

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение **электронной инженерии**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки балки шкворневой грузового полувагона УДК621.791.7.015.052

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Сцепуро Алексей Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Наталинова Н.М.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способностью использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способностью осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способностью организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способностью к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способностью обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способностью проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способностью обеспечивать управление программами освоения новой

	продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способностью организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способностью подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способностью разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способностью разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-8	Способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Першина А.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной
работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ91	Сцепуро Алексей Сергеевич

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки балки шкворневой грузового полувагона	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22-74/с от 22.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2021
--	------------

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>Механизированная сварка в среде защитных газов шкворневой балки грузового полувагона при помощи сварочного полуавтомата «Сварог Tech MIG 5000».</p> <p>Минимально возможная величина остаточной деформации готовых балок после сварки</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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. Литературный обзор. 2. Сравнительный анализ способов и средств механизации сварки шкворневых балок. 3. Проблематика деформаций, возникающих после сварки шкворневых балок. 4. Расчет усилия прижатия поясных листов. 5. Разработка схемы базирования шкворневой балки грузового полувагона 6. Выбор типа и количества установочных элементов приспособления. 7. Сборочно-сварочная установка Выбор типа и количества установочных элементов приспособления. 8. Сборочно-сварочная установка. 9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 10. Социальная ответственность. 11. Заключение.
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Название темы, цель, задачи 2. Сравнительный анализ способов и средств механизации сварки шкворневых балок. 3. Деформации, возникающие после сварки шкворневых балок. 4. Методы правки возникающих сварочных деформаций. 5-7. Обзор применяемого полуавтомата Сварог Tech MIG 5000(N221) вспомогательной оснастки. 8. Выводы по работе 9. Маршрутно-операционная карта процесса сварки.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Analysis of the current state of the methodology for manufacturing the kingpin beams of a freight gondola	
Анализ современного состояния методики изготовления шкворневых балок грузового полувагона	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2021
---	------------

Задание выдал руководитель:				
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Першина А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Сцепуро Алексей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ91	Сцепуро Алексею Сергеевичу

Школа		Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 43200 руб. Оклад студента - 25000 руб.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Премиальный коэффициент студента 30%; Надбавки руководителя 20-30%; Надбавки инженера 20-30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	-Анализ конкурентных технических решений.
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	-Цель и результат НИ.
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	- Определение эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Матрица SWOT 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 6. Расчет затрат НТИ 7. Отчисления во внебюджетные фонды 8. Накладные расходы 	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д. э.н.		27.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Сцепуро Алексей Сергеевич		27.02.2021

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 1ВМ91	ФИО Сцепуро Алексей Сергеевич
------------------------	---

ШКОЛА	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение «Машины и технологии сварочного производства»

Тема дипломной работы: «Разработка технологии сборки и сварки шкворневой балки грузового полувагона»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Разработка и исследование оборудования для сборки и сварки шкворневой балки грузового полувагона Работы проводились на АО «Алтайвагон».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов <ul style="list-style-type: none"> – Природа воздействия – Действие на организм человека – Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) – СИЗ коллективные и индивидуальные 1.2. Анализ выявленных опасных факторов : <ul style="list-style-type: none"> – Термические источники опасности – Электробезопасность – Пожаробезопасности 	Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – Недостаточная освещенность; – Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; – Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; – Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; – Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ; Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ; – Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – Выбросы в окружающую среду – Решения по обеспечению экологической безопасности 	Наличие промышленных отходов (бумага-черновика, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов, бракованная строительная продукция) и способы их утилизации.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС 	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее

и мер по ликвидации её последствий.	место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	(ГОСТы, СанПиНы, СНиПы);

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		20.05.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Сцепуро Алексей Сергеевич		20.05.2021

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Уровень образования **магистратура**
 Отделение **электронной инженерии**
 Период выполнения _____ (осенний/ весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл/раздела (модуля)
18.03.2021	Сбор литературных данных	5
06.04.2021	Проведение анализа учебной литературы, периодических изданий, нормативно-технической документации, с целью систематизации информации о возникновении и правке сварочных деформаций возникающих после сварки	10
10.04.2021	Сбор сведений по полуавтомату Сварог TESH MIG 5000 (N221) и дополнительной оснастке	10
20.04.2021	Сбор сведений о требованиях к технологии сварки	15
08.05.2021	Разработка технологии сборки и сварки изделия	20
31.05.2021	Финансовый менеджмент	10
03.06.2021	Социальная ответственность	10
04.06.2021	Английский язык	10
05.06.2021	Заключение	5
06.06.2020	Презентация	5

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 «Машиностроение»	Киселев А.С.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 104 с., 13 рис., 23 табл., 23 источников.

Ключевые слова: механизированная сварка, сварка в среде защитных газов, сварка балок, остаточные деформации, сварочная установка.

Объектом исследования является обзор существующих способов сварки шкворневых балок и разработка новой технологии сварки шкворневых балок в среде защитных газов механизированным способом.

Цели работы: разработать технологию сварки и правки шкворневых балок, привести результаты разработки в виде технологической карты.

В процессе исследования проводились анализы существующих способов сварки шкворневых балок, способы правки остаточных деформаций.

В результате исследования была разработана технология механизированной сварки шкворневых балок в среде защитных газов и технология правки остаточных деформаций балок непосредственно в процессе сварки, составлена циклограмма и маршрутно-операционная карта процесса сварки.

Степень внедрения: проявление интереса к исследуемой установке и технологии сварки у большего числа предприятий.

Область применения: данный способ сварки может применяться в разных отраслях: судостроении, промышленном и гражданском строительстве.

Экономическая эффективность/значимость работы: сравнив значения показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется унификация данной технологии сварки с другими моделями автоматических сварочных линий.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;

Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;

ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;

СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;

СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение;

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

ГОСТ 12.1.019-70 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;

ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в ЧС. Основные положения;

Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания;

ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Работы электросварочные. Требования к безопасности;

ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место.

Оглавление

Введение.....	14
1 Характеристика конструкции сварного изделия	15
1.1 Назначение шкворневой балки и описание ее конструкции	15
1.2 Технические условия на изготовление изделия.....	16
1.3 Анализ технологичности конструкции балки шкворневой.....	17
1.3.1 Анализ технологических свойств стали марки 09Г2Д.....	17
1.3.2 Анализ технологичности конструкции балки шкворневой.....	18
1.4 Анализ заводской технологии и предложения по ее совершенствованию.....	19
1.4.1 Предложения по совершенствованию базового технологического процесса	20
2 Разработка технологического процесса сборки и сварки шкворневой балки .	22
2.1 Разработка схемы сборки шкворневой балки	22
2.2 Обоснование выбора способа сварки.....	23
2.3 Выбор сварочных материалов.....	23
2.4 Расчет режимов сварки	24
2.5 Выбор сварочного оборудования	28
2.6 Разработка технологического маршрута процесса сборки и сварки шкворневой балки	30
2.7 Контроль качества сварного изделия.....	31
3 Конструкторская часть	33
3.1 Расчёт местных деформаций, возникающих после сварки.....	33
3.2 Расчёт усилий прижатия поясных листов.....	34
3.3 Разработка схемы базирования балки шкворневой полувагона.....	36

3.3.1	Термины и определения теории базирования.....	36
3.3.2	Разработка схемы базирования деталей балки шкворневой.....	38
3.4	Выбор типа, количества установочных элементов приспособления.....	40
3.4.2	Выбор типов зажимных устройств, предотвращающих коробления узла при сборке.....	45
3.5	Сборочно-сварочная установка	47
4	Социальная ответственность.....	49
4.1.1	Категория тяжести труда.....	51
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	73
	Заключение	90
	Список использованных источников.....	91
	Приложение А. Development of thevv technological process of assembly and welding of cargo gondola's kingpin beam	93

Введение

Требования к качеству продукции в отрасли тяжелой промышленности растут с каждым годом и вагоностроение не исключение. Таким образом АО «Алтайвагон» - одно из крупнейших предприятий Западной Сибири увеличивает свою программу выпуска вагонов и полувагонов параллельно с качеством выпускаемой продукции.

Актуальность магистерской работы заключается в формировании сварных швов высокого качества. Это достигается путем совершенствования процесса сборки и сварки балки шкворневой полувагона за счет замены стендов для сборки и сварки, на высокomeханизированные, а также за счет замены устаревшего сварочного оборудования на высокотехнологичное новое. Для того что бы повысить стабильность процесса сварки, снизить его трудоемкость и улучшить качество формирования сварного соединения в ходе магистерской работы было принято решение использовать механизированную сварку в среде защитных газов.

1 Характеристика конструкции сварного изделия

1.1 Назначение шкворневой балки и описание ее конструкции

Несущая часть рамы вагона - это шкворневая балка грузового полувагона, которая необходима для обеспечения поперечной жесткости рамы.

В состав балки входят следующие элементы: верхний лист, четырех вертикальных листа, две стяжки, две диафрагмы, четыре планки с восемью ребрами и внутренняя планка. Все элементы выполнены из листового проката по ГОСТ 19281-2014.

Вес балки составляет 193 кг, габаритные размеры 2930×270×545 мм. Основным материалом сталь 09Г2Д по ГОСТ 19281-2014.

Верхний лист изготавливается из листа 10 мм по ГОСТ 19903-2015.

Листы вертикальные - изготавливаются из листа толщиной 8 мм, внутренняя планка имеет толщину 7 мм, все остальные детали имеют толщину 5 мм. В соответствии с размером хребтовой балки устанавливается расстояние между вертикальными листами, а при помощи технологической оснастки выдерживается расстояние между этими листами.

Для планок, ребер, диафрагм и стяжек, следует обеспечить требуемую точность установки размеров.

Не допускается выпирание диафрагм относительно нижних кромок вертикальных листов более 0,5 мм, а западание более 1,5 мм. Не допускается выпирание внутренней планки относительно нижней плоскости верхнего листа и западание более 3 мм. Ввиду того, что данная планка устанавливается на верхний лист для придания ему большей жесткости в месте установки на хребтовую балку. Отклонение от этого условия приведет к перекосу балки относительно оси симметрии всей рамы.

На листе №1 графической части магистерской работы представлена конструкция шкворневой балки грузового полувагона.

1.2 Технические условия на изготовление изделия

Шкворневая балка изготавливается из горячекатаного проката из стали марки 09Г2Д по ГОСТ 19281-2014. Данная сталь относится к низкоуглеродистым низколегированным конструкционным сталям, широко применяемым для машиностроительных конструкций, работающих при повышенных и отрицательных температурах.

Технические требования, предъявляемые к балке шкворневой:

1. Все элементы шкворневой балки должны быть изготовлены из стали класса прочности не ниже 345, из марки стали 09Г2Д по ГОСТ 19281-2014.

2. Сталь 09Г2Д может применяться в диапазоне температур от минус 70 до плюс 425°C.

3. Сварные швы и наложение прихваток производить механизированной сваркой в среде CO₂ по ГОСТ 14771-76.

4. К заготовкам предъявляются требования: соответствие размерам по чертежам, зачистка мест сварки.

5. Контроль качества ВИК 100 %, по РД 03-603-03. Химический состав стали 09Г2Д представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2Д по ГОСТ 19281-2014

Название элемента	C	Si	Mn	Cu	Cr	Ni	Ti	S	P
Содержание в %	0,12	0,17.. 0,37	1,4.. 1,8	0,15.. 0,3	≤0,3	≤0,3	≤0,03	≤0,03	0,03

Механические свойства проката из стали 09Г2Д представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства проката стали 09Г2Д

Толщина проката	σ_B , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	α_H , Дж/см ² ,	α_H , Дж/см ² , при T = - 40°C
До 20 мм	≥490	≥345	≥21	≥40

В качестве основных легирующих элементов сталь 09Г2Д содержит марганец, кремний, углерод и медь. Значительное содержание таких элементов как марганец, кремний способствует хорошему раскислению, повышению прочности стали. Содержание вредных постоянных примесей не превышает допустимого значения. Механические свойства стали, так же являются достаточными для данного типа изделий. Медь обеспечивает повышенную коррозионную стойкость.

1.3 Анализ технологичности конструкции балки шкворневой

1.3.1 Анализ технологических свойств стали марки 09Г2Д

09Г2Д конструкционная низколегированная сталь, применяется для сварных металлоконструкций, работающих в большом диапазоне температур от минус 70 до плюс 425 °С. Для данного проекта, необходимо провести оценку свариваемости данной стали. Оценка свариваемости данной стали можно произвести через углеродный эквивалент $C_{\text{э}}$, по ГОСТ 535-2005, который оценивает свариваемость, как склонность к образованию трещин через химический состав, приведенный к аналогичному действию углерода.

Углеродный эквивалент вычисляют по формуле (1).

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}$$

где содержание данного элемента в процентах, обозначается: С – углерод, Мп – марганец, Si – кремний, Ni – никель, Cu – медь, V – ванадий, P – фосфор.

Значения химических элементов принимаем по верхнему пределу из таблицы 1.

$$C_{\text{э}} = 0,12 + \frac{1,8}{6} + \frac{0,37}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{0,13} + \frac{0}{2} = 0,525 \%$$

Данная марка стали является удовлетворительной, на что указывает ее углеродный эквивалент, который превышает допустимое значение 0,49 для

класса прочности 345. Следовательно перед сваркой стали 09Г2Д необходимо совершать предварительный подогрев.

Согласно требованиям пункта 2.2.3 ГОСТ 19281-2014, обеспечивающим гарантию свариваемости вагонных конструкций, будем осуществлять заказ стали для предприятия. Согласно этому достигнем возможности получения высокого качества сварных соединений, а также выполнения сварки без предварительного подогрева.

Вывод: Определив значение углеродного эквивалента, видим, что требуется предварительный подогрев, но так как это экономически не выгодно, заказ стали будем производить с гарантией свариваемости согласно п.2.2.3 ГОСТ 19281-2014, чтобы избежать при сварке предварительного подогрева.

