем скорость сварки по формуле (18):

$$V_{св} = \frac{13 \cdot 770}{3600 \cdot 7,8 \cdot 74 \cdot 10^{-2}} = 0,48 \text{ см} / \text{с};$$

Погонная энергия рассчитывается по формуле:

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}}, \quad (21)$$

где η_e - эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, который при сварке под флюсом составляет 0,85...0,95;

$$q_n = \frac{0,9 \cdot 770 \cdot 37}{0,48} = 53419 \text{ Дж} / \text{см};$$

Для проверки правильности расчётов при сварке под слоем флюса определяем глубину проплавления, подставив полученные значения параметров режима в формулу:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} \quad (22)$$

Глубина проплавления:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{53419}{2}} = 1,1 \text{ см};$$

От заданной глубины проплавления отличается менее чем на 10...15%, следовательно, режимы оптимальны и подобраны верно.

Зная глубину провара и коэффициент формы провара, определяем ширину провара:

$$e = \psi_{np} \cdot H = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ см.} \quad (23)$$

Задавшись оптимальным значением формы выпуклости, т.е. коэффициентом формы усиления ψ_g , находим высоту валика. Значения ψ_g выбирают в пределах 7-10. Меньшие значения имеют место при узких и высоких швах. Большие значения соответствуют широким и низким усилениям. Принимаем $\psi_g = 10$, тогда:

$$q = e / \psi_g = 2,2 / 10 = 0,22 \text{ см.,} \quad (24)$$

Проверяем площадь наплавки

$$F_n = b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e = 4 \cdot 10 + 0,75 \cdot 2,2 \cdot 22 = 76,3 \text{ мм}^2.$$

Полученная площадь наплавки, полученная на подобранных режимах, практически не отличается по значению от той, которую рассчитали по рекомендациям, следовательно, используемые режимы наиболее оптимальны для данного соединения.

1.7 Выбор основного сварочного оборудования

Для ручной дуговой сварки применяется сварочный инвертор FroniusTransPocket1500 TIG. [7]



Рисунок 4 - Fronius TransPocket 1500 TIG

Таблица 6 – Технические характеристики инвертора [7]

Напряжение питающей сети	230В
КПД	86,8%
Сетевой предохранитель	16А
Пределы регулируемого тока в режиме WIG/TIG	10-150А
Пределы регулируемого тока в режиме ручной сварки (ММА)	10-140А
Класс защиты	IP21
Напряжение на холостом ходу	92В
Рабочее напряжение WIG/TIG	10,4-16В
Рабочее напряжение в режиме ММА	20,4-25,6В
Продолжительность включения (ПВ) при 10 мин/40°C (104°F)	25% 150А
при 10 мин/40°C (104°F)	100% 80А
Масса оборудования	4,7 кг

Для сварки под слоем флюса применяется источник PowerWave 1000 AC/DC (LincolnElectric, США) и сварочная головка PowerFeed 10S. [8]



Рисунок 5 - Power Wave® AC/DC 1000® SD

Характеристики сварочного оборудования представлены в таблице 7.

Таблица 7- Характеристики выбранных источников питания [8]

Номинальный сварочный ток, А	1000
Номинальное напряжение, В	44
Диапазоны регулирования напряжения, В	16-46
ПВ, %	100
КПД, %	86
Размеры, мм	1105x488x838
Масса, кг	295

Все характеристики источников питания удовлетворяют рассчитанному режиму сварки под слоем флюса.

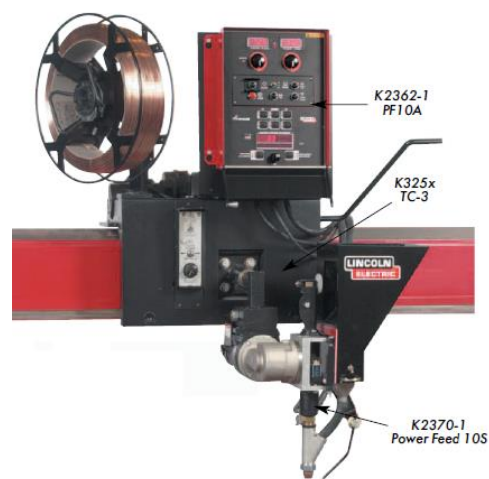


Рисунок 6 – Оборудование для сварки под слоем флюса

Для источника питания PowerWave1000 AC/DC, компанией «LincolnElectric» уже подобрано оптимальное оборудование для сварки под флюсом. Система сварки под флюсом PowerWave AC/DC 1000TM включает в себя: источника питания PowerWave1000 AC/DC, контроллер PowerFeed 10A, сварочную головку PowerFeed 10S, самодвижущуюся тележку TC3 (рисунок 6).

2 Технология изготовления изделия

2.1 Описание базовой технологии сборки и сварки

В базовом варианте сборка и сварка осуществлялась ручной дуговой сваркой плавящимися электродами. Сборка производилась на установке для сборки балок с самоходным сборочным порталом. Данный портал и сварочный инвертор FroniusTransPocket1500 TIG будут использоваться и в проектируемом варианте, как приспособление для сборки.

Сборка изделия выполнялась в универсальном приспособлении с использованием скоб, клиньев, струбцин и прижимов.

Сварка изделия выполнялась на сварочной плите, для фиксации балки также использовались универсальные прижимы, струбцины и т.п.

После сварки выполняется правка балки на прессе.

К недостаткам указанного вида сборки и сварки следует отнести:

- зависимость качества сборки и сварки от квалификации сварщика.
- высокую нагруженность рабочих и тяжелые условия труда.
- низкую производительность ручных видов работ.

Дополнительное выполнение работ требующих высококвалифицированной сборки и сварки.

Выводом может служить, то что данный способ использовать в современном мире не целесообразно, есть ряд причин: малая производительность, тяжелые условия для сварки, качество сварного шва и т.д. Нужно разработать новый способ сварки вагонной хребтовой балки, с использованием механизированного способа сварки.

2.2 Описание разрабатываемой технологии сборки и сварки

В качестве установки для сборки и сварки хребтовой балки рассмотрим портал для сварки под флюсом типа КУ (рисунок 1).



Рисунок 7 - Установка для сварки профилей и балок [9]

Портал для сварки под флюсом типа КУ предназначен для автоматического соединения листов металла с получением сложных коробчатых профилей. Максимальное предварительное зажатие детали составляет 300 мм, а максимальная высота профилей 2500 мм. Установка имеет платформу для оператора с необходимыми элементами управления и индикации, а также систему камер для контроля рабочей зоны с противоположной стороны.