1.3.2 Анализ технологичности конструкции балки шкворневой

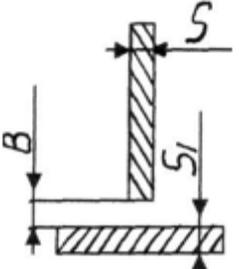
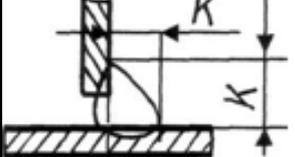
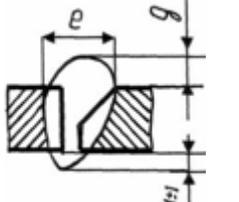
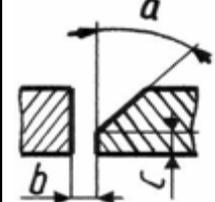
Сборку и сварку балки шкворневой будем проводить на одном рабочем месте, потому что конструкция относится к типу сложности к простым, так как включает в себя 14 деталей. Сварные швы шкворневой балки имеют легкую доступность, основные швы – угловые швы с катетами 4 и 6 мм соответственно, также имеется один стыковой шов, который соединяет верхний лист и планку. Все сварные швы выполняются по ГОСТ 14771-76, являются стандартными и прямолинейными.

Благодаря использованию односторонних швов для соединения деталей в конструкции и хорошей доступности к швам, допускается выполнить сварку за один проход сварочной проволокой диаметром 1,2 мм.

Анализ технологичности наглядно показал, что данная конструкция обладает особой простотой и высокой технологичностью, а хорошая доступность ко всем швам позволяет использовать не только механизированную сварку в

среде CO₂, но и автоматическую сварку.

Таблица 3 – Типы сварных соединений балки шкворневой полувагона

Обозначение по ГОСТ	Конструктивные элементы		Размеры, мм					
	подготовленн ых кромок деталей	шва сварного соединени я	К	b	e	g	c	α, град
Т1			4	0+1, 5	-	-	-	-
			6	0+1, 5	-	-	-	-
С8			-	1±1	8± 2	1± 1	1±1	40±2

1.4 Анализ заводской технологии и предложения по ее совершенствованию

Для сборки шкворневой балки на предприятии используется один стенд-кантователь. Первоначально на стенд подается верхний лист. Затем на него устанавливают четыре вертикальных листа, которые прижимаются пневмоприжимами, и пневматической распоркой стенда для листов вертикальных. После чего верхний лист прихватывают с вертикальными листами, ставится 6 прихваток длиной от 15 до 20 мм. Следом по шаблону между вертикальными листами устанавливаются стяжки, и прихватываются на 2 прихватки каждая.

Диафрагма, устанавливается по шаблону между вертикальными листами и прихватывается на 2 прихватки. После чего отключив пневмораспорку, установим ее между второй парой вертикальных листов. Произведем аналогичный цикл действий. Отключим и уберем пневмораспорку на складское место. Взяв со склада планку, устанавливаем ее по шаблону на вертикальные листы поставить по 2. Ребра устанавливаем по шаблону на планки, прихватывая их на каждой планке 2 прихватками. Наложив всех прихватки необходимо произвести зачистку от брызг. Переместив собранную на прихватках балку на стенд для сварки, производят сам процесс сварки с помощью сварочного полуавтомата ПДГ- 518 с источником питания ВД-306. Из-за низкого уровня механизации стенда на котором производят сборку и сварку шкворневой балки, время, затраченное на закрепление заготовок в стенде, сборку и сварку увеличится.

1.4.1 Предложения по совершенствованию базового технологического процесса

Предложение по модернизации базовой технологии предприятия заключается в использовании современных сварочных полуавтоматов инверторного типа с синергетическим управлением, а также оснащением всех рабочих мест сварочными полуавтоматами «Сварог Tech MIG 5000» для механизированной и автоматической сварки. Предлагается установить на базовом предприятии более современные новые сборочно-сварочные установки с высоким уровнем механизации. Производить установка деталей в стенд сверху, изъятие сваренной балки производится роликовым механизмом путем съезжания вдоль стенда. Снижение трудоемкости процесса, уменьшение времени сборки и сварки, обеспечение качественного формирования сварного соединения, облегчение процесса последующей

обработки способны принести данные изменения. Что в конечном счете снизит общие затраты на производство балки

2 Разработка технологического процесса сборки и сварки шкворневой балки

2.1 Разработка схемы сборки шкворневой балки

Разработаем схему сборки балки шкворневой для представления ее наглядно. Операцию сборки начнем с выбора базовой детали, которая имеет наибольшие размеры и жесткость во всем изделии, в данном случае – стенка. После чего необходимо установить первую диафрагму на расстоянии 415 мм от правого края шкворневой балки. Также от правого края установим еще две диафрагмы, на расстоянии 570 мм и 718 мм соответственно. Выдержав внутренние размеры и зафиксировав их по длине зажимами, диафрагмы прихватывают с двух сторон. Схема сборки балки шкворневой представлена на рисунке 1.

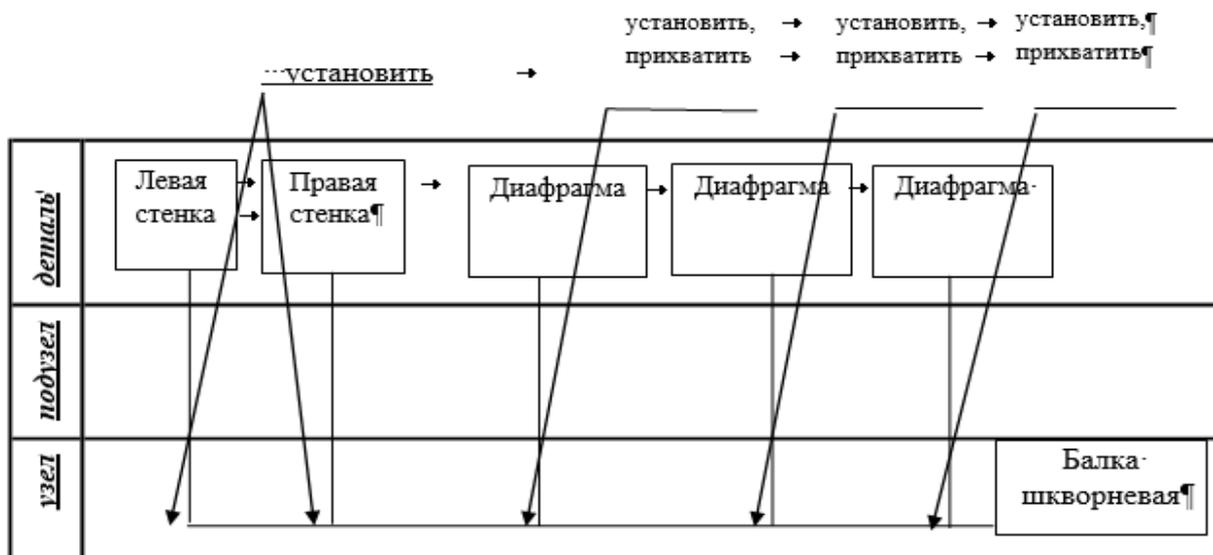


Рисунок 1 – Схема сборки балки шкворневой

Сборка изделия выполняется с использованием специальных приспособлений с закреплением деталей перед сваркой наложением прихваток.

2.2 Обоснование выбора способа сварки

Выполним техническое обоснование выбора способа сварки, который имеет ряд преимуществ, а именно: высокое качество сварных соединений, возможность сварки в различных пространственных положениях, высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса, низкая стоимость при использовании активных защитных газов. Широкий диапазон применяемых защитных газов обуславливает большое распространение этого способа, как в отношении свариваемых металлов, так и их толщин.

К недостаткам данного способа относятся: потеря металла на разбрызгивание, нарушение газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла, наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок.

Потенциал данной технологии позволяет наблюдать за формированием сварного шва, что особенно важно при механизированной сварке. Таким образом, можно сделать следующий вывод: механизированная сварка в среде защитных газов наиболее выгодный и производительный способ для изготовления данного изделия.

2.3 Выбор сварочных материалов

Сварочные материалы выбирают исходя из химического состава свариваемого металла и способа сварки. Необходимо чтобы сварочная проволока содержала минимальное количество серы и фосфора. Также она может иметь дополнительные легирующие элементы, которые обеспечат требуемые механические свойства. Поэтому для сварки в среде CO₂ низколегированной и низкоуглеродистой конструкционной стали 09Г2Д, выбираем сварочную проволоку марки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70.

Химический состав проволоки марки Св-08Г2С приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав проволоки марки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70

Марка проволоки	Химический состав, %						
	С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,70-0,95	1,8-2,1	не более			
				0,2	0,25	0,025	0,030

Таблица 5 – Состав двуокиси углерода (CO₂) по ГОСТ 8050 – 85

Показатели	Первый сорт	Высший сорт
Содержание CO ₂ (%) по объему (не менее)	99,5	99,8
Содержание СО (%) по объему (не менее)	Нет	Нет
Содержание воды в баллоне (%) по массе (не более)	Нет	Нет
Содержание водяных паров в газе г/м (не более)	0,184	0,037

Характеристики сварочных материалов приведены на листе № 2 графической части магистерской работы.

2.4 Расчет режимов сварки

Конструктивные элементы и размеры сварных соединений, применяемых при сварке шкворневой балки, приведены в таблице 3 по ГОСТ 14771-76.

2.3.1 Расчёт режимов сварки балки шкворневой Исходные данные:

1. Род тока - постоянный;

2. Полярность - обратная;
3. Вид сварки - сварка в среде CO₂;
4. Катет сварного шва: 4, 6 мм;
5. Диаметр электродной проволоки 1,2 мм;
6. Тип сварных швов: Т1, С8 по ГОСТ 14771-76.

Сварные швы Т1 с катетом 4 мм

1) Определим величину сварочного тока:

$$I_{св} = \frac{H_i}{k_h} \cdot 100, \quad (1)$$

где H_i - необходимая глубина провара, мм;

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

$$I_{св} = \frac{H_i}{k_h} \cdot 100 = \frac{3}{1,75} \cdot 100 = 160 \dots 180 \text{ А.}$$

2) Определяем скорость сварки. Коэффициент наплавки равен:

$$a_H = 1,62 \cdot I_{св}^{0,32} \cdot d_{эл}^{-0,26}, \quad (2)$$

где $d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, см. Силу тока примем 160 А.

$$a_H = 1,62 \cdot I_{св}^{0,32} \cdot d_{эл}^{-0,26} = 1,62 \cdot 160^{0,32} \cdot 0,12^{-0,26} = 14,9 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч.}}$$

Учитывая, что источник питания с низким коэффициентом разбрызгивания от 1,5 до 3%, что коэффициент наплавки увеличивается на 7%.

Принимаем коэффициент наплавки равным $a_H = 15,9 \text{ г/А} \cdot \text{ч.}$

Скорость сварки равна:

$$V_{св} = \frac{a_H \cdot I_{св}}{F_{шв} \cdot \gamma}, \quad (3)$$

где a_H – коэффициент наплавки, г/А · ч,

$F_{шв}$ – площадь поперечного сечения шва, мм²,

γ – плотность металла электродной проволоки, г/см³.

Для стали $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

$$V_{\text{св}} = \frac{a_{\text{H}} \cdot I_{\text{св}}}{F_{\text{шв}} \cdot \gamma} = \frac{15,9 \cdot 160}{10 \cdot 7,8} = 32,7 \text{ м/ч}$$

Скорректируем режимы сварки:

$I_{\text{св}} = 160 \text{ А}$, $U_{\text{д}} = 24 \text{ В}$, $V_{\text{св}} = 33 \text{ м/ч}$.

Сварной шов Т1 с катетом 6 мм

1) Определяем величину сварочного тока:

$$I_{\text{св}} = \frac{H_i}{k_h} \cdot 100, \quad (4)$$

где H_i - необходимая глубина провара, мм;

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

$$I_{\text{св}} = \frac{H_i}{k_h} \cdot 100 = \frac{5}{1,75} \cdot 100 = 230 \dots 250 \text{ А}.$$

Определяем скорость сварки.

Коэффициент наплавки равен:

$$a_{\text{H}} = 1,62 \cdot I_{\text{св}}^{0,32} \cdot d_{\text{эл}}^{-0,26},$$

где $d_{\text{эл}}$ – диаметр электродной проволоки, см. Силу тока примем 230 А.

$$a_{\text{H}} = 1,62 \cdot I_{\text{св}}^{0,32} \cdot d_{\text{эл}}^{-0,26} = 1,62 \cdot 230^{0,32} \cdot 0,12^{-0,26} = 16,9 \text{ г/А} \cdot \text{ч}.$$

Так как источник питания с низким коэффициентом разбрызгивания от 1,5 до 3 %, то коэффициент наплавки увеличивается на 7 %. Принимаем коэффициент наплавки равным

$$a_{\text{H}} = 18,1 \frac{\text{г}}{\text{А}} \cdot \text{ч}.$$

Скорость сварки равна:

$$V_{\text{св}} = \frac{a_{\text{H}} \cdot I_{\text{св}}}{F_{\text{шв}} \cdot \gamma}, \quad (5)$$

где a_{H} – коэффициент наплавки, г/А · ч,

$F_{\text{шв}}$ – площадь поперечного сечения шва, мм²,

γ – плотность металла электродной проволоки, г/см³.

Для стали $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

$$V_{CB} = \frac{a_H \cdot I_{CB}}{F_{шв} \cdot \gamma} = \frac{18,1 \cdot 230}{20 \cdot 7,8} = 26,7 \text{ м/ч.}$$

Скорректируем режимы сварки:

$$I_{CB} = 230 \text{ А, } U_D = 27 \text{ В, } V_{CB} = 27 \text{ м/ч.}$$

Сварной шов С8

1) Определим величину сварочного тока:

$$I_{CB} = \frac{H_i}{k_h} \cdot 100, \quad (6)$$

где H_i - необходимая глубина провара, мм;

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

$$I_{CB} = \frac{H_i}{k_h} \cdot 100 = \frac{2}{1,75} \cdot 100 = 110 \dots 120 \text{ А.}$$

2) Определяем скорость сварки. Коэффициент наплавки равен:

$$a_H = 1,62 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot d_{эл}^{-0,26}, \quad (7)$$

где $d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, см. Силу тока примем 120А.

$$a_H = 1,62 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot d_{эл}^{-0,26} = 1,62 \cdot 120^{0,32} \cdot 0,12^{-0,26} = 13,6 \text{ г/А} \cdot \text{ч.}$$

Учитывая, что источник питания с низким коэффициентом разбрызгивания от 1,5 до 3%, что коэффициент наплавки увеличивается на 7%. Принимаем коэффициент наплавки равным $a_H = 14,6 \frac{\text{г}}{\text{А}} \cdot \text{ч.}$

Скорость сварки равна:

$$V_{CB} = \frac{a_H \cdot I_{CB}}{F_{шв} \cdot \gamma}, \quad (8)$$

где a_H – коэффициент наплавки, г/А · ч,

$F_{шв}$ – площадь поперечного сечения шва, мм²,

γ – плотность металла электродной проволоки, г/см³.

Для стали $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

$$V_{CB} = \frac{a_H \cdot I_{CB}}{F_{шв} \cdot \gamma} = \frac{14,6 \cdot 120}{10 \cdot 7,8} = 22,5 \text{ м/ч.}$$

Скорректируем режимы сварки: $I_{CB} = 120 \text{ А, } U_D = 21 \text{ В, } V_{CB} = 23 \text{ м/ч.}$

2.5 Выбор сварочного оборудования

Исходные для оборудования:

Род – постоянный;

Полярность – обратная;

Исходя из анализа данных, для и сварки декомпактный промышленный инвертор TESH MIG 5000 (N221) — профессиональный сварочный аппарат для интенсивной эксплуатации в полуавтоматическом режиме MIG/MAG сварки в среде защитных газов и их смесях. Для сварки в автоматическом, используем, предлагая для сварки головками, их на устройстве для сварочного шва. источников:

- Флагманская модель инвертора TESH MIG 5000 (N221) позволяет сваривать цветные и черные металлы толщиной до 20 мм и более в полуавтоматическом режиме MIG/MAG

- Для плавного возбуждения дуги обеспечивается медленная подача присадочного материала. Современная технология DOWN SLOPE гарантирует равномерное заполнение шва и плавное снижение величины сварочного тока для заварки кратера в конце цикла.

- Благодаря декомпактному исполнению можно использовать длинные сварочные кабели до 30 метров, что расширяет рабочую зону сварщика, повышая функциональность аппарата.

- Расширенная панель управления. На основном блоке и панели подающего привода располагаются основные регуляторы, ЖК-дисплеи и разъемы для подключения сварочных кабелей. При этом основной блок и подающий механизм размещены на транспортировочной тележке с поворотными колесами, на которой предусмотрена площадка под газовый баллон и ящик для инструментов. Питание TESH MIG 5000 осуществляется от промышленной трехфазной сети на 380 В.

Стандартное:

- Инверторный сварочный аппарат;
- Устройство подачи проволоки;
- Тележка транспортная;
- Горелка в сборе MS 450, 3 м;
- Клемма заземления в сборе 500 А, 3 м;
- Комплект соединительных кабелей, 4 м;
- Комплект запасных роликов;
- Комплект ЗИП.

Характеристики Сварог TECH MIG 5000 (N221) указаны в Таблице 6.

Таблица 6 - Сварог TECH MIG 5000

Основные параметры	
Напряжение сети:	380 В ($\pm 15\%$)
MIG/MAG сварочный ток:	(50 – 500) А
Диаметр электродов (min - max):	(1,5-6) мм
Диаметр стальной проволоки (min-max):	(0,8/1,0/1,2/1,6) мм
Сварочное напряжение:	(15–48) В
Напряжение холостого хода:	75 В
Дополнительные параметры	
Коэффициент мощности (COS):	0.93
КПД:	85
Габаритные размеры:	1100x520x1450
Вес	107,70 кг.
Скорость подачи проволоки (min - max):	(25-300) мм/сек
Частота сети, Гц:	50 Гц

2.6 Разработка технологического маршрута процесса сборки и сварки шкворневой балки

Для осуществления технологических операций разрабатывается маршрутная карта для установления перечня и последовательности технологических операций, типа оборудования, на котором эти операции будут выполняться, применяемой оснастки.

1. Взять со складочного места лист верхний и уложить вручную в стенд сборки по упорам и фиксаторам.

2. Установить откидной упор стенда для установки листов вертикальных.

3. Взять поочередно со складочного места листы вертикальные вручную и установить на лист верхний по упорам стенда.

4. Включить пневмоприжимы стенда для прижатия листа верхнего и листов вертикальных.

Установить пневмораспорку стенда между парой вертикальных листов и включить.

5. Прихватить листы вертикальные к листу верхнему. Количество прихваток не менее 6. Длина прихватки (15-20) мм

6. Взять вручную со складочного места стяжку (2 шт.) установить поочередно по шаблону между вертикальными листами и прихватить на две прихватки каждую. Кол-во прихваток 4 шт. Длина прихваток (15-20) мм.

7. Взять вручную со складочного места диафрагму (1 шт.) установить по шаблону между вертикальными листами и прихватить. Кол-во прихваток 2 шт. Длина прихваток (15-20) мм.

8. Выключить пневмораспорку, установить между второй парой вертикальных листов и включить.

9. Повторить переходы с шестого по восьмой один раз.

10. Выключить пневмораспорку и убрать на складочное место.

11. Взять вручную со складочного места планку (4 шт.) установить поочередно по шаблону на вертикальные листы и прихватить на две прихватки каждую. Кол-во прихваток 8 шт. Длина прихваток (15-20) мм.

12. Взять вручную со складочного места ребро, установить поочередно по шаблону и прихватить на две прихватки каждое к планке и листам вертикальным. Кол-во прихваток 16 шт. Длина прихваток (15-20) мм.

13. Отключить пневмоприжимы стенда и установить откидной упор в исходное положение.

14. Взять вручную со складочного места планку, установить на лист верхний и прихватить. Кол-во прихваток не менее 2 шт. Длина прихватки (15-20) мм.

15. Зачистить прихватки от остатков сварочной проволоки и брызг расплавленного металла $L_{зач.} = 1 \text{ м}$.

16. Переместить собранную шкворневую балки со стенда сборки на стеллаж для сварки.

2.7 Контроль качества сварного изделия

При изготовлении сварных конструкций невозможно полностью гарантировать их высокое качество, потому что даже при хорошо отработанной технологии сварки возможны дефекты различного рода, которые могут привести к снижению надежности и долговечности изделий. Для повышения качества изготовления проектируемой конструкции важное значение приобретают контрольные операции, предусмотренные технологическим процессом. Использование метода или набора методов контроля для получения качественных сварных конструкций на всех этапах их изготовления зависит от требований, предъявляемых к сварным соединениям в технической документации на конструкцию.

В разработанном проекте технические требования, которые

предъявляются к балкам поперечной жесткости, изложены в разделе 1.2. Исходя из этих требований, предусматриваются следующие контрольные операции:

1. Контроль на стадии технологической подготовки производства, включающий:

- техническое состояние заготовок;
- сборочно-сварочного оборудования, оснастки и инструмента;
- контроль сборочно-сварочной технологии;
- соблюдение технологических режимов;

2. Пооперационный контроль:

- контроль сварных узлов и окончательно готовой продукции;
- качество сварных швов.

На АО «Алтайвагон» отдел технического контроля (ОТК) занимается вопросами контроля качества. Для проведения определенной политики и достижения поставленных целей в области качества специально создана и внедрена обеспечивающая система качества. Поставка сырья и материалов на предприятие осуществляется по договорам с заводами – поставщиками с подтверждающими качество сертификатами соответствия.

Входной контроль производится подразделениями ОТК в составе:

- начальника бюро;
- контролеров ОТК, с функциями отбора проб с последующей передачей их в лабораторию по карте входного контроля.

Пооперационный контроль осуществляется контролерами ОТК.

Контроль готового изделия:

- Контроль качества ВИК 100 %, измерение геометрических размеров изделия (ОТК-100%) и швов (ОТК-100%).
- Оценка качества сварочных соединений балки шкворневой грузового полувагона производится в соответствии с требованиями ГОСТ 33976-2016.

3 Конструкторская часть

В настоящем разделе приводятся данные по проектированию сборочно-сварочного приспособления, необходимого для осуществления описанной в разделах 1 и 2 технологии. Расчет местных деформаций приводится в пункте 3.1, а в следующем пункте рассчитываются усилия прижатия поясных листов. На основе усилий прижатия возьмем типовые пневмоцилиндры. В пункте 3.3 произведем разработку схемы базирования балки шкворневой полувагона.

3.1 Расчёт местных деформаций, возникающих после сварки

В результате наложения сварных швов на поверхность листов последние деформируются в основном из своей плоскости. Деформации могут иметь характер изгиба, когда лист перегибается по линии наложенного на его поверхность валика, образуя угол β (рис. 2) деформацию этого вида называют угловой и характеризуется углом β .



Рисунок 2 – Угловая деформация

При сварке элементов таврового и двутаврового сечения поясные листы получают местные деформации, вызываемые поясными швами 1 и 2 и называемые иногда грибовидностью (рис. 3).

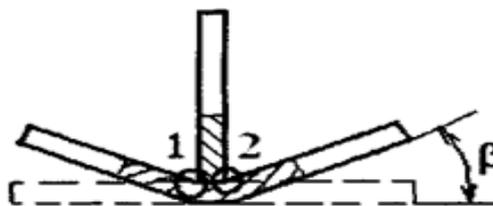


Рисунок 3 – Угловая деформация типа «грибовидность»

Для определения угловых деформаций (угла β) при наплавке валика на лист из малоуглеродистой стали можно воспользоваться графическими зависимостями угла β от величины удельной погонной энергии и скорости

сварки.

Вместо полной погонной энергии, берем приведенную энергию, по формуле:

$$q_{n.n.} = \left(\frac{2 \cdot \delta_n}{2 \cdot \delta_n + \delta_{cm}} \right) \cdot q_n \quad (9)$$

где δ_n и δ_{cm} – соответственно толщина пояса и стенки таврового соединения;

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{CB} \cdot U_d \cdot K_u}{V_{CB}} \quad (10)$$

где K_u – коэффициент использования тепла дуги при сварке, $K_u = 0,65$ в CO₂. Поясные швы с 6 мм. $I_{CB} = 230$ А, $U_d = 27$ В, $V_{CB} = 0,583$, $\delta_n = 0,7$ см, $\delta_{cm} = 1$ см.

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{CB} \cdot U_d \cdot K_u}{V_{CB}} = \frac{0,24 \cdot 230 \cdot 27 \cdot 0,65 \cdot 4,1868}{0,583} = 6957,13 \text{ Дж/см}$$

$$q_{n.n.} = \left(\frac{2 \cdot \delta_n}{2 \cdot \delta_n + \delta_{cm}} \right) \cdot q_n = \left(\frac{2 \cdot 0,7}{2 \cdot 0,7 + 1} \right) \cdot 6957,13 = 4058,3 \text{ Дж/см}$$

$$\frac{q_{n.n.}}{\delta^2} = \frac{4058,3}{0,7^2} = 8282 \text{ Дж/см}^3$$

изгиба $\beta = 0,02$ рад.

3.2 Расчёт усилий прижатия поясных листов

Расчетная схема показана на рисунке 4.

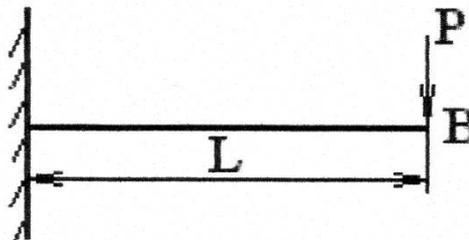


Рисунок 4 – Условная схема закрепления поясного листа

Угол изгиба листа под действие силы P можно рассчитать по формуле :

$$\beta = P \cdot l^2 / 2 \cdot E \cdot J, \quad (11)$$

где E - модуль упругости, $E = 2 \cdot 10^6$ кг/см²;

J — момент инерции,

$$J = b \cdot h^3 / 12, \quad (12)$$

где b - ширина, см;

h - высота, см.

Из формулы (11) выражаем P - усилие необходимое для изгиба листа равно :

$$P = 2 \cdot \beta \cdot E / l^2, \quad (13)$$

Требуемое усилие пневмоцилиндра находим по формуле:

$$P_1 = P / n, \quad (14)$$

где n - требуемое количество пневмоцилиндров, шт. Усилие прижатия поясного листа шкворневой балки: $J = 271 \cdot 0,8^3 / 12 = 11,6$ см⁴,

$$P = 2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11,6 / 15^2 = 30933,3 \text{ кН},$$

$$P_1 = / 2 \text{ кН}.$$

Выбираем 2 цилиндра исполнения: пневмоцилиндр ГОСТ 1511-400 х 200 ГОСТ 15608-70.

3.3 Разработка схемы базирования балки шкворневой полувагона

Для сборки важно обеспечить взаимное расположение деталей и узлов согласно чертежу, а при механизированных способах сварки еще и точное перемещение сварочного аппарата по шву.

Для придания заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат, необходимо применить базирование. При разработке схемы базирования опорные точки принято изображать согласно ГОСТ 21495-76.

3.3.1 Термины и определения теории базирования

В теории базирования используются следующие термины по ГОСТ 21495-76:

1. База (базирующая поверхность) - поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

2. Конструкторская база - база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

3. Основная база - конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии.

4. Вспомогательная база - конструкторская база, данной детали или сборочной единицы и используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия.

5. Технологическая база - база, используемая для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте.

6. Измерительная база - база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

7. Установочная база – база, используемая для наложения на заготовку

или изделия.

8. Направляющая база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы- перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

9. Опорная база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей,

лишающих их одной степени свободы- перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

10. Двойная направляющая база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих четырех степеней свободы- перемещения вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

11. Двойная опорная база - база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих двух степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей.

12. Скрытая база - база в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

13. Явная база - база в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

14. Полное базирование – лишение всех шести степеней свободы.

15. Неполное базирование – число баз равно двум или ограничивается одной.

16. Комплект баз – совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки или изделия.

17. Комплект, состоящий из установочной, направляющей и опорных баз называется первым типовой комплект баз.

18. Комплект, состоящий из двойной направляющей, и двух опорных баз называется второй типовой комплект баз.

19. Комплект, состоящий из установочной, двойной опорной и опорной баз называется третьим типовым комплектом баз.

3.3.2 Разработка схемы базирования деталей балки шкворневой

3.3.2.1 Стенки балки шкворневой полувагона

Считывая конструктивные особенности детали, деталь представляет собой призматическое тело, выбираем для установочной базы наиболее развитую поверхность. Три опорные точки располагаем таким образом, чтобы у треугольника, образуемого ими центр тяжести совпадал с центром тяжести детали, что будет обеспечивать нам наибольшую устойчивость нашей детали. Наложив на деталь три связи, лишаем её трех степеней свободы: передвижения вдоль оси OZ и поворотов вокруг осей OX и OY

Для направляющей базы выбираем боковую плоскость. Накладываем на деталь ещё две связи, тем самым лишая её двух степеней свободы: передвижения вдоль оси OY и вращения вокруг оси OZ.