При конструировании этой установки главное внимание было уделено оптимизации труда. Параллельное использование двух сварочных головок экономит половину вспомогательного времени, так как профиль требуется поворачивать только один раз. Автоматическая компенсация отклонений длины до 750 мм сводит к минимуму время наладки.

Портал отличается универсальностью и может использоваться для самых разнообразных профилей. Благодаря полностью автоматической сварке можно сэкономить до 70% рабочего времени по сравнению с ручной обработкой.

Таблица 8 – Технические характеристика портала для сварки [9]

Сварочная система	Портал, тип КУ
Диапазон сварочного тока	100 А 19 В – 1000 А 44 В
отн. длительность включения 100%	1000 А 44 В
Макс. размеры детали (Д x Ш x В)	60000 x 1500 x 2500 мм
Макс. диаметр проволоки	5 мм
Макс. скорость сварки	80 см/мин
Характер шва	угловой шов в позиции РВ

Новый процесс сборки и сварки под флюсом хребтовой балки описан в комплекте технологической документации в приложении А.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Хребтовые балки используются во многих отраслях промышленности. Сегментируем рынок потребления продукции балок в зависимости от отрасли, размера компании и уровня потребления продукции. Карта представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль			
		Строительная	Машиностроение	Промышленность	Транспорт и связь
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				
Уровень потребления продукции	Высокий				
	Средний				
	Низкий				

ПАО РЖД		ПАО Газпром		АО Юрмаш		ОАО ТДСК	
---------	--	-------------	--	----------	--	----------	--

Из таблицы видно, что основными сегментами являются крупные промышленные компании и компании отрасли изготовления транспорта и связи. Они обеспечивают высокий уровень потребления продукции из хребтовых балок, следовательно, разработка и совершенствование технологии сборки и сварки для этих компаний является наиболее интересной. [10]

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Согласно обзору литературы, на сегодняшний день рационально использовать несколько способов сварки для изготовления хребтовых балок: ручная дуговая, механизированная в защитном газе плавящимся электродом и автоматическая сварка под слоем флюса.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,2
2. Удобство в применении	0,2	5	4	4	1	0,8	0,4
3. Возможности проекта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
4. Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
5. Эффективность применения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4

Продолжение таблицы 10

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,7	0,45
2. Уровень проникновения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Квалифицированные	0,05	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Итого	1	38	36	35	4,35	4,2	3,4
<i>Примечание:</i>							
B_{ϕ} – оценка профессиональных рисков при проведении работ;							

Опираясь на полученные данные, можно судить, что модернизированная технология, рассмотренная в дипломной работе, эффективнее, чем методы, применяемые конкурентами.

3.1.2 FAST – анализ

FAST – анализ состоит из шести стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В качестве предмета исследования выбран рассмотрим автомат для сварки под флюсом с источником питания PowerWave 1000 AC/DC и сварочная головка PowerFeed 10S

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Таблица 11 – Классификация функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1. Источник питания PowerWave 1000 AC/DC	1	Установка элементов комплекса		X	
2. Сварочная головка PowerFeed 10S	1	Образует дугу	X		
3. Invertec V300-I	1	Управление процессом	X		
4. Фильтр CE, комплект	1	Настройка параметров		X	
5. Кабель обратной связи	1	Подача		X	
6. Адаптер модели K350	1	Охлаждение			X
7. Концентрический конус для флюса	1	Механизм подачи порошковой проволоки		X	
8. Контактный наконечник сопла в сборе для сварки под флюсом	1	Механизм подачи сплошной проволоки		X	
9. Механизм подачи MAXsa 22	1	Управление процессом сварки	X		
10. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	1	Управление процессом сварки	X		
11. Кабель соединительный 15м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания		X	
12. Высокопрочный контрольный кабель ArcLink®	1	Крепление детали		X	

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Для начала необходимо построить матрицу смежности функций, в которой определим более значимые из них.

Таблица 12 – Матрица смежности

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Источник питания PowerWave 1000 AC/DC	=	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2. Сварочная головка PowerFeed 10S	>	=	<	>	>	>	>	>	=	>	>	>
3. Invertec V300-I	>	>	=	>	>	>	>	>	>	>	>	>
4. Фильтр CE, комплект	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=
5. Кабель обратной связи	>	<	<	=	=	=	<	<	<	<	<	<
6. Адаптер модели K350	>	<	<	=	=	=	=	=	=	=	=	=
7. Концентрический конус для флюса	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=
8. Контактный наконечник сопла в сборе для сварки под флюсом	>	<	<	=	>	=	=	=	<	=	=	=
9. Механизм подачи MAXsa 22	>	<	<	=	>	=	=	>	=	=	=	=
10. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=
11. Кабель соединительный 15м	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=
12. Высокопрочный контрольный кабель ArcLink®	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Преобразовываем матрицы смежности в матрицы количественных соотношений функций.

Таблица 13 – Матрица количественных соотношений функций

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Итого	Вес
1. Источник питания PowerWave 1000 AC/DC	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,5	0,042
2. Сварочная головка PowerFeed 10S	1,5	1	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	16	0,1
3. Invertec V300-I	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	17,5	0,11
4. Фильтр CE, комплект	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077

Продолжение таблицы 13

5. Кабель обратной связи	1,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	8,5	0,054	
6. Адаптер модели K350	1,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11,5	0,074	
7. Концентрический конус для флюса	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
8. Контактный наконечник сопла в сборе для сварки под флюсом	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	0,5	1	1	1	11,5	0,074	
9. Механизм подачи MAXsa 22	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1,5	1	1	1	1	12,5	0,08	
10. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
11. Кабель соединительный 15м	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
12. Высокопрочный контрольный кабель ArcLink®	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
													Σ	156	1

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Определяем значимость функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Специальный источник сварочного тока Idealarc DC-400 $6,5/156=0,042$; Invertec V350-PRO $16/156=0,1$; 5/50=0,1; Invertec V300-I $17,5/156=0,11$; SAM-400 $12/156=0,077$; Источники типа Commander $8,5/156=0,057$; Адаптер модели K350 $11,5/156=0,074$; LN-23P $12/156=0,077$; LF-33 4-х рол $11,5/156=0,074$; Сварочную горелку K345 $12,5/156=0,8$; Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045 $12/156=0,077$; Кабель соединительный 15м $12/156=0,077$; Зажим на деталь с кабелем 10м $12/156=0,077$.

Обязательным условием является то, что сумма коэффициентов значимости всех функций должна равняться 1.

Стадия 4 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 14 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-часов	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Итого, руб	Вес
1. Источник питания PowerWave 1000 AC/DC	1	Установка элементов комплекса	20	5	6 000	1 000	3 000	10 000	0,075
2. Сварочная головка PowerFeed 10S	1	Образует лазер	1	2	9 000	2 000	4 000	15 000	0,112
3. Invertec V300-I	1	Управление процессом	30	5	10 000	2 000	4 000	16 000	0,119
4. Фильтр CE, комплект	1	Настройка параметров	2	3	2 000	500	1 000	3 500	0,026
5. Кабель обратной связи	1	Подача газа	5	4	5 000	1 000	2 000	8 000	0,06
6. Адаптер модели K350	1	Охлаждение	5	2	3 000	800	1 500	5 300	0,04
7. Концентрический конус для флюса	1	Механизм подачи порошковой проволоки	5	3	6 000	1 500	2 500	10 000	0,075
8. Контактный наконечник сопла в сборе для сварки под флюсом	1	Механизм подачи сплошной проволоки	5	3	6 000	1 200	2 000	9 400	0,069
9. Механизм подачи MAXsa 22	1	Управление процессом сварки	5	4	7 000	1 800	3 000	11 800	0,088
10. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	1	Управление процессом сварки	8	5	12 000	3 000	4 000	19 000	0,142
11. Кабель соединительный 15м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания	5	5	8 000	2 000	3 000	13 000	0,097
12. Высокопрочный контрольный кабель ArcLink®	1	Крепление детали	5	5	7 000	2 000	4 000	13 000	0,097
								134000	1

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции.

Стадия 5 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально – стоимостной диаграммы (ФСД), рисунок 8 .

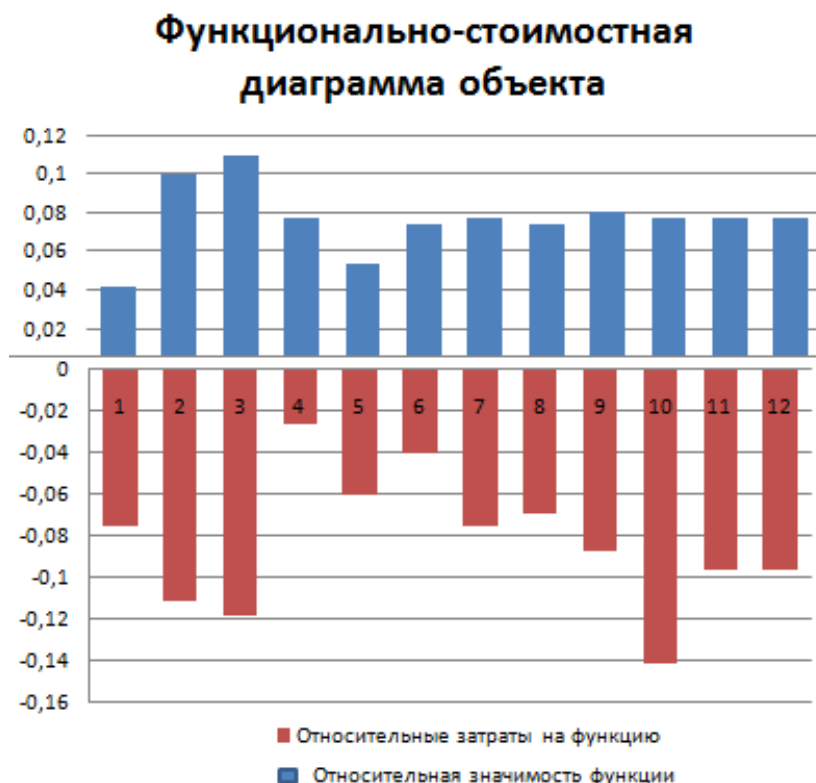


Рисунок 8 – Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ, приведенный выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функции 1, 4, 10 к которым относятся источник питания PowerWave 1000 AC/DC, фильтр СЕ и сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) применения принципиально новых конструкторских решений;
- 2) унификации сборочных единиц и деталей;
- 3) использование новых заготовок и материалов;
- 4) оптимизация параметров надежности.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны источника питания PowerWave 1000 AC/DC, фильтра СЕ и сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045, оптимизация которой приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности.

3.1.3 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 15).

Таблица 15 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Простота технологии</p> <p>С4. Минимальное количество отходов производства</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Необходимость в специалисте для настройки и применения данной системы.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ПАО «РЖД»</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Использование разработки в промышленных масштабах</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		

Продолжение таблицы 15

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Конкуренция имеющихся технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством		
--	--	--

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды (таблицы 16–19).

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта (возможности и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	0	+	+
	B2	+	+	+	+
	B3	+	–	–	0
	B4	+	0	0	–
	B5	0	0	–	+

Вывод по таблице 16: коррелирующие сильные сторон и возможностей проекта – B1C1, B1C3, B1C4, B2C1, B2C2, B2C3, B2C4, B3C1, B3C2, B3C3, B4C1, B4C4, B5C3, B5C4.

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта (возможности и слабые стороны проекта)

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	0	–	–
	B2	+	–	–
	B3	0	0	0
	B4	+	0	0
	B5	0	+	+

Вывод по таблице 17: коррелирующие слабых сторон и возможностей проекта – B1Сл2, B1Сл3, B2Сл1, B2Сл2, B2Сл3, B4Сл1, B5Сл2, B5Сл3.

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта

Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	–	0	+	0
	У2	+	–	0	+
	У3	0	+	–	0

Вывод по таблице 18: коррелирующие сильных сторон и угроз проекта, У1С1, У1С3, У2С1, У2С2, У2С4, У3С2, У3С3.

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	–	–
	У2	0	0	+
	У3	+	0	+

Вывод по таблице 19: коррелирующие слабых сторон и угроз проекта – У1Сл2, У1Сл3, У2Сл3, У3Сл1, У3Сл3

Выявив соответствия сильных и слабых сторон научно исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 20).