Для опорной базы выбирается оставшаяся (наименее развитая) плоскость, в нашем случае такой плоскостью будет являться торец детали. Данная база необходима для наложения одной связи, которая будет лишать деталь одной степени свободы: передвижения вдоль оси OX.

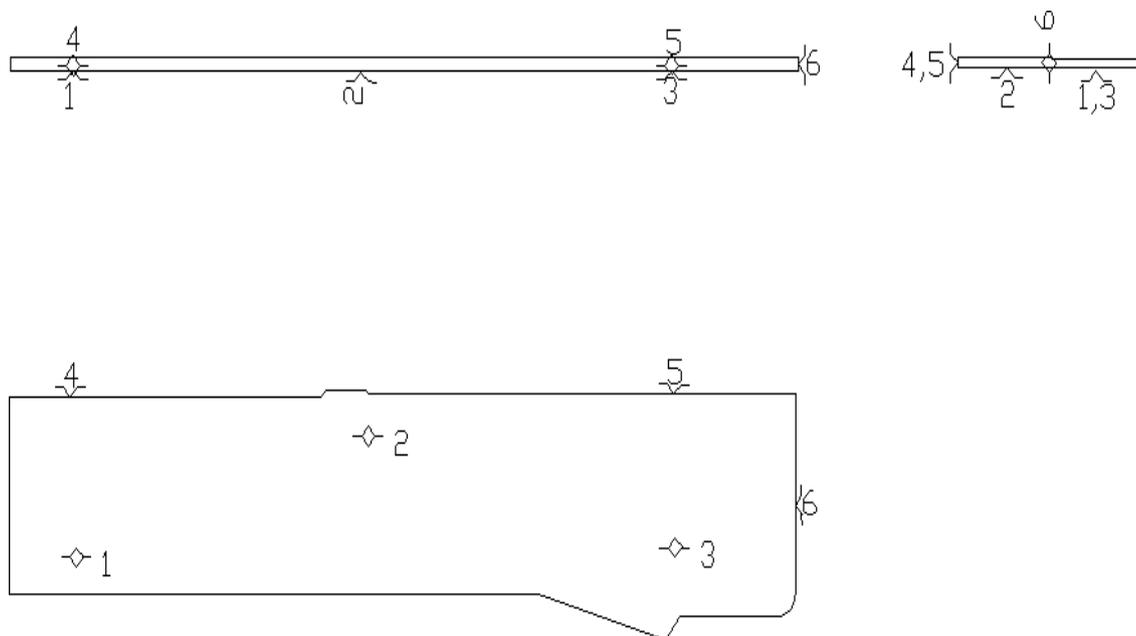


Рисунок 5 – Схема базирования стенки балки шкворневой полувагона

3.3.2.2 Диафрагмы балки шкворневой полувагона

Так же, учитывая конструктивные особенности детали, деталь представляет собой призматическое тело. Три опорные точки располагаем таким образом, чтобы у треугольника образуемого ими центр тяжести совпадал с центром тяжести детали, что будет обеспечивать нам наибольшую устойчивость нашей детали, эти точки будут находиться на торцах продольных ребер. Наложив на деталь три связи, лишаем её трех степеней свободы: передвижения вдоль оси OZ и поворотов вокруг осей OX и OY

Для направляющей базы выбираем боковую плоскость. Накладываем на деталь ещё две связи, тем самым лишая её двух степеней свободы: передвижения вдоль оси OY и вращения вокруг оси OZ .

Для опорной базы выбирается оставшаяся (наименее развитая) плоскость, в нашем случае такой плоскостью будет являться торец детали. Данная база необходима для наложения одной связи, которая будет лишать деталь одной степени свободы: передвижения вдоль оси OX .

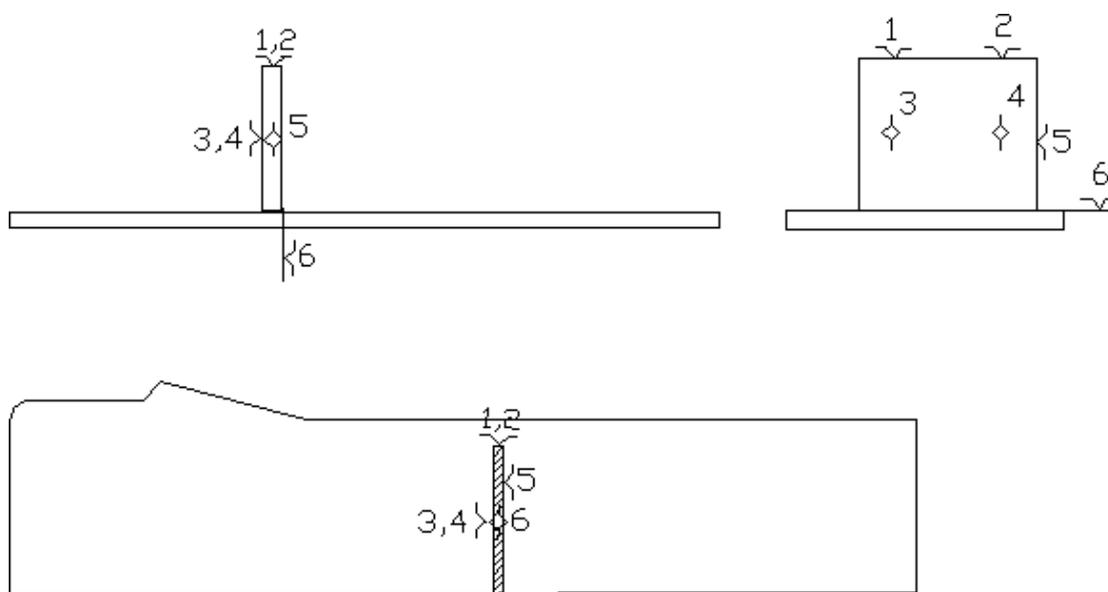


Рисунок 6 – Схема базирования диафрагм балки шкворневой полувагона

Суть базирования балки шкворневой полувагона заключается в лишении шести степеней свободы, деталей, входящих в конструкцию. В нашей конструкции базируются стенки и диафрагмы. Базирование осуществляется в

следующем порядке:

На базовую поверхность устанавливается стенка, как показано на рисунке 5; Сверху на стенку устанавливаются диафрагмы так, как показано на рисунке 6;

Схема базирования балки шкворневой полувагона составляется из схем базирования отдельных элементов, входящих в конструкцию.

Базирования детали представлена на рисунке 7.

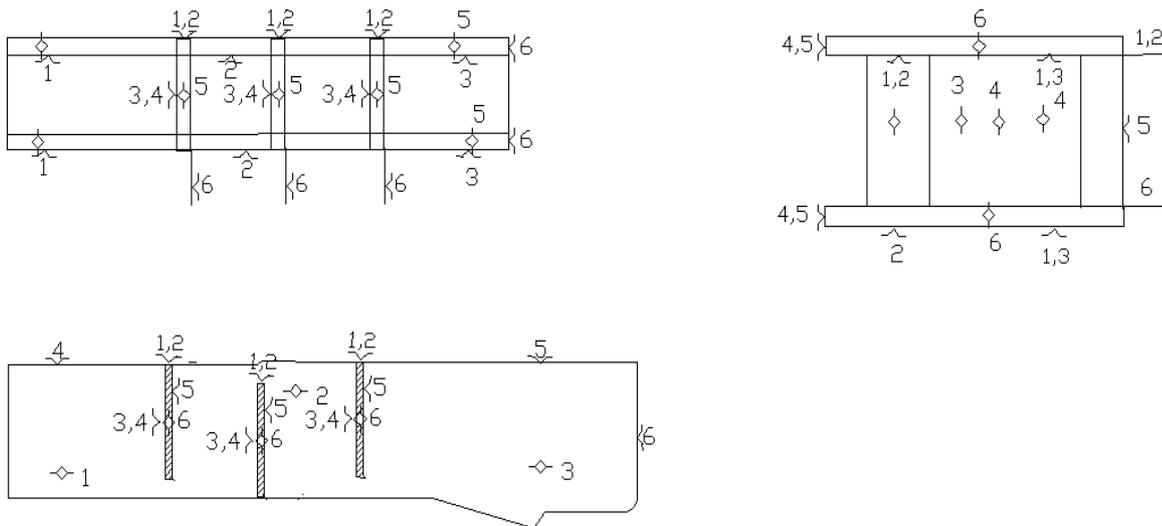


Рисунок 7 – Схема базирования балки шкворневой полувагона

3.4 Выбор типа, количества установочных элементов приспособления

Принципиальная схема приспособления представляет собой эскиз (чертеж), вычерченный не менее чем в двух проекциях (зависит от сложности изделия) изделия с условным изображением типов и мест расположения установочных элементов и зажимных устройств.

Установочные элементы образуют базовые поверхности приспособлений и обеспечивают ориентацию устанавливаемых деталей в соответствии с чертежом, а также не дают заготовки в процессе сборки и сварки совершать перемещения.

Разработку схемы приспособления начнем с установки стенки.

Установка первой детали будет произведена на наиболее развитую поверхность, которая обеспечит наибольшую устойчивость детали. Неподвижные опоры располагаем под стенкой таким образом, чтобы они полностью исключали прогиб.

Число установочных элементов напрямую зависит от длины детали и равно по 2 шт. в 2 ряда, итого 4 шт. Расстояние между установочными элементами принимаем $l_{уст}=600$ мм.

На диафрагмы устанавливаем подвижные опоры для удобства извлечения детали из приспособления.

В качестве установочного элемента выбираем опору, так как этот элемент обеспечивает необходимую точность при сборке и прост в замене.

Условие: расположение опорных элементов должно осуществляться таким образом, чтобы устанавливаемые детали не были ими блокированы.

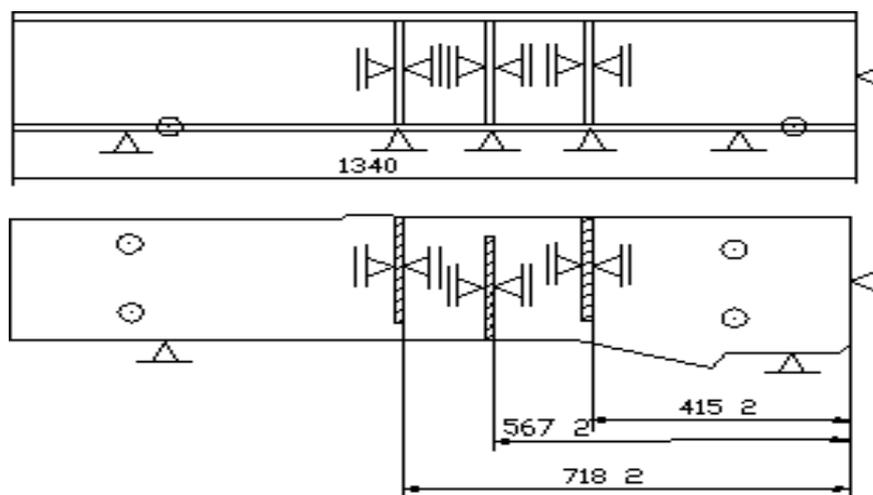


Схема расположения установочных элементов

3.4.1 Расчет усилий закрепления заготовок

При наложении прихваток и сварных швов в конструкции возникают деформации. Основными видами деформаций, возникающих в сварных

конструкциях принято считать:

- Деформации от продольной усадочной силы Рус (продольное укорочение, изгиб продольной оси);
- Равномерная по толщине поперечная деформация;
- Неравномерная по толщине (угловая) поперечная деформация;
- Сдвиговая деформация;
- Изгиб продольной оси.

В нашем случае наиболее актуальным является угловая деформация.

Примем значение угловой деформации $\alpha=1^\circ$ из предложенного диапазона (от 0.9 до 1.1°) Расстояние от оси шва до точки приложения силы выберем $l = 5$ из предложенного диапазона $l = (4 - 6)$ см.

Толщина листового проката из которого изготавливается балка шкворневая полувагона равна 6 мм.

листов без по формуле 11

$$f = l \cdot tg\alpha \quad (15)$$

где f – пр листов без, см;

l – от оси шва до точки, см;

$tg\alpha$ – угловое в сварного, .

$$f = l \cdot tg\alpha = 5 \cdot 0,017455 = 0,087 \text{ см}$$

Для устранения по обе стороны шва, что вызывает в шве и зоне прикладываемых превысить, что приведет к, поэтому ограничивают.

можно по 16

$$P = \frac{(\delta^3 \cdot tg\alpha \cdot E)}{4l^2} \quad (16)$$

где δ – толщина металла, см;

E – модуль упругост, кН/см;

l – расстояние от оси шва до точки приложения силы, см;

$tg\alpha$ – угловое перемещение в зоне сварного соединения, град.

$$P = \frac{(\delta^3 \cdot tg\alpha \cdot E)}{4l^2} = \frac{(0,6^3 \cdot tg1 \cdot 2 \cdot 10^6)}{4 \cdot 5^2} = 78 \text{ кг}$$

Расчетный прогиб листов выполняем по формуле 17

$$f_0 = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J} \quad (17)$$

где f_0 – расчетный прогиб листов;

P – удерживающее усилие на единицу длины свариваемой кромки, кН/см²;

l – расстояние от оси шва до точки приложения силы, см;

$J = \delta^3 / 12$ – момент инерции для единицы длины свариваемой кромки, см³.

$$f_0 = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J} = \frac{734,4 \cdot 125}{0,108 \cdot 10^7} = 0,87 \text{ см.}$$

Возникающий зазор вычисляем по формуле 18

$$\Delta = f - f_0 \quad (18)$$

где Δ – разность прогиба;

f – прогиб листов без закрепления, см;

f_0 – расчетный прогиб листов.

$$\Delta = f - f_0 = 0,087 - 0,085 = 0 \text{ см.}$$

Также следует провести проверку на образование критического угла загиба деталей по формуле 15

$$tga_{кр} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_T}{3 \cdot E \cdot \delta} \quad (19)$$

где δ – толщина металла, см;

E – модуль упругости, кН/см²;

l – расстояние от оси шва до точки приложения силы, см;

σ_T – предел текучести металла.

$$tga_{кр} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_T}{3 \cdot E \cdot \delta} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 3000 \cdot 10^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 0,6} = 0,008 \text{ рад} = 0,46^\circ$$

Так как $1,0^\circ > 0,46^\circ$, то на деталях при наложении прихваток происходит образование трещин. Для предотвращения появления данного дефекта, необходимо уменьшить величину закрепляющего усилия. Для этого воспользуемся формулой 20

$$P_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T \cdot \delta^2}{6 \cdot l} \quad (20)$$

$$P_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T \cdot \delta^2}{6 \cdot l} = \frac{3000 \cdot 0,6^2}{6 \cdot 5} = 36 \text{ кг}$$

Следовательно, усилие будет равно 36 кг.

Найдем дополнительный расчетный прогиб листов по формуле 21

$$f_{0\text{доп}} = \frac{P_{\text{доп}} \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J} \quad (21)$$

$$f_{0\text{доп}} = \frac{P_{\text{доп}} \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J} = \frac{36 \cdot 5^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,00534} = 0,035 \text{ см}$$

Разность прогиба рассчитаем по формуле 22

$$\Delta f_{0\text{доп}} = f - f_{0\text{доп}} \quad (22)$$

$$\Delta f_{0\text{доп}} = f - f_{0\text{доп}} = 0,087 - 0,035 = 0,052 \text{ см}$$

Усилие по всей длине найдем по формуле 23

$$P = l \cdot P_{\text{доп}} \quad (23)$$

$$P = l \cdot P_{\text{доп}} = 134 \cdot 36 = 4824 \text{ кг}$$

$$l_{\text{пр}} = 30 \text{ мм}$$

Количество прихваток найдем по формуле 24

$$n_{\text{пр}} = \frac{l}{400 \div 500} = n + 1 \quad (24)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{1340}{400} = 3 + 1 = 4 \text{ шт.}$$

Суммарную длину прихваток рассчитаем по формуле 25

$$\Sigma l_{\text{пр}} = l_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}} \quad (25)$$

$$\Sigma l_{\text{пр}} = 30 \cdot 4 = 120 \text{ мм}$$

Во сколько раз общая длина изделия, превышает суммарную длину прихваток, рассчитаем по формуле 26

$$K = \frac{l}{\Sigma l_{\text{пр}}} \quad (26)$$

$$K = \frac{l}{\Sigma l_{\text{пр}}} = \frac{1340}{120} = 13$$

$$P_{\text{кон}} = \frac{P}{K} \quad (27)$$

$$P_{\text{кон}} = \frac{P}{K} = \frac{4824}{13} = 371 \text{ кг}$$

Количество опор рассчитаем по формуле 28

$$n_0 = \frac{l}{800 \div 1000} = \frac{1340}{800} = 2 \quad (28)$$

Усилие на каждую опору рассчитаем по формуле 29

$$P_{\text{т.п.}} = \frac{P_{\text{кон}}}{2} \quad (29)$$
$$P_{\text{т.п.}} = \frac{375}{2} = 185 \text{ кг}$$

3.4.2 Выбор типов зажимных устройств, предотвращающих коробления узла при сборке

По величине требуемого усилия зажима заготовок назначают тип зажимных устройств, помня, что рекомендуется использовать не более 3 типов устройств. При выборе типа зажимного устройства следует иметь в виду, что мускульная сила человека, приводящего в движение исполнительные органы машины составляет 20 кг, а коэффициент усиления рычажных и винтовых устройств равен от 10 до 12. Большие значения закрепляющих усилий должны реализовываться механизированными устройствами - пневматическими, электромеханическими, электромагнитными. Для исключения неравномерной по толщине поперечной пластической деформации прикладываем величину зажимного усилия равную 185 кг, так как при такой величине зажимного усилия не возникнут трещины. При фиксации балки шкворневой полувагона, для обеспечения требуемого усилия используем пневматические зажимы, т.к. они обеспечивают требуемое зажимное усилие. Для исключения факторов образования трещин при наложении прихваток, устанавливаем зажимы таким образом, чтобы закрепляющая сила располагалась вблизи установочных элементов. При этом под прилагаемой силой должна, обязательно находиться опора для предотвращения изгиба или поворота детали.

Размещение зажимных устройств на принципиальной схеме должно быть таким, чтобы закрепляющее усилие было направлено к центру

установочного элемента.

3.5 Сборочно-сварочная установка

Установка представляет собой стенд для сборки и сварки, полуавтомат, помещённый на тележку, на которой полуавтомат свободно перемещается по зоне сварки. Общий вид установки представлен на листе №4 графической части магистерской работы. На базовом предприятии сборка и сварка производится на одном неповоротном стенде при помощи полуавтомата. Установка мелких деталей производится вручную по съёмным фиксаторам и шаблонам. Стенд для сборки и сварки оснащен пневматическими прижимами и откидными опорами для установки мелких деталей. Данный стенд имеет высокий уровень механизации. Детали подаются на стенд сверху, изъятие собранной балки производится с помощью роликового механизма путем сдвигания балки вдоль стенда.

Работа стенда:

1. Лист верхний устанавливается на опоры стенда позиции 17, и прижимается пневмоприжимами позиции 3.
2. Вертикальные листы устанавливаются в упор позиции 9, и прижимаются пневмозажимом позиции 6.
3. Вертикальные листы фиксируются сверху пневмоприжимом позиции 5.
4. Повторяем переход 2 и 3, для второй пары вертикальных листов.
5. Планки устанавливаем на опоры позиции 13.
6. Производим прихватку листа верхнего с вертикальными листами и прихватку планок к листам вертикальным полуавтоматом позиции 1.
7. Устанавливаются стяжки в упоры позиции 10.
8. Устанавливаются диафрагмы между листами вертикальными и прижимаются пневмозажимами позиции 8.
9. Устанавливаем ребра на планки в откидной упор позиции 14.
10. Производится прихватка планки, стяжек, диафрагм и рёбер к листам

вертикальным и листу верхнему.

11. Отключаем пневмозажимы и откидываем их.

12. Производим сварку стяжек, планок, диафрагм и рёбер с листами вертикальными.

13. Производим сварку листов вертикальных с листом верхним.

14. Отключаем пневмоприжимы и откидываем их.

15. Поднимаем ролики позиции 11 при помощи пневмоцилиндра позиции 7.

16. Убираем готовую балку на складочное место.

4 Социальная ответственность

Объектом исследования в данной работе является разработка технологии механизированной сварки в среде защитных газов, выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Основная задача работы состоит в том, чтобы разработать технологию механизированной сварки в среде защитных газов с рациональным использованием сварочных материалов, снижением остаточных сварочных деформаций и возможностью их правки непосредственно в процессе сварки.

В данном разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в цехе, правила эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС, а также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности, как для помещения, так и для организации в целом.

4.1 Анализ имеющихся вредных и опасных факторов

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при изучении процесса механизированной сварки в среде защитных газов. Перечень вредных и опасных факторов, воздействующих на сварщика приведен в таблице 7.

Вредным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности. Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Критерии

отношения фактора к вредным или опасным устанавливаются ГОСТ 12.0.003-2015.

Таблица 7 – Вредные и опасные факторы

Источник фактора наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Запуск источника питания. 2. Снятие осциллограмм 3. Проведение ремонтных работ источника питания 4. Проведение сварочных работ	1. Отклонение показателей микроклимата. 2. Превышение уровня шума в рабочей зоне. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. 5. Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.	1. Электрический ток. 2. Пожароопасность	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ, ГОСТ 12.1.029–80 ССБТ, ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ, ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, СанПиН 2.2.4.548–96, СН 2.2.4/2.1.8.562–96, СН 2.2.4/2.1.8.566–96, СП 52.13330.2011, СанПиН 2.2.2.540-96.

4.1.1 Категория тяжести труда

Разделение работ по категориям тяжести труда, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, приводится в таблице 8.

Таблица 8 – Категории работ по тяжести

Категории работ	Энергозатраты	
	Вт	Ккал/ч
Легкие (I _а)	До 139	До 120
Легкие (I _б)	(140 – 174)	(121 – 150)
Средней тяжести (II _а)	(175 – 232)	(151 – 200)
Средней тяжести (II _б)	(233 – 290)	(201 – 250)
Тяжелые (III)	Более 290	Более 250

Сварочные работы, выполняемые на автоматической поточной линии, не требуют постоянного передвижения на большие расстояния (движение сварщика-оператора в основном происходит вокруг установки) и перемещения тяжелых грузов (благодаря наличию в цехе кранов и другого подъемно-транспортного оборудования), а также не способствуют появлению значительных физических напряжений (поскольку сварщик-оператор управляет всеми процессами через контроллер и не осуществляет сварку вручную), поэтому эту работу можно отнести к категории легких (I_б).

4.1.2 Вредные факторы

4.1.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное

ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности благодаря отсутствию посторонних раздражителей организма человека. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 в соответствии с легкой (I_6) категорией работ. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для проведения производственных (в т.ч. сварочных) работ приведены в таблицах 9.1 – 9.2.

Микроклимат производственного помещения на рассматриваемом предприятии поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, принудительной вентиляцией, а также дополнительным прогревом в холодное время года.

Таблица 9.1 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Температура воздуха, °С	Влажность воздуха , % относ.	Скорость движения воздуха, м/с
19-22	40-60	≤0,2

Таблица 9.2 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Температура воздуха, °С	Влажность воздуха , % относ.	Скорость движения воздуха, м/с
15-28	20-80	≤0,5

4.1.2.2 Превышение уровня шума на рабочем месте

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой

интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик системы питания для сварки в динамическом режиме изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – источник питания для сварки, процесс сварки. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 80 дБА (ГОСТ 12.1.003-2014).

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов;
- 2) Проведения акустической обработки помещения;
- 3) Создания дополнительных перегородок из ДВП, ДСП или других звукоизоляционных материалов;
- 4) Проведения профилактических работ.
- 5) Применения средств индивидуальной защиты органов слуха –противошумных наушников, ушных вкладышей (берушей).

4.1.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещенность - важнейший параметр на рабочем месте оператора, обеспечивающий комфортные условия, повышенную эффективность и

безопасность труда, снижающий утомление и травматизм, сохраняющий работоспособность.

В соответствии со СНиП 23-05-95 (табл. 9) освещение должно обеспечить: санитарные нормы освещенности на рабочих местах, равномерную яркость в поле зрения, отсутствие резких теней и блескости, постоянство освещенности по времени и правильность направления светового потока. Освещенность на рабочих местах и в производственных помещениях должна контролироваться не реже одного раза в год. Фактическая освещенность в цехе должна быть больше или равна нормируемой освещенности. Требования, приведенные в таблице 9, соответствуют условиям труда оператора сварочной поточной линии.

К гигиеническим требованиям, отражающим качество производственного освещения, относятся:

- равномерное распределение яркостей в поле зрения и ограничение теней;
- ограничение прямой и отраженной блескости;
- ограничение или устранение колебаний светового потока.

Для обеспечения рационального освещения, отвечающего техническим и санитарно-гигиеническим нормам, в цехе предусмотрены остекленные окна в стенах и крыше цеха (фонари) для достаточного проникновения солнечного света в светлое время суток, а также система светильников дневного света, обеспечивающих достаточную освещенность в темное время суток.

Таблица 10 – Требования к освещенности помещения

Характеристика зрительной работы				Средней точности
Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм				Св. 0,5 до 1,0
Разряд зрительной работы				IV
Подразряд зрительной работы				б
Контраст объекта с фоном				Малый, средний,
Характеристика фона				Средний, темный
Искусственное освещение	Освещенность, лк	При системе комбинированного освещения	всего	500
			в т.ч. от общего	200
		при системе общего освещения		200
	Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности (Р) и коэффициента пульсации ($K_{п}$)		Р	40
			$K_{п}$, %	20
Естественное освещение	Коэффициент естественного освещения (e_n), %	При верхнем или комбинированном освещении		4
		при боковом освещении		1,5
При верхнем или комбинированном освещении		2,4		
при боковом освещении		0,9		
Совмещенное освещение				

4.1.3.4 Расчет искусственного освещения

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B, \quad (30)$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{II} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3 = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных

ламп $Z= 1,1$. Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2600$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (31)$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле 27:

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,2} = 2,72 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{7}{2,2} = 3,2 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 3 = 9$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м}$$

Размещаем светильники в три ряда. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

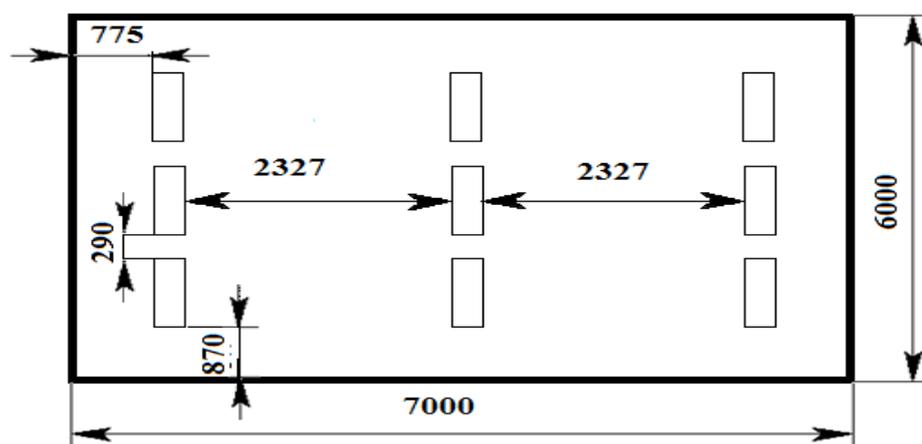


Рисунок 8 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{7 \cdot 6}{2,0 \cdot (7 + 6)} = 1,6$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70 \%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения

$i = 1,6$ равен $\eta = 0,47$. Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = (E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z) / N \cdot \eta = (300 \cdot 42 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / 18 \cdot 0,47 = 2457,44 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100 \% = \frac{2600 - 2457,44}{2600} \cdot 100 \% = 5,5 \%$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона.

4.1.2.4 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Одним из широко распространенных вредных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работников, является производственная пыль. Это мельчайшие частицы твердых веществ, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии. Воздушная среда производственных помещений, в которой содержатся вредные вещества в виде пыли и газов, оказывает непосредственное влияние на здоровье работников и условия труда.

Основными вредными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

В таблице 11 представлены классы опасностей вредных веществ, выделяющихся при сварке сталей и их предельно допустимая концентрация согласно ГОСТ 12.1.005-88 (прил. 2).