Таблица 20 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Простота технологии</p> <p>С4. Минимальное количество отходов производства</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Необходимость в специалисте для настройки и применения данной системы.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ПАО «РЖД»</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Использование разработки в промышленных масштабах</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С1 – разработка технологии, отвечающей стандартам качества</p> <p>В1С3 – высокий спрос на рынке</p> <p>В1С4 – уменьшение издержек</p> <p>В2С1 – ускорение темпов разработки</p> <p>В2С2 - уменьшение выплат по охране труда</p> <p>В2С3 – возможность тестирования технологии на передовом оборудовании ПАО «РЖД»</p> <p>В2С4 – уменьшение издержек</p> <p>В3С1 – расширение производства</p> <p>В3С2 – выход на новые рынки</p> <p>В3С3 – возможность коммерческой реализации проекта</p> <p>В4С1 – оформление патента на технологию</p> <p>В4С4 – экономия на материалах</p> <p>В5С3 – поиск новых инженерных решений</p> <p>В5С4 – уменьшение издержек</p>	<p>В1Сл2 – проведение испытаний на базе ПАО «РЖД»</p> <p>В1Сл3 – привлечение к проекту студентов старших курсов для стажировки</p> <p>В2Сл1 – уменьшение стоимости разработки прототипа</p> <p>В2Сл2 – проведение испытаний на базе НИ ТПУ</p> <p>В2Сл3 – привлечение к проекту сотрудников РЖД</p> <p>В4Сл1 – практическое применение разработки</p> <p>В5Сл2 – поиск новых инженерных решений</p> <p>В5Сл3 – дополнительные временные затраты на оттачивание технологического процесса сварки</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Конкуренция имеющихся технологий производства</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством</p>	<p>У1С1 – реализация проекта в других отраслях</p> <p>У1С3 – создание предприятия на базе ТПУ</p> <p>У2С1 – все известные аналоги сварки при прочих равных имеют более дорогостоящие оборудование.</p> <p>У2С2 – появление расширенной линейки продукции</p> <p>У2С4 – уменьшение себестоимости изготовления</p> <p>У3С2 - уменьшение количество отходов и выбросов в атмосферу</p> <p>У3С3 – привлечение хоз договоров ТПУ на развитие проекта</p>	<p>У1Сл2 – поиск площадки для проведения экспериментов с бартерным условием на технологию</p> <p>У1Сл3 – снижение затрат на выплаты по охране окружающей среды</p> <p>У2Сл3 – проведение всех экспериментальных работ на кафедре ОТСП ТПУ</p> <p>У3Сл1 – разработка прототипа на кафедре ТПУ, усилиями сотрудников кафедры</p> <p>У3Сл3 – привлечение инвестиций от заинтересованных в исследовании компаний</p>

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно–технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно–технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4

Продолжение таблицы 21

4.	Определена товарная форма научно–технического задела для представления на рынок	5	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
ИТОГО БАЛЛОВ		60	52

Таким образом, разработка считается перспективной, а знания разработчика выше среднего. Возможно привлечение в работу эксперта по проведению процедуры оценки уровня профессиональных компетенций сотрудников, осуществляющих контрольно-надзорные мероприятия.

3.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта [11].

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать [11].

Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже [11].

Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 22.

Таблица 22 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Строительная отрасль	Получение комплекта конструкторской документации
Машиностроение	
Промышленность	
Транспорт и связь	

В таблице 23 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 23 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	разработка технологического процесса сборки и автоматической сварки под слоем флюса вагонной хребтовой балки.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение режимов и технологии сварки вагонной хребтовой балки
Требования к результату проекта:	Требование:
	Выполнение поставленных задач
	Научное объяснение результатов экспериментов
	Заключение о результатах исследования

Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 24).

Таблица 24 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Хайдарова А.А., д.т.н., доцент кафедры ОТСП ИНК	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Хуснутдинов Р.Р., бакалавр кафедры ОТСП	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части

Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 25 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1. Источник финансирования	Финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 862
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	—
3.2.2. Дата завершения проекта	30.05.2017 г.

В данном разделе были определены основные цели и ожидаемые результаты от разработок, обозначены сроки завершения проекта и назначены главные участники.

3.3 Планирование управления проектом

3.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить линейный график выполнения проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 26).

Таблица 26 - Распределение этапов работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение механизированной сварки в защитном газе	
Практические исследования	9	Сварка контрольных образцов исследуемыми методами.	Студент
	10	Изучение результатов проведенной сварки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Заключение	Научный руководитель, студент

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Работа над ВКР проводилась с 12 января 2017 года по 1 июня 2017 года. В итоге, при пятидневной рабочей неделе с учетом выходных и праздничных дней получается 99 рабочих дней.

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях. Она носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Поэтому для определения ожидаемой продолжительности работ $t_{ож}$ используется метод вероятностных оценок длительности работ. Он основан на использовании трех оценок

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{нв} + t_{max}}{6}, \quad (10)$$

где t_{min} – кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимистическая оценка),
 t_{max} – самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка),
 $t_{нв}$ – наиболее вероятная продолжительность работы.

Для оценки трудоемкости необходимо разработать перечень работ. Выбор комплекса работ при разработке проекта производится в соответствии с ГОСТ 19.102-77 устанавливающего стадии разработки. Перечень комплекса работ приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Комплекс работ по разработке технологического процесса сварки пластины из стали 12Х18Н10Т











Наименование работ	Исполнители	Кол-во чел.	Продолжительность работ, дней			
			t_{min}	t_{max}	$t_{нв}$	$t_{ож}$
Постановка задачи	Р	2	1	2	2	2
	И		1	2	1	2
Составление, согласование и утверждение технического задания	Р	2	2	5	4	4
	И		1	2	1	2



Продолжение таблицы 27

Сбор и изучение научно-технической литературы, нормативно-технической документации	И	1	5	8	6	7
Разработка плана работ	И	1	2	3	2	3
Постановка эксперимента	Р	2	1	2	1	2
	И		3	6	5	5
Подготовка к проведению эксперимента	И	1	5	9	7	8
Проведение эксперимента	И	1	2	4	3	4
Комплексный анализ полученных данных	Р	2	1	2	2	2
	И		10	14	12	13
Оформление отчета об эксперименте	И	1	2	3	2	3
Составление полной работы	И	1	10	16	12	14
Исправление ошибок	И	1	15	23	18	21
Подготовка доклада по исследованию	Р	2	1	4	4	4
	И		2	5	5	5
Итого	Руководитель		14			
	Инженер		85			

Таким образом, общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 14 дн., инженера – 85 дн., совместной работы – 10 дн.) равна 99 дн. На основании таблицы 27 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 28).

Таблица 28 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Ра-бот	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4											
2	Выдача задания на тему	Руководитель	3											
3	Постановка задачи	Руководитель	3											
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель, Студент	2											
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	31											
6	Анализ существующего опыта	Студент	9											
7	Подбор нормативных документов	Студент	8											
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель, Студент	1											
9	Разработка технологической документации	Студент	36											
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4											
12	Работа над выводом	Студент	2											
13	Составление пояснительной записки	Студент	7											

 – студент;  – руководитель.

3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Определение затрат производится путем составления сметы затрат на разработку технологического процесса. Смета затрат состоит из прямых и накладных расходов, которые включают в себя следующие статьи:

статья 1 – материальные затраты НТИ;

статья 2 – затраты на специальное оборудование для научных работ;

статья 3 - основная заработная плата исполнителей темы;

статья 4 – дополнительная заработная плата исполнителей темы;

статья 5 – отчисления во внебюджетные фонды;

статья 6 - накладные расходы.

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Перечень стоимости сварочного оборудования и материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Основные материалы

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Invertec V300-I	шт.	1	16 000	16 000
Фильтр CE, комплект	шт.	1	3 500	3 500
Кабель обратной связи	шт.	1	8 000	8 000
Адаптер модели K350	шт.	1	5 300	5 300
Концентрический конус для флюса	шт.	1	10 000	10 000
Контактный наконечник сопла в сборе для сварки под флюсом	шт.	1	9 400	9 400
Механизм подачи MAXsa 22	шт.	1	11 800	11 800
Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	шт.		19 000	19 000
Кабель соединительный 15м	шт.		13 000	13 000
Высокопрочный контрольный кабель ArcLink®	шт.		13 000	13 000

Продолжение таблицы 29

Сварочный флюс	кг	10	77	770
Сварочная проволока	кг	5	200	1000
z-образный профиль	кг	404	50	20200
Двутавравая балка	кг	231	45	10395
Итого				141365

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данном разделе рассмотрены затраты на приобретение специального оборудования (сварочного и компьютерного). Стоимость оборудования указана в таблице 30.

Таблица 30 – Стоимость специального оборудования

Наименование	Кол-во	Цена ед., руб.	Сумма, руб.
1. Источник питания PowerWave 1000 AC/DC	1 шт.	2084922	2084922
2. Сварочная головка PowerFeed 10S	1 шт.	1042435	1042435
Затраты на доставку и монтаж			469103
Итого			3596460

Затраты на доставку и монтаж составляют 15% от общей цены оборудования.

$$C_{д.м.} = 0,15 \cdot C_{общ} = 0,15 \cdot 3127357 = 469103 \text{ руб.} \quad (16)$$

где $C_{д.м.}$ – затраты на доставку и монтаж, руб,

$C_{общ}$ – затраты на оборудование, руб.

В данном разделе были определены общая стоимость специального оборудования для выполнения проекта, она составила 3127357 руб., плюс затраты на доставку и монтаж 469103 руб., общие затраты в этом случае равны 3596460 руб.

Амортизационные отчисления определим по формуле:

$$C_A = \sum_{i=1}^n \frac{C_B \cdot H_A \cdot g \cdot t}{\Phi_{эф}}, \quad (17)$$

где n – количество видов единиц оборудования,
 C_6 – балансовая стоимость i -го вида оборудования,
 N_A – норма годовых амортизационных отчислений для оборудования,
 g – количество единиц i -го вида оборудования,
 t – время работы i -го вида оборудования, час,
 $\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, час.

Эффективный фонд времени работы оборудования определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{эф}} = D \cdot N_3, \quad (18)$$

где D – количество рабочих дней в году,
 N_3 – норматив среднесуточной загрузки.

$$\Phi_{\text{эф}} = 246 \cdot 8 = 1968 \text{ час.}$$

В нашем случае при разработке использовалось две единицы оборудования – компьютер и сварочный аппарат. Балансовая стоимость сварочного оборудования - $C_6 = 3127357$ руб. Количество сварочных аппаратов $g = 1$. Время работы за сварочным аппаратом $t = 8$ часа. Норма годовых амортизационных отчислений для сварочного аппарата $N_A = 20\%$.

Тогда амортизационные отчисления на разработку проекта составят:

$$C_A = \frac{3596460 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 8}{1968} = 2924 \text{ руб.}$$

В данном разделе были определены амортизационные отчисления со сварочного оборудования Lincoln Electric PowerWave 1000 AC/DC и PowerFeed 10S.

3.4.3 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом [12]. Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $Z_{\text{ст}}=6595$ руб/мес, для руководителя (доцента с ПКГ ППС 4) - $Z_{\text{ст}}=33162$ руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле 1 [12]:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (1)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 2 [12]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (2)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле 3, [12]:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m}{T}, \quad (3)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит $T=26$ дней.

Месячный должностной оклад работника [12]:

$$Z_m = Z_б \cdot k_p, \quad (4)$$

где $Z_б$ – базовый оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$Z_{мт} = 6595 \cdot 1,3 = 8573,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{мп} = 33162 \cdot 1,3 = 43110,6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$Z_{дн.т} = \frac{8573,5}{26} = 329,75 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн.п} = \frac{43110,6}{26} = 1658,1 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 99 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$Z_{\text{осн.т}} = 329,75 \cdot 99 = 32645 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн.т}} = 1658,1 \cdot 99 = 164152 \text{ руб.}$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 31.

Таблица 31 - Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоёмкость выполнения работы Тисп, д	Заработная плата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	99	6595	329,75	32645	8573,5
Руководитель (доцент)	1	99	33162	1658,1	164152	43110,6
Итого:	2	198			196797	

В данном разделе были определены затраты на фонд заработной платы, который равен 196797 рублей.

3.4.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [12]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} , \quad (5)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,1 и получаем:

$$Z_{\text{доп.т}} = 0,1 \cdot 32645 = 3265 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.п}} = 0,1 \cdot 164152 = 16415 \text{ руб.};$$

В данном разделе был сделан расчет дополнительной заработной платы. Итоговая сумма дополнительной заработной платы участников проекта равна 19680 рублей.

3.4.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 6 [13]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (6)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Принимаем $k_{\text{внеб}}=0.302$.

Отчисления с основной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.т}}=0,302 \cdot 196797=59433 \text{ руб.}$$

Отчисления с основной дополнительной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.п}}=0,302 \cdot 19680=5943 \text{ руб.}$$

В данном разделе был сделан расчет отчислений во внебюджетные фонды. Итоговая сумма отчислений равна 65376 рублей.