Для защиты и удаления вредных газов и пыли с мест сварки и подачи чистого воздуха используют вентиляцию. Общая вентиляция бывает приточной и вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также локальными устройствами.

Таблица 11 – Классы опасностей вредных веществ, выделяющихся при сваркесталей

Вещество	ПДК ,мг/м ³	Класс опасности	Состояние	Действие на организм человека
	3			

Марганец	0,05	1	аэрозоли	Утомляемость, сонливость, ухудшение памяти
Хром	0,1	1	аэрозоли	Повышение риска образования рака, заболевания астмой
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли	Раздражение глаз, кожи, bronхов, воздействие на печень и щитовидную железу
Окись углерода	20	4	пары или газы	Головные боли, одышка, аритмия, слабость

На рабочих местах в зоне сварки нужно устанавливать аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом. Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию. В цехе, возле сварочной установки, должны быть установлены местные отсосы воздуха. В специальных помещениях, где находятся бункеры для хранения флюса, должны быть также предусмотрены местные отсосы для удаления взвешенных в воздухе частиц флюса, а также естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений.

4.1.2.5 Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение

Сварка открытой и полужакрытой дугой сопровождается мощной лучистой и тепловой энергией. Тепловая энергия способна вызвать поражение глаз и ожоги незащищенных частей тела. Яркость электрической дуги превышает $4 \cdot 10^6$ кд/м². Нормальное зрение человека способно воспринимать безболезненно яркость не более 500 кд/м².

Вредное воздействие оказывает не только видимые световые лучи, но и

невидимые лучи. Они вызывают воспаление слизистой оболочки глаза, если действуют в течении 10-30 с на расстоянии до 1 м от источника излучения, а более 30 с – до 5 м. Результат действия – резкая боль в глазах, светобоязнь,

электроофтальмия. На незащищенных частях тела ультрафиолетовое и инфракрасное излучение вызывает покраснение и ожоги различной степени, в зависимости от расстояния до источника излучения.

Для защиты лица сварщика во время выполнения сварочных операций закрывается щитком, в смотровое отверстие которого вставлен светофильтр по ОСТ 21-6-87. При работе вне кабины для защиты зрения окружающих должны применяться переносные щиты и ширмы. Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи покрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла. Щитки изготавливают из изоляционного материала - фибры, фанеры и по форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ 12.4.035-78).

Для ослабления резкого контраста между яркостью дуги и малой яркостью темных стен (кабины) последние должны быть окрашены в светлые тона (серый, голубой, желтый) с добавлением в краску окиси цинка с целью уменьшения отражения ультрафиолетовых лучей дуги, падающих на стены.

Защита рабочих от инфракрасного излучения может быть обеспечена сокращением времени пребывания в зоне воздействия теплового излучения.

4.1.3 Опасные факторы

4.1.3.1 Электрический ток

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ-7), все производственные помещения по опасности поражения электрическим током разделяются на три категории:

1. Без повышенной опасности.

2. С повышенной опасностью. К факторам, повышающим опасность поражения электрическим током, относятся:

- а) повышенная влажность воздуха ($\varphi > 75 \%$);
- б) повышенная температура воздуха ($t > 35 \text{ }^\circ\text{C}$);
- в) возможность одновременного касания электрооборудования и предметов, имеющих связь с землей;
- г) электропроводная пыль (среда).

3. Особо опасные:

- а) влажность воздуха $\varphi = 100 \%$ при открытых электроустановках;
- б) разрушающая изоляцию среда;
- в) одновременно два или более признака из категории 2.

Рассматриваемое производственное помещение относится ко второй категории (повышенной опасности), ввиду влажности воздуха более 75% из-за расположения цеха непосредственно возле моря. Сварочная установка работает под напряжением 380 вольт трехфазного переменного тока. В соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» она должна быть заземлена.

В зависимости от расположения заземлителей по отношению к заземляемому оборудованию заземления бывают выносные (сосредоточенные) и контурные. Заземлители выносных заземлений располагают сосредоточенно на расстоянии свыше 20 м от заземляемого оборудования, т. е. вне зоны растекания тока замыкания на землю. Заземлители контурного заземления располагают по периметру и внутри площадки, на которой установлено заземляемое оборудование. Все эти заземлители электрически соединены друг с другом.

Заземлители могут быть естественными и искусственными. Искусственные заземлители выполняются в виде электродов. По расположению в грунте и по форм электродов заземлители делятся на:

- углубленные, состоящие из полос или круглой стали, укладываемых

глубоко на дно котлована горизонтально по периметру фундаментов;

- вертикальные, состоящие из электродов, верхний конец которых заглубляется на (0,5 - 0,7) м от поверхности земли; в качестве их используют стальные вертикальные заложенные стержни диаметром (10 – 16) мм, (или отрезки стальных труб, различного диаметра), длиной (3-5) м, а также уголковая сталь длиной (2,5 – 3) м;

- горизонтальные (протяженные), состоящие из электродов, применяемых для связи между собой вертикальных заземлителей, соединяемых сваркой. В качестве таких заземлений используется круглая сталь диаметром не менее 10 мм или стальные полосы толщиной не менее 4 мм, сечением 48 мм².

В качестве заземляющих проводников-ответвлений к оборудованию, где по условиям работы не требуются гибкие проводники, применяются медные или алюминиевые проводники. В качестве заземляющих проводников, образующих заземляющую магистраль, применяется полосовая или круглая сталь, сечением порядка 48 мм².

Заземляющий проводник присоединяется к заземлению сваркой внахлестку не менее чем в двух местах. Длина нахлестки должна быть равна двойной ширине проводника при прямоугольном сечении или круглом шести диаметрам. Болты (винты, шпильки) для крепления заземляющего проводника должны изготавливаться из стойкого в отношении коррозии металла. Диаметр болта (винта, шпильки), зависит от номинального тока потребителя: при токе потребителя до 16 А, диаметр болта 4 мм потребителя (250-300) А диаметр болта

10 мм. Нельзя применять для выполнения заземления крепежные детали машин, оборудования.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С

целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, понижение напряжения, индивидуальные электротехнические средства.

Изолирующие средства индивидуальной защиты разделяются на:

1. Основные. Они могут выдержать долговременное воздействие напряжения, поэтому их целесообразно применять при производстве электромонтажных работ без обесточивания устройств от сети. Средства индивидуальной защиты, относящиеся к основным, включают в себя:

- указатели напряжения;
- изолирующие штанги;
- изолированный инструмент;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- переносные заземления;
- изолирующие устройства;

2. Дополнительные. Такая защита не способна полностью обеспечить защиту человека от воздействия электрического тока, в связи с чем такие средства используются совместно с основными. К таким средствам защиты относятся:

- диэлектрические сапоги или галоши;
- изолирующие накладки и подставки;

- коврики диэлектрические;
- диэлектрические колпаки;
- сигнализаторы напряжения.

К работам на сварочной установке допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. Также электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током. Все оборудование должно быть изготовлено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Сварочная установка работает под напряжением 380 В трехфазного тока (относится к группе электроустановок до 1000 В) и имеет глухозаземленную нейтраль. В соответствии с ТКП 181-2009 для установок напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, с учетом того, что заземляющее устройство является искусственным заземлителем, расположенным в непосредственной близости от нейтрали трансформатора, при трехфазном токе напряжением 380 В, нормируемое сопротивление заземления составляет 30 Ом. Групповой заземлитель предполагается изготовить со стержневыми (вертикальными) электродами в форме стальных уголков. Минимальные размеры стальных заземлителей из угловой стали, при их расположении в земле, составляют 4 мм. Наименьшее сечение медных заземляющих проводников для данной установки, при прокладке жил заземляющих кабелей в общей защитной оболочке со средними жилами, составляет 1 мм. Безопасные номиналы тока составляют 0,1 А, напряжения – (12...36) В, заземления – 4 Ом.

4.1.3.2 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения

пожара и системой пожарной защиты. В производственном помещении обязательно должен быть план эвакуации людей при пожаре, регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. План эвакуации при пожаре представлен на рис. 12.

В целях пожарной безопасности помещение оборудовано рубильниками для полного обесточивания помещения, а также применением специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели), что также дополняет меры по электробезопасности. Осуществляется

дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 20% кислорода. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

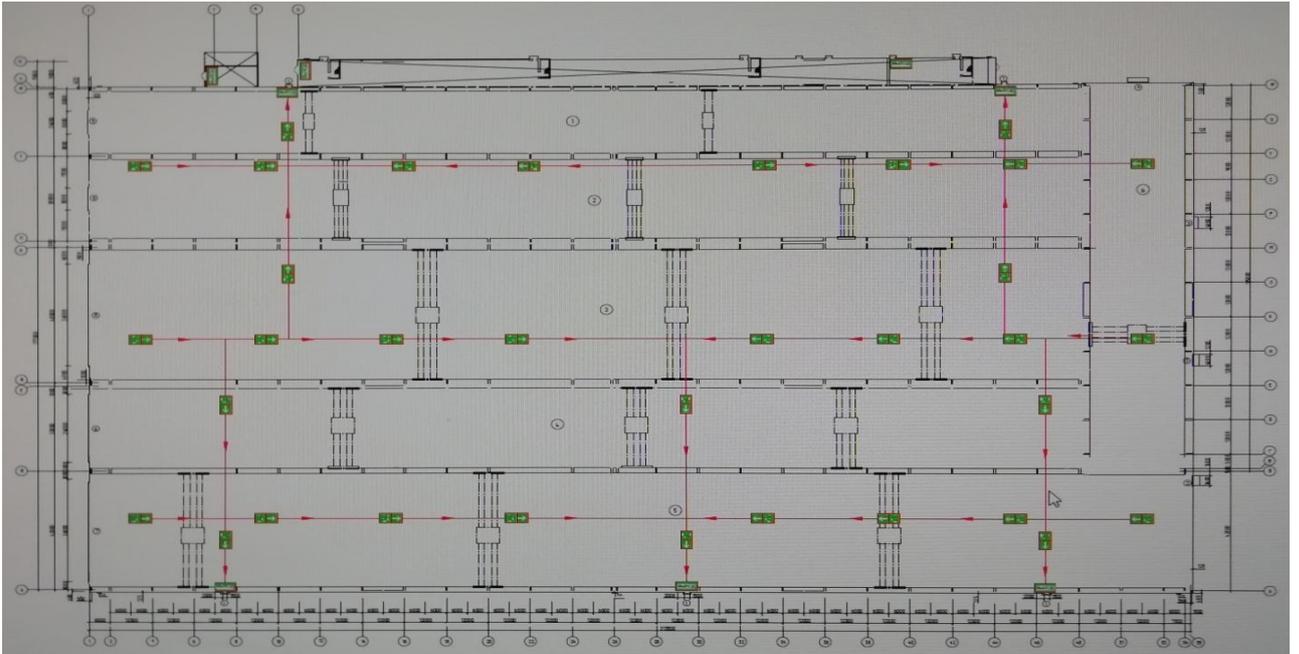


Рисунок 12 – Схема эвакуации из производственного цеха

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СП 12.13130.2009 [18] (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

В качестве средств оповещения при пожаре в цехе установлена система экстренного оповещения с центральным диспетчерским пультом и звуковым извещателем. Она получает сигнал о пожаре от установленных в помещении специальных фототепловизионных датчиков, реагирующих на пламя по выделяемому им теплу и свечению. Также сигнал о пожаре может быть подан с кнопок экстренного пожарного оповещения, установленных по всему цеху. При срабатывании системы экстренного оповещения в цехе автоматически включается звуковой извещатель (сирена), аварийная система освещения и подсветка путей эвакуации и знаков аварийных выходов.

В качестве огнетушителей на предприятии используются порошковые огнетушители ОП-80, ОП-4, а также углекислотные огнетушители ОУ-15, ОУ-5.

Автоматическая порошковая система пожаротушения состоит из системы трубопроводов, проложенных преимущественно под крышей производственного помещения, распылителей активного вещества,

резервуаров для хранения порошка, резервуаров с газом-вытеснителем, инициирующую подачу вещества по трубопроводам к очагам горения, а также систему датчиков и управляющих клапанов. Данная система может срабатывать автоматически при поступлении сигнала от пожарных датчиков, или по команде диспетчера.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения, проверить отключение всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.

2. Курить только в отведенных для курения местах. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу.

3. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Неправильная изоляция данных проводов или отсутствие заземления может привести к возникновению возгораний.

4.2 Экологичность разрабатываемой темы

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в ремонтном цеху необходимо осуществлять сбор (установить контейнеры с обозначенным

предназначением), сортировку и прессовку металлолома, огарков с последующей транспортировкой в перерабатывающие предприятия. Также с помощью промышленных пылесборников собрать пыль, и упаковать её и транспортировать на ближайший строительный объект.

Вышедшие из работы лампы, подлежащие переработке, необходимо собирать в коробки (до установленного объема) для транспортировки на перерабатывающее предприятие.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов. Абразив после очистки швов направлять в строительную промышленность, вольфрамовые электроды – на изготовление крючков и мормышек для рыбаков.

4.3 Обеспечение устойчивой работы предприятия в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. В данной работе невозможно охватить весь спектр возможных ЧС, основное внимание уделено двум вариантам:

- 1) природная – сильные морозы зимой.

Сильные морозы могут нанести вред, как и сотрудникам, работающим на предприятии, так и самому предприятию. В случае сотрудников

предприятие должно предпринять меры направленные на снижение вероятности получения сотрудниками травм в результате переохлаждения – сократить количество работающих сотрудников (не привлекать сотрудников к работе в период сильных холодов без острой необходимости), обеспечить сотрудников транспортом и держать в готовности средства первой помощи, применяемые при переохлаждении. В случае предприятия – уделить особое внимание состоянию тепловых и водонесных линий коммуникации во избежание их промерзания, также предусмотреть возможность резервного при отказе основной магистрали для недопущения разморозки здания.

2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних.

Для недопущения несанкционированного проникновения на рабочее место на предприятии применяется система контроля и управления доступом, каждый сотрудник имеет ключ – карту для прохода через пропускной пункт. На лицевой стороне карты размещается фотография и ФИО сотрудника, на задней стороне ключ – карты – номер пропуска. Пропускные пункты расположены на входе и внутри предприятия, контроль осуществляется, в том числе визуальное на соответствие фотографии, для попадания в искомое помещение нужно преодолеть не менее 2-х пропускных пунктов, что практически исключает несанкционированный доступ.