3.4.6 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot \left(\frac{C_{\text{мат}}}{7} \right), \quad (7)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 7 [13]:

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов. Принимаем $k_{\text{накл}}=0.16$.

$$C_{\text{накл.т}}=0,16 \cdot (141365+2924+196797+19680+65376)/7=9740 \text{ руб.}$$

3.4.7 Формирование бюджета затрат НИИ

Расчет сметы затрат на разработку приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Смета затрат на разработку технологического процесса

Статья затрат	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты НИИ	141365
Амортизационные отчисления	2924
Заработная плата	196797
Дополнительная заработная плата	19680
Отчисления во внебюджетные фонды	65376
Накладные расходы	9740
Итого	435882

В данном разделе были определены основные источники расходов для реализации данного проекта. Всего потребуется 435882 рублей.

3.5 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В нашем исследовании мы можем рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [14]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (20)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В текущем исследовании применялась автоматическая сварка под слоем флюса. В качестве аналогов рассмотрим ручную дуговую сварку плавящимся электродом (аналог 1) и механизированную сварку в среде защитных газов (аналог 2).

Таблица 33 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Производительность процесса сварки	0.4	5	1	3
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	3	4
3. Энергосбережение	0.15	4	2	4
4. Безопасность	0.15	5	2	4
5. Стоимость эксперимента	0.2	1	5	2
Итого	1	20	13	17

По формуле 20 и данным таблицы 33 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_m^p = 0.4 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 5 + 0.2 \cdot 1 = 4,05;$$

$$I_m^{a1} = 0.4 \cdot 1 + 0.1 \cdot 3 + 0.15 \cdot 2 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 5 = 2,3;$$

$$I_m^{a2} = 0.4 \cdot 3 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 2 = 3,2.$$

Из расчётов наглядно видна ресурсоэффективность технологического процесса автоматической сварки под слоем флюса, по сравнению с другими способами сварки.

Выводы

Проведен технико–экономический анализ усовершенствования технологии сборки и автоматической сварки под слоем флюса вагонной хребтовой балки.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны источника питания PowerWave 1000 AC/DC, фильтра СЕ и сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045, оптимизация которой приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) применения принципиально новых конструкторских решений;
- 2) унификации сборочных единиц и деталей;
- 3) использование новых заготовок и материалов;
- 4) оптимизация параметров надежности.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности. Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 435882 руб.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса автоматической сварки под слоем флюса, по сравнению с ручной дуговой сваркой плавящимся электродом и механизированной сваркой в среде защитных газов.

Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах ПАО РЖД.

4 Социальная ответственность

В данном дипломном проекте была разработана технология сборки и сварки продольной балки грузового вагона. Все работы производились в офисных и цеховых помещениях на объекте ОАО «РЖД» г. Томск.

Основная часть работы производится на сварочном участке, поэтому в данном разделе ВКР рассматриваются вопросы анализа и выявления возможных опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте сварщика. Указываются мероприятия, направленные на снижение и устранение потенциально вредных и опасных факторов производственной среды, мероприятия по противопожарной профилактике, охране окружающей среды и чрезвычайным ситуациям.

На сварочном участке расположено следующее оборудование: источник питания PowerWave AC/DC 1000 SD; сварочный инвертор FroniusTransPocket 1500 TIG; прочий пневмо- и электроинструмент.

4.1 Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте

На участке изготовление продольной балки вагона имеют место следующие опасные и вредные факторы производственной среды:

- производственный шум;
- ультрафиолетовое излучение (УФИ);
- опасность поражения электрическим током;
- запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- электромагнитное излучение.

4.1.1 Производственный шум

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- источник питания PowerWave AC/DC 1000 SD;
- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 2$ кг) ГОСТ 2310 - 77, шабер, машинка ручная шлифовальная пневматическая ИП 2002 ГОСТ 12364 – 80,

молоток рубильный МР – 22.

Нормативное значение шума, согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», 100 дБа для цехового помещения. Шум возникает также при кантовке изделия с помощью подъемно – транспортных устройств (кран мостовой и кран - балка) и при подгонке деталей по месту с помощью кувалды и молотка.

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [15].

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 противозумовые наушники.

4.1.2 Ультрафиолетовое излучение (УФИ)

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

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и

инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги. Тепловая радиация на рабочем месте может в целом составлять $0,5-6 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$.

СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливает временные допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих местах от производственных источников с учетом спектрального состава излучения для областей:

- а) длинноволновой - 400-315 нм - УФ-А;
- б) средневолновой - 315-280 нм - УФ-В;
- в) коротковолновой - 280-200 нм - УФ-С.

Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}$ и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать:

- а) $50,0 \text{ Вт/м}$ - для области УФ-А;
- б) $0,05 \text{ Вт/м}$ - для области УФ-В;
- в) $0,001 \text{ Вт/м}$ - для области УФ-С.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А). Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги. Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 34.

Таблица 34 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

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

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы. Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск.

4.1.3 Электробезопасность

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 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности». В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

На участке сборки и сварки применяются искусственные заземлители – вертикально забитые стальные трубы (4 шт.) длиной 2,5 метра и диаметром 40 мм. Сопротивление заземляющего устройства должно составлять не более 4 Ом. На участке используется контурное заземление – по периметру площади размещают оценочные заземлители. Для связи вертикальных заземлителей

используют полосовую сталь сечением 4х12 миллиметров.

4.1.4 Расчет защитного заземления

При проведении сварочных ремонтных работ используется следующее оборудование:

- система сварки под флюсом PowerWave AC/DC 1000TM;
- портал для сварки под флюсом типа KU.

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали.

Заземляющий проводник одним концом присоединяется к корпусу оборудования, а другим концом к заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно закреплено посредством сварки. В качестве материала для выполнения заземлений применяют сталь.

Всё применяемое сварочное оборудование питается от сети напряжением 380 В. В качестве электродов–заземлителей принимаем трубы диаметром 40 мм, толщиной стенки 4 мм, и длиной 3000 мм. Трубы присоединяются к соединительной полосе и устанавливаются на глубину 800 мм от поверхности земли.

Расстояние между электродов–заземлителей вычисляем по формуле:

$$a = l_0 \cdot (1...3); \quad (41)$$

где l_0 – длина электрода–заземлителя, мм.

$$a = 3000 \cdot 1 = 3000 \text{ мм.}$$

Наибольшее допустимое сопротивление заземлителя равно 4 Ом. Для почвы «суглинок» удельное сопротивление, $\rho_r = 1 \cdot 10^4$ Ом*см. С учётом возможности просыхания грунта летом и промерзания зимой, расчётное сопротивление для электрода–заземлителя ρ_3 и для соединительной полосы ρ_n , вычисляем по формулам:

$$\rho_3 = \rho_2 \cdot K_3; \quad (42)$$

$$\rho_n = \rho_2 \cdot K_n; \quad (43)$$

где K_3, K_n – повышающие коэффициенты.

$$\rho_3 = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см.}$$

$$\rho_n = 1 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см.}$$

Величину сопротивления одной трубы, забитой в землю, вычисляем по формуле:

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \Pi \cdot l_m} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_m}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_m + l_m}{4 \cdot h_m - l_m} \right); \quad (44)$$

где l_r – длина трубы, см;

h_r – глубина заложения трубы в грунт, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, см;

d – наружный диаметр трубы, см;

ρ_3 – удельное расчётное сопротивление для электрода–заземлителя, Ом*см.

$$R_3 = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 300} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 300}{4} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 230 + 300}{4 \cdot 230 - 300} \right) = 53,8 \text{ Ом.}$$

В соответствии с [16] принимаем $R_3 = 58$ Ом. Требуемое количество заземлителей n , вычисляем по формуле:

$$n = \frac{R_3}{r_3}; \quad (45)$$

где r_3 – допустимое сопротивление заземлителя, равное 4 Ом.

$$n = \frac{58}{4} = 14,5.$$

Так как трубы соединяются полосой, уменьшаем количество труб до 14 штук. Длина соединительной полосы l_n , вычисляем по формуле:

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1). \quad (46)$$

$$l_n = 1,05 \cdot 3 \cdot (14 - 1) = 41 \text{ м.}$$

Сопротивление соединительной полосы R_n , вычисляем по формуле:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \Pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b}; \quad (47)$$

где ρ_n – удельное сопротивление грунта для полосы, Ом*см;

h_n – глубина заложения полосы в землю, см;

l_n – длина полосы, см;

b – ширина полосы, см.

$$R_n = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 4100} \cdot \ln \frac{2 \cdot 4100^2}{80 \cdot 5} = 19,8 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление R_c , вычисляем по формуле:

$$R_c = \frac{R_э \cdot R_n}{R_э \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_э \cdot n}; \quad (48)$$

где $\eta_n, \eta_э$ – коэффициенты использования полосы и трубы соответственно.

$$R_c = \frac{58 \cdot 19,8}{58 \cdot 0,76 + 19,8 \cdot 0,62 \cdot 14} = 5,31 \text{ Ом.}$$

Так как $R_c > 4$ Ом, то принимаем $a = 6000$ мм.

$$l_n = 1,05 \cdot 6 \cdot (14 - 1) = 82 \text{ м.}$$

$$R_n = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 8200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 8200^2}{80 \cdot 5} = 11,1 \text{ Ом.}$$

$$R_c = \frac{58 \cdot 11,1}{58 \cdot 0,76 + 11,1 \cdot 0,74 \cdot 14} = 4 \text{ Ом.}$$

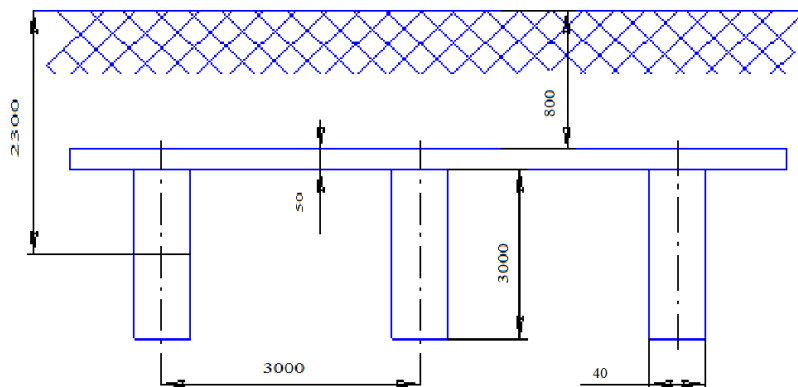


Рисунок 9 – Схема установки заземлителей

Таким образом, результирующее сопротивление защитного заземления при рассчитанном количестве электродов не превышает допустимого. Следовательно, диаметр заземлителя $d = 40$ мм и толщиной стенки 4 мм при числе заземлителей $n = 14$ штук. Длина соединительной полосы 82 метров, сопротивление соединительной полосы $R_n = 11,1$ Ом при глубине

заложения $h_{\text{п}} = 0,8$ м является достаточным для обеспечения защиты при данной схеме расположения заземлителей.

4.1.5 Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

При данном процессе сварки в воздух рабочей зоны выделяется до 180 мг/м³ пыли с содержанием в ней марганца до 13,7 процентов, а также СО₂ до 0,5÷0,6 процентов; СО до 160 мг/м³; окислов азота до 8,0 мг/м³; озона до 0,36мг/м³; оксидов железа 7,48 г/кг расходуемого материала; оксида хрома 0,02г/кг расходуемого материала [17].

Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 35 согласно ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Таблица 35 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов

Название	Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Класс опасности
Твердая составляющая сварочного аэрозоля		
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%)	0,2	2
Железа оксид	6,0	3
Кремний диоксид	1,0	2
Хром (III) оксид	1,0	2
Хром (VI) оксид	0,01	1
Газовая составляющая сварочного аэрозоля		
Азот диоксид	2,0	3
Марганец оксид	0,3	2
Озон	0,1	1
Углерода оксид	20,0	4
Фтористый водород	0,5/1,0	2

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

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

Автотранспорт, который используется для перевозки готовых изделий, выбрасывает в атмосферу цеха опасные для здоровья рабочих вещества, к ним относятся: свинец, угарный газ, бенз(а)пирен, летучие углеводороды. На участке сборки и сварки изготовления продольной балки применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

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

4.1.6 Электромагнитное излучение

Предельно допустимая доза электромагнитного излучения для человека – он составляет 0,2 мкТл, согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». На предприятии имеется электроустановка мощностью 110 кВ в которой уровень электромагнитного излучения достигает таких значений, что его негативное воздействие на организм человека является очень сильным.

В технических средствах защиты используют явления отражения и поглощения энергии излучателя, применяя различные виды экранов и поглотителей мощности. Благодаря высоким коэффициентам поглощения и почти полному отсутствию волнового сопротивления металлы обладают высокой отражательной и поглощающей способностью и поэтому широко применяются для экранирования.