4.4 Перечень нормативной документации

1. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12.1.003–2014 .Система стандартов безопасности труда(ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (переиздание).
3. ГОСТ 12.1.029-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация.
4. ГОСТ 12.1.012–90.Система стандартов безопасности труда. (ССБТ) Вибрационная безопасность. Общие требования.
5. ГОСТ 12.1.045–84. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
8. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
9. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы.
10. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
11. СанПиН 2.2.2.540-96. Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ.
12. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
13. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

14. ГОСТ 12.1.035–81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений.
15. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
16. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
17. ОСТ 21-6-87. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве.
18. ГОСТ 12.4.035-78. Щитки и маски для защиты электросварщика. Основные параметры и технологические требования.
19. N123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
20. ПУЭ-7. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание.
21. ГОСТ 12.1.019–79. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
22. ГОСТ 2787-85. Металлы черные вторичные. Общие технические условия.
23. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23.12.2014N1101н. Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ.
24. Федеральный закон N184-ФЗ. О техническом регулировании.
25. Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и непрофессиональном заболевании.
26. Ст. 92 ТК РФ. Сокращенная продолжительность рабочего времени.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Объектом исследования в данной работе является разработка технологии механизированной сварки в среде защитных газов шкворневых балок, выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Основная задача работы состоит в том, чтобы разработать технологию механизированной сварки в среде защитных газов шкворневых балок с возможностью правки остаточных деформаций балок непосредственно в процессе сварки.

Целью данного раздела является сравнение предлагаемой технологии с технологиями, которые уже существуют и являются основными в этой сфере.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар.

- Сегментировать рынок будем по следующим критериям:
- Размер компании заказчика;
- Тип производства.

		Вагон строитель ный завод	Вагоноремонтный завод	Вагоноремонтная компания
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Рисунок 13 - Карта сегментирования рынка по уровню спроса технологии:



Согласно данной карте сегментирования рынка по уровню спроса технологии показаны основные типы компаний, заинтересованных в данной технологии. Таким образом, основными потребителями являются крупные и средние вагоноремонтные и вагоностроительные заводы.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно

реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Таблица 13 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _к 1	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,2	5	4	4	1	1	0,8
Легкость эксплуатации	0,05	5	4	4	0,2 5	0,2 5	0,2
Безопасность	0,2	4	4	3	0,8	0,8	0,6
Легкость сборки	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Цена	0,15	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
Срок выхода на рынок	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Итого	1	34	31	30	4,05	3,95	3,5

Ф – Сварка в CO₂; К₁ - СМТ; К₂ – РДС

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице. 13, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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 31:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (31)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из таблицы 13 видно, что разрабатываемый продукт конкурентоспособен, по сравнению с конкурентной продукцией, за счет таких показателей, как надежность, легкость эксплуатации и легкость сборки.

5.2 SWOT

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 14.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта.

Таблица 14 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота эксплуатации</p> <p>С2. Надежность</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Простота сборки</p> <p>С5. Высокая ресурсоэффективность.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие необходимого оборудования</p> <p>Сл2. Высокий уровень квалификации рабочих</p> <p>Сл3. Низкая универсальность применения</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>1. Привлечение большего круга потребителей</p>	<p>Сокращение затрат на производство при помощи использования инновационных технологий</p> <p>Занять пустую нишу</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p> <p>У3. Рост конкуренции</p>	<p>Более дешевое производство.</p>	<p>Максимальное качество в заданном ценовом диапазоне</p>

Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического

выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-»; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	+	+	-	+
	B3	-	-	-	-	+
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-	+
	У2	-	-	-	0	-
	У3	-	-	-	-	+
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3		
	B1	+	+	+		
	B2	0	-	-		
	B3	-	+	-		
Угрозы проекта	У1	+	-	-		
	У2	0	0	-		
	У3	+	+	+		

Из интерактивной матрицы видно, что необходимо сделать упор на последнюю сильную сторону проекта, а именно: «Высокая ресурсоэффективность», так как она соответствует сразу всем возможностям. Что касается слабых сторон проекта, то необходимо приложить усилия, для увеличения функциональности и универсальности технологии. Ведь именно это две слабости соответствуют большинству угроз.

5.3 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). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 16 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности и научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3

Продолжение Таблицы 16 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	2
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	2
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	53	45

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения,

4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (32)$$

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. Так, как значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 59 до 45 – то перспективность такой технологии считается выше среднего, а знания разработчика достаточными для ее коммерциализации.

Благодаря привлечению в команду проекта специалистов маркетинга и планирования перспективность технологии возрастет параллельно с уровнем знаний разработчика.

5.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания. При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности

выбора метода коммерциализации. Ознакомившись с различными методами коммерциализации, я остановил свой выбор на следующем методе: «Передача ноу-хау», т.е. предоставление владельцем ноу-хау возможности его использовать другим лицом, осуществляемое путем раскрытия ноу-хау». Согласно данному методу остается возможность продолжить работу над данным проектом, увидеть реализацию проекта на той стадии, на котором он сейчас, понять дальнейшие пути его развития и продвижения.

5.5 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (33)$$

где m - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{\text{расх}i}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); C_i - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы [12]. Размер материальных затрат научно-технического исследования приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Компьютер	3	31990	95970
Итого			95970

5.5.1 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает оплату труда научному руководителю и студенту, также ежемесячно выплачивается премия в размере 12-20% от оклада [12].

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (34)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = Z_m \cdot M / F_d, \quad (35)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные и праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: отпуск	50	93
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	154

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p, \quad (36)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$); k_d – коэффициент доплат и

надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, уб.	T_p раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	К.т.н.	25600	0,3	0,5	1,3	59904	3115	20	63000
Студент	–	3000	0,3	0,5	1,3	7020	475	77	36575
Итого $Z_{осн}$									99575

5.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций [12]. Расчет производится по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (37)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). $Z_{доп}$ (руководитель) = 8820 руб., $Z_{доп}$ (студент) = 5120 руб. Итого по статье «Дополнительная заработная плата» – 13940 руб

5.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходом отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [11]. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (38)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2016г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30,2%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 10.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого
Научный руководитель	63000	8820	30,2%=0,302	21690
Студент	36575	5120		12591
Итого				34281

5.5.4 Накладные расходы

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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1...7) \cdot k_{\text{нр}}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %. $Z_{\text{накл}} = 36444$ руб.

5.5.4.1 Формирование бюджета научно- исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 21.

Таблица 21– Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Общая сумма затрат, руб.
Материальные затраты	95970
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	99575
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13940
Отчисления во внебюджетные фонды	34281
Накладные расходы	36444
Итого:	280207

5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической 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.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин р}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (39)$$

где $I_{\text{фин р}}^{\text{исп}}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{280207}{280207} = 1.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (40)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы.

Таблица 22– Оценка характеристик исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Исп.
1. Сварочный материал	0,25	5
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5
3. Защитный газ	0,15	4
4. Модернизация способа сварки	0,35	4
ИТОГО	1	4,5

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

Интегральный показатель эффективности исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп i} = \frac{I_{p-исп i}}{I_{финр}} \quad (41)$$

$$I_{исп} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

Эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп i}}{I_{испmax}}, \quad (42)$$

Таблица 23 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

Вывод: для достижения главной цели раздела решались такие важные задачи, как: анализ конкурентных технических решений, на основании которого можно сделать вывод, что предложенная в ходе исследований технология сварки и правки остаточных деформаций составляет серьезную конкуренцию другим способам сварки. Главными преимуществами данного способа сварки является сведение к минимуму остаточных деформаций изделия.

SWOT анализ, на основании которого выявлены сильные и слабые стороны проекта.

расчет бюджета научно-технического исследования. Итоговая сумма бюджета составляет 280207 рублей. Оценив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии механизированной сварки в среде защитных газов самая выгодная с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Заключение

В магистерской работе был выполнен анализ базовой технологии изготовления и рассмотрены возможности ее совершенствования. Отобрано рациональное сварочное оборудование и материалы. Произведены расчеты режимов сварки. Так же была совершена разработка модернизированного маршрута технологического процесса сборки и сварки шкворневой балки грузового полувагона за счет новых высокотехнологичных стендов для сборки и сварки. Что позволяет обеспечить формирование сварных швов высокого качества.

Предложение в усовершенствовании базовой технологии заключается в использовании на предприятии современные сварочные полуавтоматы с источником тока инверторного типа и синергетическим управлением. Снижение трудоемкости процесса, а также расхода электродной проволоки, расхода электроэнергии и получение высоких технологических и экономических показателей возможно при использовании сварочного полуавтомата «Сварог Tech MIG 5000», в комплекте с вновь проектируемой технологической оснасткой, обеспечить рабочие места.

Список использованных источников

1. ГОСТ 17066-80. Прокат тонколистовой из конструкционной и низколегированной стали. – М.: Издательство Стандартов, 1980.
2. ГОСТ 14.205-83 Технологичность конструкции и изделия. Термины и определения основных понятий.
3. ГОСТ 19281-2014 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.
4. ГОСТ 14771-76 Автоматическая и полуавтоматическая сварка в среде защитных газов. Соединения сварные.
5. ГОСТ 5264-80 РДС. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
6. ГОСТ 2.105 – 79 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
7. РД 32.174-2001 Неразрушающий контроль деталей вагонов. Общие положения.
8. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: [учеб. пособие для вузов по специальности «Оборудование и технология свароч. пр- ва» направления «Машиностроит. технологии и оборудование»] / Н. П. Алешин. - М.: Машиностроение, 2006. - 367 с. : ил. (30 экз.)
9. Овчинников В.В. Дефекты сварных соединений: [учеб. пособие] / В.В. Овчинников.- М.: Академия, 2008. - 62, [2] с.: ил. (5 экз.)
10. ГОСТ Р 53192-2008 Конструкции стальные сварные грузовых вагонов. Технические требования.
11. ГОСТ 33976-2016 Соединения сварные в стальных конструкциях железнодорожного подвижного состава. Требования к проектированию, выполнению и контролю качества. – Москва, Стандартинформ, 2017.
12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и

ресурсосбережение: учебно-методическое пособие // Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

13. Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;

14. Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;

15. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;

16. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;

17. СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение;

18. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

19. ГОСТ 12.1.019-70 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;

20. ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в ЧС. Основные положения;

21. Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания;

22. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования к безопасности;

23. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

Приложение А

(справочное)

Development of thev technological process of assembly and welding of cargo gondola's kingpin beam

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ91	Сцепуро Алексей Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Преподаватель	Цепилова А.В.	с.пед.н.		

6 Analysis of the current state of the technique for welding kingpin beams

Requirements to product quality in the heavy industry are growing every year and railcar construction is no exception. The relevance of the present Master's thesis is caused by the necessity to form high quality welds. This is achieved by improving the assembly and welding process of gondola beam assembly and welding by replacing assembly and welding stands with highly mechanized ones and also by replacing outdated welding equipment with high-tech new one.

6.1 Methods and equipment for welding kingpin beams

The following types of welding are most commonly used for the production of kingpin beams in industry and, in particular, in railcar construction:

- Solid wire arc welding in inert shielding gas;
- solid wire arc welding in active shielding gas;
- flux-filled flux-cored wire arc welding with active shielding gas;
- arc welding with flux-filled flux-cored wire in an inert shielding gas;
- submerged-arc welding with a solid wire under flux.

Applicable types of equipment for automating the welding process of kingpin beams:

- welding tractor;
- welding carriage;
- automatic line.

6.2 Advantages of the mechanized method of welding in shielding gas

Let us make a technical substantiation of the choice of welding method, which has a number of advantages, namely: high quality of welded joints, the

possibility of welding in different spatial positions, high productivity and ease of mechanization and automation of the process, low cost when using active shielding gases. A wide range of shielding gases used causes a large spread of this method, both in terms of welded metals and their thickness.

The disadvantages of this method are: loss of metal for spattering, gas protection breaking when the gas jet is blown off by air movement or nozzle pollution, gas apparatus and in some cases the need for water cooling of the torches.

The potential of this technology allows to observe the formation of the weld, which is especially important to mechanized welding. Thus, the following conclusion can be made: mechanized welding in shielding gas is the most profitable and productive welding method.

6.3 Selection of welding equipment

Initial data for the choice of equipment:

Type of current equipment - constant;

Polarity - reverse strain;

Proceeding from analysis of process deflection of initial data, we select a decompact industrial inverter TECH MIG 5000 (N221) for tacking and welding of the kingpin beam. This is a pro-professional welding machine for intensive use in a semi-automatic mode MIG/MAG welding in shielding gas medium and its mixtures. For welding of longitudinal seams in the automatic mode deprivation, we also use this semiautomatic machine, offering a special deformation welding unit designed for welding of two base welding heads placing them on one device for movement of the clamping sheet along the weld.

The advantages of the inverter power source warping are as follows:

- The flagship model of the inverter TECH MIG 5000 (N221) allows you to weld non-ferrous and ferrous metals up to 20 and more mm thick in semi-automatic MIG/MAG mode.

- For smooth arc excitation slow feeding of filler material is provided. The modern DOWN SLOPE technology guarantees uniform filling of the seam and a gradual reduction of the welding current for crater filling at the end of the cycle.

- Thanks to a decompact design, long welding cables of up to 30 meters can be used, which extends the welder's working area and increases the functionality of the machine.

- Extended control panel. On the main unit and the feeder panel there are basic controls, LCD displays and connectors for connecting the welding cables. The main unit and the feeder are mounted on a transport cart with swiveling wheels, with a platform for the gas cylinder and a toolbox. The TECH MIG 5000 is powered by a 380 V three-phase industrial network.



Figure 2 TECH MIG 5000 Inverter Semi-Automatic Device (N221)

7 Local deformations occurring after welding

As a result of overlapping welds on the surface of the sheets, the latter are deformed mainly from their plane. The deformations may have the character of bending, when the sheet is bent along the line of the roll imposed on its surface, forming an angle β (figure 2). The deformation of this kind is called angular and is characterized by angle β .

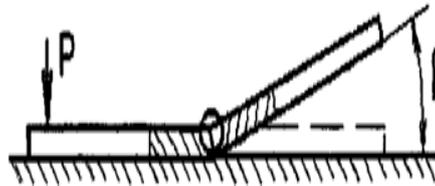


Figure 3 - Angular deformation

The phenomenon when welding elements of T- and I-beam section belt plates get local deformation caused by the belt joints 1 and 2 is sometimes called mushrooming (figure 3).

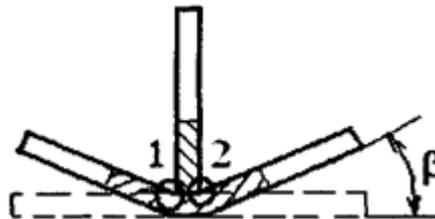


Figure 4 - Mushroom type angular deformation.

7.1 Designing the layout of the kingpin beam parts

To assemble, it is important to ensure that the parts and assemblies are positioned relative to the drawing and, in case of mechanized welding methods, that the welding machine is moved accurately along the weld.

To give the workpiece the desired position relative to the selected coordinate system, it is necessary to apply a basing scheme. When developing a basing scheme, reference points are usually depicted according to GOST 21495-76.

Considering design features of a part, which is a prismatic body, we select

the most developed surface for the mounting base. The three anchor points are placed in such a way that the triangle formed by them coincides with the center of gravity of the part, which will provide the greatest stability of our part. By placing three ties on the part, we deprive it of three degrees of freedom: movement along the OZ axis and rotation around the OX and OY axes.

We choose the lateral plane as our guide base. Two ties are applied to the part, thus depriving it of two degrees of freedom: movement along the OY axis and rotation around the OZ axis.

For the reference base, we choose the remaining (least developed) plane, which in our case will be the face of the part.

This base is necessary to superimpose one bond which will deprive the part of one degree of freedom: movement along the axis OX.

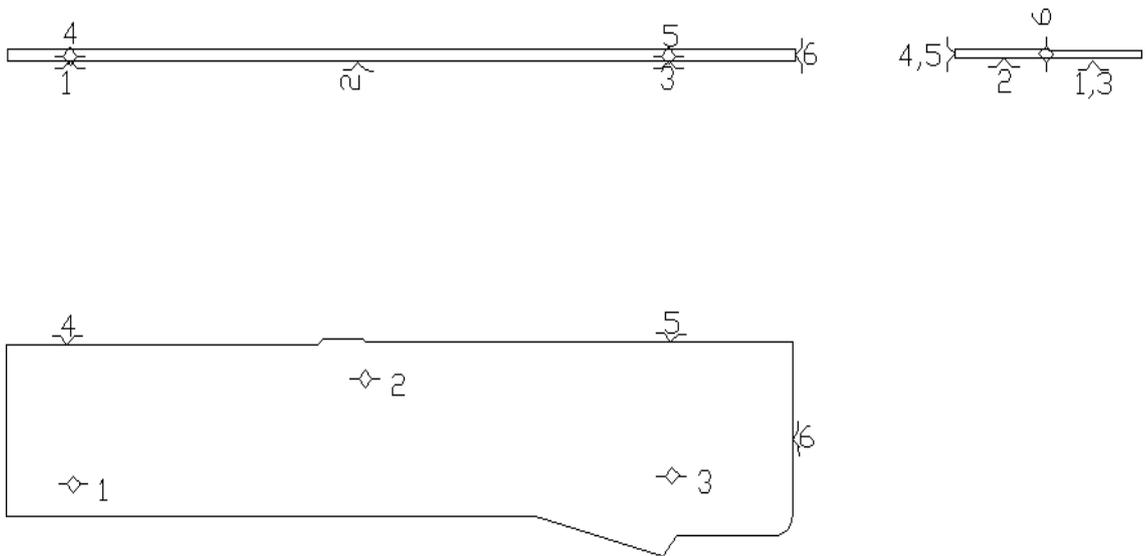


Figure 5 - Diagram of the gondola girder wall basing

Apertures of a gondola car kingpin beam.

Also, considering the design features of the part, the part is a prismatic body. We place the three anchor points so that the triangle formed by them has the center of gravity coinciding with the center of gravity of the part, which will give us the greatest stability of our part, these points will be located at the ends of the longitudinal ribs. By applying three ties to the part, we deprive it of three degrees of freedom: movement along the OZ axis and rotation around the OX and OY axes

For the guide base, we choose the lateral plane. We add two more connections to the part, thereby depriving it of two degrees of freedom: movement along the OY axis and rotation around the OZ axis.

For the reference base, the remaining (least developed) plane is chosen, which in our case will be the face of the part. This base is necessary to superimpose one bond, which will deprive the part of one degree of freedom: movement along the OX axis.

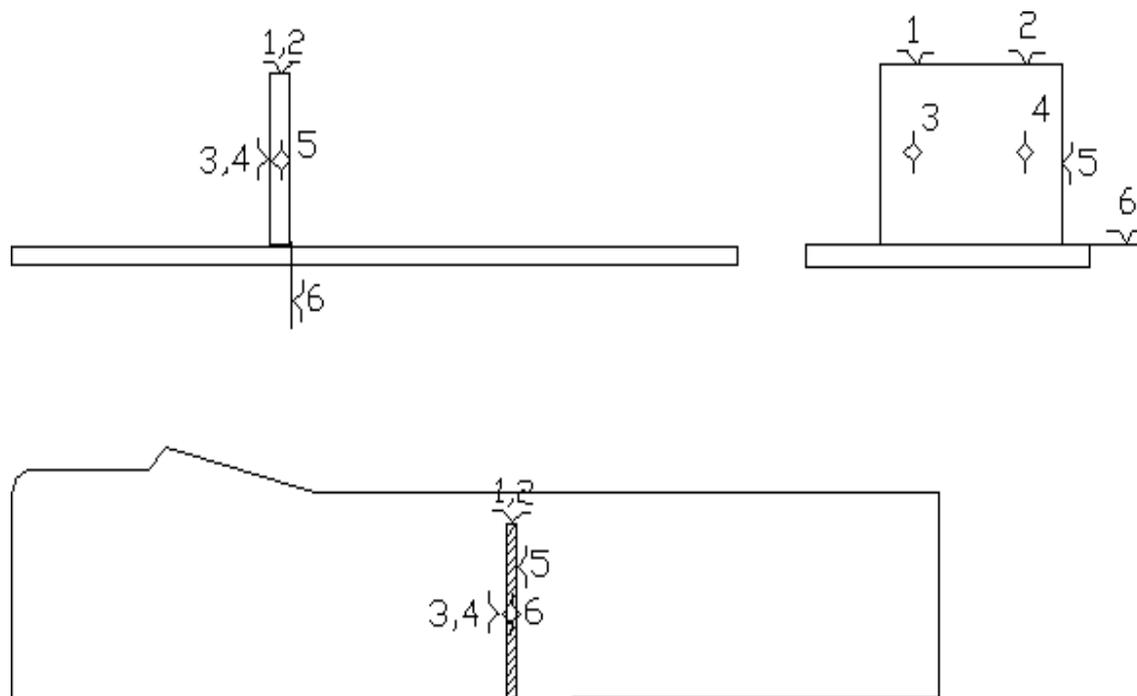


Figure 6 - Diagram of the beam diaphragm basing of the gondola

The essence of the gondola kingpin beam basing is to deprive the parts that make up the structure of six degrees of freedom. In our design the walls and diaphragms are based.

Basing is carried out in the following order:

The wall is placed on the base surface as shown in Figure 5; The diaphragms are placed on top of the wall as shown in Figure 6;

The scheme of basing the kingpin girder gondola is made from the schemes of basing the individual elements included in the construction.

The part's basing is shown in Figure 7.

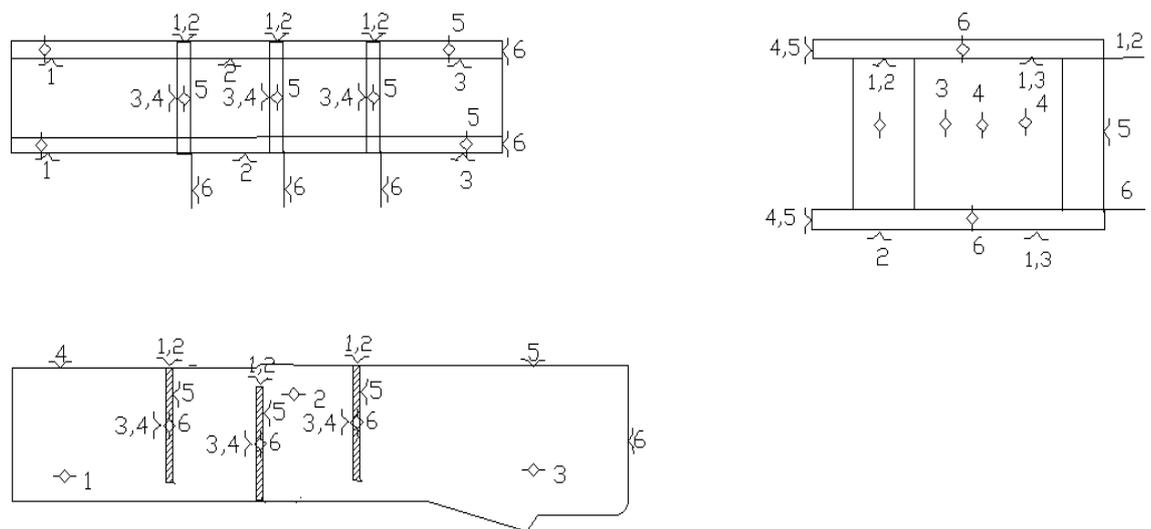


Figure 7 - Diagram of gondola kingpin beam mounting

7.2 Selection of types of clamping devices to prevent warping of the assembly

According to the value of the required clamping force of the workpieces, the type of clamping devices is assigned, keeping in mind that it is recommended to use not more than 3 types of devices. When selecting the type of clamping device it should be borne in mind that the muscular force of the person who drives the actuating bodies of the machine is 20 kg, and the lever and screw devices has a factor of 10 to 12. High values of clamping forces should be realized by mechanized devices - pneumatic, electromechanical, electromagnetic. In order to eliminate transverse plastic deformation, which is unequal in thickness, we apply a clamping force equal to 185 kg, since at this value of the clamping force no cracks will occur. When fixing the gondola kingpin beam, we use pneumatic clamps to provide the required force, since they provide the required clamping force. To eliminate cracking factors when applying tacking, we set the clamps in such a way that the clamping force is located near the setting elements. In doing so, there must be a support under the applied force to prevent bending or rotation of the workpiece.

The placement of the clamping devices in the circuit diagram must be such that the clamping force is directed toward the center of the setting element.

7.3 Development of the technological route for the assembly and welding of the kingpin beam

For the implementation of technological operations a route map is developed to establish a list and sequence of technological operations, the type of equipment on which these operations will be performed, the applicable tooling.

1. Take the top sheet from the storage place and stack by hand in the stand assembly on the stops and clamps.

2. Set the hinged stop of the stand for installation of vertical sheets.

3. Take one by one from the storage place vertical sheets manually and install them on the upper sheet according to the stand stops.

4. Switch on pneumatic pressures of the stand for pressing the upper sheet and vertical sheets.

Set the pneumatic presser of the stand between a pair of vertical sheets and turn it on.

5. Tack the vertical sheets to the upper sheet. Number of tacking is at least 6. The tacking length is 15-20 mm.

6. Take a tie rod (2 pcs.) from the storage place. Set them one by one on the template between the vertical sheets and tacking on two tacking arms each. The number of tacking is 4 pcs. The length of tacking 15-20 mm.

7. Take a diaphragm (1 piece) set on a template between the vertical sheets and tack. The quantity of tacking is 2 pcs. The length of tacking is 15-20 mm.

8. Switch off the presser-rod, install it between the second pair of vertical plates and switch it on.

9. Repeat transitions from the sixth to the eighth one time.

10. Switch off the pneumatic slide and put it away on the storage place.

11. Take the bar (4 pcs.) from the storage place. Set them one by one according to the template on the vertical sheets and tack on two tacking each. The number of tacking strips is 8 pieces. The length of tacking is 15-20 mm.

12. Take a rib from the storage place, set it in turn on a template and tack on two tacking each to the bar and sheets vertical. The number of tacking is 16 pieces. The length of tacking is 15-20 mm.

13. Disconnect pneumatic clamps and set the tilting stop to the start position.

14. Set the upper plate and tack. The quantity of tacking is at least 2 pieces. Sticking length is (15-20) mm.

15. Clean tacking from the remnants of welding wire and molten metal splashes - Lzach= 1 m.

16. Move the assembled kingpin beam from the assembly stand to the welding bench.

7.4 Quality control of the welded product

In the manufacture of welded structures is impossible to fully guarantee their high quality, because even with well-tested welding technology defects of various kinds that can lead to reduced reliability and durability of products are possible. The control operations stipulated by the technological process are of great importance for improving the quality of the fabrication of the designed structure. The use of a method or a set of methods of control for obtaining quality welded structures at all stages of their manufacture depends on the requirements imposed on the welded joints in the technical documentation for the design.

Based on these requirements, the following control operations are provided:

1. Control at the stage of technological preparation of production, including:

technical condition of blanks;

Assembly-welding equipment, accessories and tools;
control of assembly-welding technology;
compliance with technological modes;

2. Operational control:

control of welded assemblies and final finished products;
quality of welds.

The Technical Control Department (TCD) at Altayvagon JSC deals with quality control issues. In order to pursue a certain policy and achieve the set goals in the field of quality, a quality assurance system has been specially created and implemented. Raw materials and supplies to the company are delivered under contracts with factories-suppliers with quality certificates of conformance.

The input control is carried out by the Quality Control Department:
head of the bureau;

QCD controllers, with the functions of sampling and their subsequent transfer to the laboratory on the map of the incoming control.

Operational control is carried out by the QCD controllers.

Control of the finished product:

Quality control of VIC 100%, measurement of geometric dimensions of the product (OTK-100%) and welds (OTK-100%).

Quality assessment of the welding joints of the gondola box girder is performed in accordance with the requirements of GOST 33976-2016.

8 Conclusion

In the master's work the analysis of the basic manufacturing technology was carried out and the possibilities of its improvement were considered. Rational welding equipment and materials were selected. The calculation of welding modes has been made. There was also made a development of a modernized route of assembling and welding technological process of cargo gondola boxcar kingpin beam by means of new hi-tech stands for assembling and welding. That allows to provide high quality welds formation.

The proposal to improve the basic technology is to use modern welding semiautomatic machines with an inverter type current source and synergic control at the enterprise. Reducing labor intensity of the process, as well as electrode wire consumption, power consumption and obtaining high technological and economic indicators is possible with the use of a semiautomatic welding machine "Svarog Tech MIG 5000", using newly designed technological equipment, equipping workplaces.