Защита от СВЧ излучений кроме экранирования самих источников может быть обеспечена поглощающими нагрузками, экранированием рабочих мест и применением индивидуальных средств защиты. Экраны могут быть

снабжены поглощающими или интерференционными покрытиями, для улучшения условий поглощения, т.к. в поглощающих покрытиях электромагнитная энергия рассеивается в виде тепловых потерь (материалы для поглощающих покрытий — каучук, пенополистирол, полиуретан и т.п.).

Для защиты глаз используют специальные радиозащитные очки из стекла, отражающего электромагнитные излучения. Для защиты тела — капюшоны, халат и комбинезоны, выполненные из металлизированной хлопчатобумажной ткани.

4.2 Экологическая безопасность

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, должно производиться своевременно и организовано.

Для сварочного производства характерны следующие отходы:

- металлические отходы;
- люминесцентные лампы.

Для утилизации металлических отходов используются специальные контейнеры. После наполнения контейнеров, отходы отправляются на переработку.

Для каждого источника загрязнения атмосферы должна быть установлена предельно допустимая норма выброса в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-2014 «Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями». Степень очистки сточных производственных вод должна устанавливаться согласно СНиП 2.04.02-84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» и должна отвечать требованиям Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами;

Отходы производства должны подвергаться утилизации и обезвреживанию, организованному хранению в отвалах или захоронению.

Особо опасные отходы должны подвергаться захоронению в специальных могильниках, т.к. на предприятии в качестве осветительных приборов приняты люминесцентные лампы, должны быть разработаны меры по их утилизации.

Хранение люминесцентных ламп должно осуществляться в помещении, которое отдельно расположено от производственных цехов. Оно должно соответствовать требованиям правил хранения токсичных отходов и санитарных норм. В нем должна быть налажена система вентиляции.

Полы в помещении должны быть изготовлены из водонепроницаемого материала, который препятствует попаданию вредного металла в окружающую среду. На случай аварийной ситуации в помещении для хранения ламп дневного света должно быть не менее 10 литров воды и запас марганцевого калия.

Отработанные люминесцентные светильники должны быть помещены в плотную тару. В роли ее могут выступать картонные коробки, коробки из ДСП, фанеры, бумажные или полиэтиленовые мешки. В одной картонной коробке должно быть не более 30 единиц продукции. Емкости должны быть расставлены на стеллажах, чтобы обезопасить их от любого механического воздействия. На каждой из них должна быть надпись «Отход 1 кл. опасности. Отработанные люминесцентные лампы».

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Сварочная установка очень сложная система, которая отличается повышенной пожарной опасностью. Она состоит из источника питания PowerWave 1000 AC/DC, контроллера PowerFeed 10A, сварочной головки PowerFeed 10S и самодвижущейся тележки ТСЗ.

В ходе работы установки есть вероятность выхода из строя системы охлаждения, что может привести к пожару и даже взрыву. Должны быть проведены и хорошо отработаны следующие превентивные меры при возникновении такой ЧС как пожар:

- прогнозирование пожара;

- порядок информирования вышестоящих организаций при возникновении пожара;

- разработка мероприятий по ликвидации пожара;
- правила поведения персонала при пожаре;
- ликвидация последствий пожара и защита персонала.

Места производства сварочных работ должны быть обеспечены средствами пожаротушения. В сварочном цехе используем следующие огнетушители:

- огнетушитель порошковый ОП-3(з);
- огнетушитель углекислотный ОУ-1.

Углекислотными огнетушителями предпочтительно оборудовать противопожарные щиты в лакокрасочных цехах, на складах, АЗС и на территории промышленных предприятий, в электроустановках, находящихся под напряжением до 1000 В. Огнетушители не предназначены для тушения загорания веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий), такими огнетушителями нельзя тушить дерево.

Сварочный цех, рассматриваемый в данной работе, относится к категории «А» - повышенная взрывопожароопасность.

Таблица 36 – Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А повышенная взрывопожаро- опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа

В нашем участке должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители расположены на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Персонал, отвечающий за проведение ремонтных работ и работ, связанных с устранением последствий пожара должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При подготовке сборочно-сварочных работ, инженеру сварочного производства необходимо руководствоваться следующими документами:

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

2. Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями и дополнениями)

3. Государственный стандарт СССР ГОСТ 22269-76 "Система "человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования" (введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 22 декабря 1976 г. N 2798)

4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.019-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 681-ст)

5. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и

определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682-ст)

6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (зарегистрированы в Минюсте России 10.06.2003, регистрационный N 4673.).

7. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст)

8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003-2015 "Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст)

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы инженера, была разработана технология изготовления хребтовой балки автоматической сваркой под слоем флюса плавящимся электродом.

Для достижения цели были выполнены следующие задачи:

- выбран способ сварки;
- проведены расчеты режимов сварки;
- выбрано сварочное оборудование и оборудование для сборки балки;
- разработан комплект технологической документации на сборку и сварку вагонной хребтовой балки.

Проведен технико-экономический анализ усовершенствования технологии сборки и автоматической сварки под слоем флюса вагонной хребтовой балки.

В результате проведенного FAST-анализа и SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности. Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 435882 руб.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса автоматической сварки под слоем флюса, по сравнению с ручной дуговой сваркой плавящимся электродом и механизированной сваркой в среде защитных газов.

Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах ПАО РЖД.

Список использованных источников

1. И. Гривняк. Свариваемость сталей. М.: Машиностроение, 1984.- 215с.
2. Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. -432 с.
3. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.1/ Под ред. Н.А.Ольшанского. 1978. 504с., ил.
4. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
5. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. 462с., ил.
6. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.
7. Куликов О. Н. Охрана труда при производстве сварочных работ: Академия, 2006 – 176 с.
8. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию «Расчет режимов сварки». Составитель Е.А. Трущенко. Изд-во Томского политехнического университета, 2008-41с.
9. Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов: Пособие для студентов.- М.: Изд.Центр «СОУЭЛО», 2008.-74с., стр.45
10. Севбо П.И. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования. – Киев, Наук. Думка, 1978. – 400 с.
11. Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.

12. Белов С.В. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая школа, 1983.–264 с.
13. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.
14. Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. – 376 с.
15. Елгазин В.И. Расчет защитного заземления.
16. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»
17. Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями и дополнениями)
18. Государственный стандарт СССР ГОСТ 22269-76 "Система "человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования" (введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 22 декабря 1976 г. N 2798)
19. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.019-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 681-ст)
20. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682-ст)

21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (зарегистрированы в Минюсте России 10.06.2003, регистрационный N 4673.).
22. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст)
23. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003-2015 "Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст)