

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

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: машины и технологии сварочного производства (15.04.01)

Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние параметров режима лазерной сварки на формирование герметичного соединения из алюминиево-магниевого сплавов

УДК 621.791.725.052:669.715-034.721

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Пермякова Анастасия Витальевна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: машины и технологии сварочного производства (15.04.01)

Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

Период выполнения: (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма предоставления работы:

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
Выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом работы:	
------------------------------	--

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2017	1. Литературный обзор	25
10.04.2017	2. Материалы и методы исследования	10
20.04.2017	3. Экспериментальная часть	25
10.05.2017	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
10.05.2017	5. Социальная ответственность	15
15.05.2017	6. Заключение и выводы	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н.		

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

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: машины и технологии сварочного производства (15.04.01)

Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

Утверждаю:

Зав. Кафедрой ОТСП

_____ Киселев А.С.
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

На выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: _____ магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ51	Пермякова Анастасия Витальевна

Тема работы:

Влияние параметров режима лазерной сварки на формирование герметичного соединения из алюминийево-магниевых сплавов
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образцы сварных соединений, с различной толщиной покрытия никеля, выполненные импульсной лазерной сваркой.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Литературный обзор герметизации электронной аппаратуры; алюминия и его сплавов; основных способов сварки плавлением алюминиевых сплавов, также герметизация импульсной лазерной сваркой корпусов приборов из алюминиевых сплавов. 2. Материалы и методы исследования. 3. Исследование сварных соединений (Экспериментальная часть) 4. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность 6. Заключение и выводы

Перечень графического материала	1. Тема; 2. Цель работы и задачи; 3. Материалы и методы исследования; 4. Режимы сварки; 5. Форма подготовки пластин; 6. Технические параметры лазерной установки; 7. Схема сварного соединения + Зависимость высоты сварного шва от толщины покрытия никеля; 8. Пористость в швах; 9. Макроструктура сварных соединений; 10. Рекомендации; 11. Заключение.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
1. Литературный обзор; 2. Материалы и методы исследования; 3. Экспериментальная часть; 4. Заключение.	Хайдарова Анна Александровна
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Николаенко Валентин Сергеевич
6. Социальная ответственность.	Гусельников Михаил Эдуардович
Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работу по линейному графику				
Задание выдал руководитель:				
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хайдарова Анна Александровна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Пермякова Анастасия Витальевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1BM51	Пермяковой Анастасии Витальевне

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машины и технологии сварочного производства

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических	Стоимость сырья и материалов. Размер заработной платы исполнителям проекта
2.Нормы и нормативы расходования ресурсов	Согласно проектной документации
3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT-анализ; оценка готовности проекта к коммерциализации; способы коммерциализации
2.Планирование и формирование бюджета научных исследований	Календарный план проекта, ограничения и бюджет проекта
3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности
Перечень графического материала:	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM51	Пермякова Анастасия Витальевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1BM51	Пермяковой Анастасие Витальевне

Институт	ИНК	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Машины и технологии сварочного производства

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	– АМГ6; – Лазерная установка ALFA-200 AUTO; – Микротвердомер HVS-1000; – Микроскоп Olympus GX51; – нанесение гальванического покрытия Ni разной толщины на образцы; – шлифование образцов выполнялось на пастах, начиная с пасты с крупными абразивными частицами далее на следующих с более мелкими зёрнами. Использовали алмазные пасты по ГОСТ 25593-83. - Рабочее место расположено в учебной лаборатории.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины,	Условия труда работающих характеризуются возможностью воздействия на них следующих вредных производственных факторов: – повышенный уровень шума; – недостаточная освещенность; – неблагоприятные условия микроклимата. К опасным факторам относятся: – опасность поражения электрическим током; – пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
--	---

профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Материалы и оборудование, используемые при исследованиях, являются экологически безопасными, без отходов и выбросов.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Чрезвычайные ситуации- защита населения от возможных средств поражения. При сварочно-монтажных работах основным видом ЧС является возможность возникновения пожара
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	В лазерной установке предусмотрена возможность сварки в атмосфере защитного газа. При использовании для этой цели баллона со сжатым газом необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные ПБ 10-115-96 "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением". Рекомендуемые к прочтению документы: СанПиН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров», ГОСТ 12.1.040-83 «ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения». ГОСТ 12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.04.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Пермякова Анастасия Витальевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 91 страница, 12 рисунков, 24 таблицы, 24 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: Электронная аппаратура, герметичность, алюминий, оксидная пленка, сварка плавлением, импульсная лазерная сварка, корпус, алюминиевый сплав АМгб, глубина проплавления, толщина покрытия никеля.

Объектом исследования являлись образцы сварных соединений, с различной толщиной покрытия никеля, выполненные импульсной лазерной сваркой.

Цель работы – получение герметичного вторичного источника питания из алюминиево-магниевого сплава АМгб способом импульсной лазерной сварки.

В процессе исследования производили импульсную лазерную сварку пластин из алюминиевого сплава АМгб без покрытия, а также пластин с покрытием никеля различной толщины.

Сварка образцов осуществлялась на установке импульсной лазерной сварки ALFA-200Auto.

Пространственное расположение дефектов в сварном шве определялось с помощью компьютерной томографии.

Для оценки влияния режима сварки на глубину проплавления и характер формирования сварного шва в работе проводили макро- и микроисследования. Металлографические исследования выполняли на поперечных микрошлифах, вырезанных из зоны установившегося режима.

Изучение макро- и микроструктуры производили с помощью оптической и электронной металлографии.

После проведения исследований были выданы рекомендации по сварке, в результате чего был изготовлен макет корпуса вторичного источника питания из сплава АМгб и произведена его герметизация.

Полученные результаты рекомендованы для внедрения в АО "НПЦ"Полюс" для изготовления вторичного источника питания из сплава АМг6.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	14
1.1 Необходимость герметизации электронной аппаратуры	14
1.1.1 Защита электронной аппаратуры от воздействия влажности	16
1.1.2 Защита от воздействия пыли	18
1.1.3 Конструкционные материалы корпусов электронной аппаратуры	20
1.2. Алюминий и его свойства	21
1.3 Основные способы сварки плавлением алюминиевых сплавов	23
1.3.1 Газовая сварка	24
1.3.2 Сварка угольным (графитовым) электродом	25
1.3.3 Сварка металлическим покрытым электродом	26
1.3.4 Сварка плавящимся электродом в инертных газах	27
1.3.5 Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах	31
1.3.6 Плазменная сварка сжатой дугой постоянным током обратной полярности	33
1.3.7 Микроплазменная сварка	34
1.3.8 Электроннолучевая сварка	36
1.3.9 Лазерная сварка	36
1.4 Герметизация импульсной лазерной сваркой корпусов приборов из алюминиевых сплавов	37
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	39
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	43
3.1 Исследование сварных соединений	43
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	50
4.1 SWOT-анализ	50
4.2 Оценка готовности проекта к коммерциализации	51
4.3 Ограничения проекта	53

4.4 План проекта	54
4.5 Бюджет научно-исследовательского проекта	55
4.6 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	58
4.7 Отчисления на социальные нужды	59
4.8 Накладные расходы	59
4.9 Оценка сравнительной эффективности исследования	60
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	62
5.1 Анализ вредных факторов производственной среды	62
5.1.1 Повышенный уровень шума	62
5.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	63
5.1.3 Расчет искусственного освещения	64
5.1.4 Неблагоприятные условия микроклимата	66
5.2 Электробезопасность	68
5.3 Пожарная и взрывная безопасность	69
5.4 Пожарная безопасность	72
5.5 Работа в чрезвычайных ситуациях	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	77
Приложение А	80
CD – RW в конверте на обороте	91

ВВЕДЕНИЕ

Алюминиевые сплавы отличаются уникальным сочетанием технологических и эксплуатационных свойств: во-первых, малые значения удельного веса этих материалов в сочетании с высокими механическими свойствами делают их весьма привлекательными в качестве конструкций авиакосмической техники, во-вторых, высокие значения тепло- и электропроводности определяют их применение в электроэлектронике, в третьих, хорошая технологическая обрабатываемость (литейные свойства и способность легко пластически деформироваться) позволяют получать конструкции практически любой формы [21]. Кроме этих свойств алюминиевые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью, что позволяет их использовать в различных агрессивных средах.

Технология сварки алюминия и его сплавов имеет ряд особенностей по сравнению со сваркой сталей из-за существенных отличий свойств этих материалов. Алюминий и его сплавы имеют теплопроводность примерно в 5 раз выше, чем у сталей, поэтому тепло от места сварки интенсивно отводится в свариваемые детали, что требует повышенного тепловложения по сравнению со сваркой сталей [21,22]. Это крайне нежелательно, поскольку, алюминий характеризуется низкой температурой плавления, причем прочность его при нагреве резко снижается. Таким образом, вероятность «прожога» или расплавления детали при сварке алюминия значительно выше, чем при сварке стали.

В настоящее время из всех известных способов для сварки алюминия перспективным является использование лазерной сварки, характеризующейся рядом преимуществ: это прежде всего, высокой плотностью мощности излучения, которая обеспечивает локальность проплавления и формирование узкого шва достаточно большой глубины с коэффициентом формы более 2.5: сверхвысокие скорости нагрева и охлаждения после лазерного воздействия сокращают ширину зон термического влияния, а также снижают степень

газонасыщения сплавов, особенно при выполнении защиты зон сварочной ванны и термического влияния инертными газами [22]. Однако даже при лазерной сварке существуют определенные проблемы получения прочных соединений алюминиевых сплавов. Это, прежде всего, быстрое образование оксидов на поверхности, поглощение газов из окружающей среды, высокая отражающая способность алюминиевых сплавов.

Целью данной работы является получение герметичного вторичного источника питания из алюминиево–магниевого сплава АМг6 способом импульсной лазерной сварки.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Необходимость герметизации электронной аппаратуры

Необходимость герметизации электронной аппаратуры связано со следующими факторами, влияющими на работоспособность и безотказную работу электронной аппаратуры [1]:

- изменение влажности окружающей среды;
- изменение атмосферного давления;
- наличие пыли и др. загрязнений;
- присутствие активных веществ в окружающей атмосфере;

Нормальными климатическими условиями являются: относительная влажность 45...80 %, атмосферное давление $(8,3...10,6) \cdot 10^4$ Па (630...800 мм рт. ст.), отсутствие активных веществ в окружающей атмосфере [1].

Влажность – один из наиболее агрессивных воздействующих факторов, проявляющий себя при погружении аппаратуры в воду, воздействии капель дождя и брызг, водяных паров, образовании росы и инея с последующим его оттаиванием. Адсорбция на поверхности элементов электронной аппаратуры, конденсирующейся из окружающей атмосферы воды способствует коррозии металлических деталей, старению неметаллов, изменению электроизоляционных характеристик изоляторов. Кроме того, влага может выделяться из лакокрасочных и пропиточных материалов [1].

Вода, содержащаяся в атмосфере, всегда загрязнена активными веществами – углекислыми и сернистыми солями кальция, магния, железа, хлористым кальцием, газами – что еще больше способствует проявлению коррозии.

Выпадение росы на поверхность аппаратуры происходит при определенной температуре (точка росы), значение которой зависит от относительной влажности атмосферы [1].

Поглощение влаги различными материалами связано с тем, что межмолекулярные промежутки в полимерах, поры в керамике и других

материалах в сотни раз превосходят размеры молекул воды (около $3 \cdot 10^{-10}$ м). Способность воды смачивать поверхность и проникать в поры материалов и микротрещины в зоне спаев разнородных материалов увеличивается с повышением температуры. Так, при повышении температуры от +20 до +80°C вязкость воды уменьшается в 3 раза, а величина поверхностного натяжения – более чем в 2 раза. Коэффициент самодиффузии при этом также увеличивается более чем в 3 раза [1].

Пониженное и повышенное давление окружающей среды зависит, прежде всего, от высоты над уровнем моря места, где эксплуатируется электронная аппаратура. На рис. 1 приведен график изменения атмосферного давления от высоты над уровнем моря. На границе между тропосферой и стратосферой (16 км) давление воздуха равно примерно 10 кПа. Содержание влаги в атмосфере с ростом высоты так же уменьшается [1].

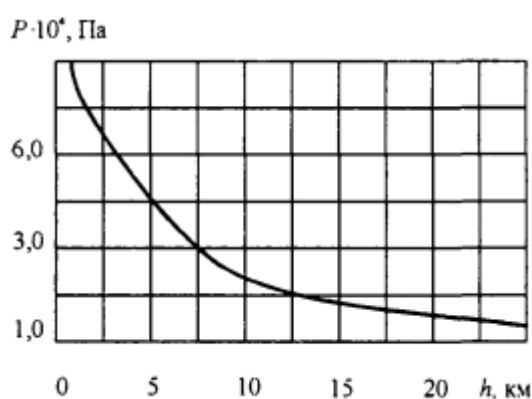


Рисунок 1 – Зависимость давления воздуха от высоты над уровнем моря

Изменение температуры с ростом высоты происходит по более сложному закону. В тропосфере (10 км в полярных широтах и 18 км в районе экватора) температура убывает в среднем на 6 град на каждом километре. В тропосфере сосредоточено около 80 % всей воздушной массы атмосферы. В стратосфере (16...55 км) температура возрастает почти до 270 К. Затем с дальнейшим ростом высоты температура снова падает (мезосфера), а в

термосфере опять возрастает и достигает 1000 К. На высоте 200 км начинается экзосфера, где атмосферные газы рассеиваются в мировое пространство [1].

При снижении давления ухудшается отвод тепла конвективным теплообменом, уменьшается электрическая прочность воздуха, что приводит к ионизации воздуха и образованию химически активных ионов и радикалов. Повышенное атмосферное давление оказывает в первую очередь механическое воздействие на элементы конструкции электронной аппаратуры.

Пыль и песок, содержащиеся в атмосфере, оседая на поверхности деталей электронной аппаратуры, могут стать причиной возникновения в ней неисправностей. Пыль содержит углекислые и сернокислые соли и хлориды, которые, взаимодействуя с влагой, ускоряют процессы коррозии. Кроме того, находящаяся в воздухе пыль способствует утечке зарядов и может вызвать пробой промежутка, находящегося между контактами с высоким потенциалом. Стандартами определены три уровня концентрации пыли: 0,18; 1,0; 2,0 г/м³ [1].

К активным веществам в окружающей аппаратуру атмосфере относят сернистый газ, хлористые соли, пары кислот, щелочей и др. Их содержание в атмосфере районов, находящихся в прибрежной зоне, значительно больше, чем во внутриконтинентальных районах. Различают три типа атмосферы: атмосфера сельской местности (содержание сернистого газа не более 0,02 мг/м³), атмосфера промышленного района (сернистый газ 0,02...2 мг/м³, хлористые соли не более 0,3 мг/м³), морская атмосфера (хлористые соли 2...2000 мг/м³) [1].

1.1.1 Защита электронной аппаратуры от воздействия влажности

От прямого воздействия влаги электронная аппаратура, как правило, не защищена и не должна эксплуатироваться в этих условиях. Однако на работающую аппаратуру воздействуют пары влаги окружающего воздуха или какой-либо иной газовой среды, в которой эксплуатируется аппаратура. В техническом задании на разработку всегда указывается относительная

влажность воздуха. Нормальной влажностью считается относительная влажность 60...75 % при температуре 20...25 °С [2].

Возможна конденсация водяных паров на холодных поверхностях конструкции как внутри аппаратуры, так и снаружи. Выпадение росы (конденсация) вызывается понижением температуры, которое практически всегда имеет место при отключении и последующем хранении аппаратуры. Например, если в течение дня влажность внутри электронной аппаратуры составляла 70, 50 и 35 %, то точка росы оказывается соответственно на 5, 10 и 15 °С ниже температур, которые имели место днем внутри электронной аппаратуры.

Интенсивное нагревание переохлажденной аппаратуры перед приведением ее в рабочее состояние также приводит к конденсации влаги на холодных элементах конструкции. В результате движения потоков воздуха влага будет осаждаться на одних и тех же местах. Капли конденсата будут стекаться в поддон конструкции и собираться в местах «ловушек влаги». В результате аппаратура будет находиться под постоянным воздействием влаги [2].

При длительном воздействии высокой влажности металлические конструкции подвергаются коррозии, органические материалы – набуханию и гидролизу. Продуктом гидролиза являются органические кислоты, разрушающие органические материалы и вызывающие интенсивную коррозию металлических несущих конструкций. Наличие во влажной атмосфере промышленных газов и пыли приводит к прогрессирующей коррозии. В результате создания благоприятных условий для образования плесени воздействие влаги может многократно усилиться.

Хотя параметры аппаратуры при этом не изменяются, однако коррозия недопустима, поскольку ухудшает внешний вид изделия, а с течением времени рыхлая окисная пленка может оказаться в гнездовых контактах соединителей, что приводит к трудно устранимым отказам [2].

Существенно влияние влажности на электрические соединения. При повышенной влажности корродируют проводники, на разъемных контактах

появляются налеты, ухудшающие их качество, отказывают паяные соединения, особенно если они загрязнены.

Слоистые диэлектрики, поглощая влагу, меняют параметры и характеристики. Образование на печатных платах водяной пленки приводит к снижению сопротивления изоляции диэлектриков, появлению токов утечки, электрическим пробоям, механическим разрушениям (поломкам, разрывам, заклиниванию) вследствие набухания-высыхания материала. Из-за поглощения влаги значительно уменьшается электрическая прочность, что особенно сказывается на работоспособности высоковольтных узлов, вызывая их возгорание. Влажность ускоряет разрушение лакокрасочных покрытий, нарушает герметизацию и целостность заливки элементов влагозащитными материалами. За 3-4 года эксплуатации при относительной влажности ниже 20 % и температуре +30 °С полностью высыхает изоляция проводов, в результате чего она становится ломкой, меняет свойства [2].

Защита аппаратуры от воздействия влажности осуществляется соответствующими материалами, покрытиями, применением усиленной вентиляции сухим воздухом, поддержанием внутри изделий более высокой температуры, чем температура окружающей среды, использованием поглотителей влаги, разработкой герметичной аппаратуры. Наилучшие результаты по защите электронной аппаратуры от воздействия влаги достигаются путем герметизации корпуса электронного прибора [2].

1.1.2 Защита от воздействия пыли

Пыль – смесь твердых частиц малой массы, находящаяся в воздухе во взвешенном состоянии или медленно оседающая на поверхность предметов. Различают пыль естественную, образованную на поверхности Земли под влиянием Солнца, вулканов и т. д., и техническую, которая является следствием износа оборудования, обработки материалов, сжигания топлива и пр. [1].

При относительной влажности воздуха выше 75 % и нормальной температуре наблюдается рост числа частиц пыли, их коагуляция,

увеличивается вероятность притяжения пыли к неподвижным поверхностям. При низкой влажности частицы пыли электрически заряжаются. Как правило, неметаллическая пыль заряжается положительно, металлическая – отрицательно. Заряд частиц чаще всего возникает из-за трения [3].

Загрязненность воздуха пылью значительно снижает бесперебойную и надежную работу электронной аппаратуры. Пыль, попадая в смазочные материалы и прилипая к скользящим поверхностям деталей электромеханических узлов, приводит к ускоренному их износу. Максимальную опасность представляют частицы величиной 1...40 мкм [1].

Под воздействием пыли изменяются параметры и характеристики магнитных лент, дисков, магнитных головок, царапаются и приходит в негодность магнитный слой. Пыль в зазорах контактов препятствует замыканию контактов реле. Эти отказы контактов возникают из-за частиц пыли размером более 50 мкм. При частом переключении реле срабатывает эффект самоочистки контактов при их искрении [3].

Оседающая на поверхности некоторых металлов пыль опасна из-за своей гигроскопичности, поскольку уже при относительно небольшой влажности пыль существенно повышает скорость коррозии. Пыль, имеющая в своем составе электролит, поглощает влагу из воздуха, многократно усиливая коррозию. Пыль с поглощенными ею растворами кислот разрушает достаточно быстро даже очень хорошие краски. В тропических странах пыль часто является причиной роста плесени.

Слежавшаяся в процессе длительной эксплуатации на поверхности компонентов пыль снижает сопротивление изоляции, особенно в условиях повышенной влажности, приводит к появлению токов утечек между выводами, что очень опасно для микросхем с малыми расстояниями между выводами корпусов. Диэлектрическая проницаемость пыли выше диэлектрической проницаемости воздуха, что определяет завышение емкости между выводами компонентов и, как следствие, увеличение емкостных помех [1].

Оседающая в изделии пыль препятствует естественному движению воздуха, снижает эффективность охлаждения изделия, образует на поверхностях, не защищенных лаковым покрытием, токопроводящие перемычки между проводниками.

Пыленепроницаемость электронной аппаратуры или отдельных ее устройств может быть достигнута установкой их в герметичные корпуса, при этом возрастает стоимость электронной аппаратуры [3].

1.1.3 Конструкционные материалы корпусов электронной аппаратуры

Конструкционный материал должен удовлетворять заданными механическими и физическими свойствами, обладать легкостью в обработке, коррозионной стойкостью, низкой стоимостью, иметь максимальное отношение прочности к массе и пр. [1].

Основой любой электронной аппаратуры является несущая конструкция (НК), обеспечивающая его конструктивную целостность и защиту от механических воздействий. В зависимости от сложности НК выполняют в виде единой детали либо составной, включающей несколько деталей, объединенных в единую конструкцию разъемными или неразъемными соединениями [1].

Основное назначение конструкционных материалов – нести нагрузку, передавать усилия, скреплять, удерживать, предохранять от разрушений.

Минимизация массы – важнейшее условие конструирования переносной, передвижной и бортовой электронной аппаратуры. Снижение массы аппаратуры позволяет уменьшить габариты, расходы материалов, затраты на производство и эксплуатацию, себестоимость изделий [1].

В микроминиатюрной аппаратуре масса несущих конструкций достигает 70 % от общей массы электронной аппаратуры. Основным путем к снижению массы изделий – облегчение несущих конструкций при одновременном обеспечении ими требований прочности и жесткости. Для этого необходимо [1]:

- из нескольких возможных вариантов НК выделять решения, позволяющие получить минимум массы конструкции;
- выбирать материалы деталей с учетом удельной прочности и жесткости, используя легкие сплавы и неметаллы;
- придавать деталям равную прочность в каждом сечении;
- вводить отверстия, выемки, проточки, удаляя из деталей материал, не несущий нагрузку;
- вводить ребра жесткости, отбортовки, выдавки.

Вторичные источники питания должны быть в металlostеклянных корпусах, обеспечивающих показатель герметичности по скорости утечки гелия не более $5 \cdot 10^{-4}$ л·мкм рт. ст./с по ОСТ В 11 0272-86.

1.2. Алюминий и его свойства

Алюминий – легкий, пластичный и прочный металл, широко востребованный в современной промышленности благодаря уникальному сочетанию его свойств, среди которых – высокая тепло- и электропроводность, пластичность, малая плотность, непроницаемость и долговечность [4].

Алюминий представляет собой химический элемент 3-й группы периодической системы Менделеева, имеет атомный номер 13 и атомную массу 26,98154 (г/моль). По распространенности в природе алюминий занимает первое место среди металлов и четвертое среди всех элементов, его содержание в земной коре достигает 8,8% по массе. Алюминий входит в состав многочисленных минералов и горных пород, соединения алюминия содержат базальты, граниты, глины, полевые шпаты и т.д. Однако главным сырьем для промышленного получения алюминия являются значительно менее распространенные бокситы и гибситы, а также алуниты и нефелины [4].

Чистый алюминий представляет собой легкий металл серебристо-белого цвета, имеющий кубическую гранецентрированную кристаллическую решетку (параметр $a = 0,40403$ нм, $z = 4$). Температура плавления алюминия

660С, температура кипения около 2450С, плотность металла 99,996%-ной чистоты - 2,6989 г/см³, температурный коэффициент линейного расширения – около $2,5 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹, а стандартный электродный потенциал составляет Al^{3+}/Al^0 -1,663В в кислой среде и -2,35 В в щелочной [5].

Химически алюминий является достаточно активным металлом [24]. На воздухе его поверхность немедленно покрывается прочной беспористой пленкой оксида Al_2O_3 , которая перекрывает дальнейший доступ кислорода и останавливает реакцию, что обуславливает высокую коррозионную стойкость алюминия. Аналогичная защитная пленка на поверхности алюминия образуется также при его помещении в концентрированную азотную кислоту [6].

Промышленное производство алюминия начинается с химической переработки бокситов, путем которой получают чистый оксид алюминия Al_2O_3 . Затем в электролизной ванне расплавляют криолит, а затем добавляют в полученный расплав немного оксида алюминия и других веществ, улучшающих условия проведения последующего химического процесса. При электролиза расплава на катоде образуется расплавленный металл с содержанием алюминия более 99,7% [7].

Сплавы алюминия широко применяются в архитектуре и строительстве, а автомобиле - и судостроении, в авиационной и космической технике, а также в быту [8].

Основной проблемой при сварке алюминия является его способность быстро покрываться на воздухе оксидной пленкой (Al_2O_3), которая предотвращает дальнейшее окисление основного металла и служит гарантией отсутствия коррозии в легких условиях эксплуатации. Например, при сварке технического алюминия на поверхности деталей после химической обработки мгновенно образуется оксидное покрытие толщиной $1 \cdot 10^{-7}$ м, имеющее предел прочности 20 МПа и плотность $4 \cdot 10^3$ кг/м³.

Оксидная пленка имеет температуру плавления 2050 °С, тогда как сам алюминий плавится около 650 °С (в зависимости от типа сплава). Имея большую плотность, чем алюминий, оксидное покрытие проникает внутрь

шва через расплавленную ванну в виде включений, что ведет к снижению механических свойств шва (уменьшению статической и циклической прочности соединения), даже в большей степени, чем при наличии пор и шлаковых включений [9].

Важнейшей характеристикой оксидной пленки является ее способность адсорбировать влагу, в особенности водяной пар, который может удерживаться окисным покрытием вплоть до температуры плавления металла. Влага в свою очередь является источником водорода, который вызывает пористость в сварных швах. Для осуществления сварки необходимо принять меры по разрушению и удалению пленки с поверхности кромок и прилегающего основного металла [7].

Оксидную пленку обычно удаляют следующим образом [6]:

1. Механическим способом: путем зачистки шлифовальной шкуркой, проволочной щеткой из нержавеющей стали или абразивным материалом. При удалении пленки с помощью щетки следует производить очистку только в одном направлении. Щетина щетки не должна быть слишком грубой, иначе в результате обработки оксиды могут заглубиться в металл. Необходимо помнить, что щетку, использовавшуюся для зачистки нержавеющей или обычной стали, нельзя использовать для обработки поверхности алюминиевых сплавов.
2. Химическим способом: обезжиривание и травление специальными средствами, в состав которых не входят углеводородные компоненты, чтобы исключить диссоциацию водорода в область сварки.

1.3 Основные способы сварки плавлением алюминиевых сплавов

Для сварки алюминия и его сплавов применяют почти все известные способы сварки плавлением. В процессе самой сварки требуется защитить жидкий металл от воздействия воздуха. Поэтому пользуются защитными флюсами, проводят ее в инертной атмосфере аргона, гелия и их смесях или в вакууме [10,11].

Среди основных наиболее часто используемых способов сварки плавлением алюминиевых сплавов можно выделить следующие:

- газовая сварка;
- сварка угольным (графитовым) электродом;
- сварка металлическим покрытым электродом;
- сварка плавящимся электродом в инертных газах;
- сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах;
- плазменная сварка сжатой дугой постоянным током обратной полярности;
- микроплазменная сварка;
- электроннолучевая сварка;
- лазерная сварка.

1.3.1 Газовая сварка

Газовая сварка алюминия в настоящее время практически не применяется. Она находит свое применение при изготовлении ответственных конструкций из алюминия технической чистоты. Толщина свариваемого металла обычно составляет 0,5-10 мм. Металл толщиной до 4 мм сваривают односторонним швом без разделки кромок, а толщиной свыше 3-4 мм – односторонним швом с разделкой кромок или двусторонним швом. Газовая сварка металла толщиной свыше 10 мм мало производительна, не обеспечивает необходимого качества швов и ее рационально заменять дуговыми методами. Данный способ рекомендуется для сварки стыковых соединений. Возможна сварка угловых, с отбортовкой, тавровых и нахлесточных соединений, но следует учитывать необходимость удаления остатков шлака. Для соединения вертикальных листов толщиной свыше 3 мм на монтаже применяют сварку в вертикальном положении, причем работают два сварщика [12,13].

Присадочный металл в зону сварки наиболее удобно подавать в виде прутков, на который нанесен слой флюса.

Сварку проводят обычно левым способом. При сварке в два прохода перед выполнением второго шва удаляют шлак с поверхности первого шва. Первый шов выполняют на подкладке. Чтобы предотвратить коррозию после сварки остатки флюса смывают горячей водой.

При сварке алюминия рекомендуется применять газовую смесь кислород-ацетилен при их соотношении $1,1 \div 1,2$.

При использовании вместо ацетилена сжиженной смеси пропан-бутана берут соответственно на один два номера больший наконечник горелки, чем при сварке ацетиленом. Для газовой сварки алюминия применяют те же горелки, что и для сварки сталей [13].

1.3.2 Сварка угольным (графитовым) электродом

Этот способ сварки алюминия был применен одним из первых, но в настоящее время редко используется в промышленности.

Графитовые электроды более стойки против окисления чем, угольные и расход их соответственно ниже. Плотность тока при сварке угольным электродом достигает $100-200 \text{ А/см}^2$, а при сварке графитовым электродом - от 200 до 500 А/см^2 . Перед употреблением конец электрода затачивают на конус под углом $60-70$ градусов [10].

При сварке графитовым электродом требуется постоянный ток прямой полярности. Чтобы избежать блуждания дуги по кромкам графитового электрода ее стабилизируют продольным магнитным полем, которое создается соленоидом, состоящим из 6 – 10 витков провода или медной трубки. Соленоид включается последовательно с дугой. Соленоид из трубки служит одновременно охлаждающим устройством электрододержателя. Электрододержатель должен обеспечивать надежный контакт с электродом.

Графитовый электрод располагают к изделию под углом $70 - 80^\circ$. Угол между графитовым электродом и присадочным прутком обычно составляет

70 – 80°. В качестве присадочного прутка используется электроды, применяемые для ручной дуговой сварки.

При сварке металла больших толщин применяют "правую" сварку. Графитовым электродом могут быть выполнены не только стыковые, но и торцевые соединения.

Односторонняя сварка стыковых соединений производится на стальной подкладке с канавкой. Короткие швы большого сечения/шины/выполняют на графитовой подкладке. В этом случае применяют также графитовые формовочные пластины, прикладываемые к боковым поверхностям деталей. Эти пластины дают возможность хорошо прогреть соединяемые кромки и предотвращают вытекание расплавленного металла [10].

1.3.3 Сварка металлическим покрытым электродом

Ручную дуговую сварку алюминия применяют при изготовлении конструкций из алюминия технической чистоты, сплава АМц, силуминов. Толщина свариваемого металла лимитируется диаметром электрода.

Минимальный диаметр электрода обычно составляет 4 мм, что вызвано трудностями сварки электродами малого сечения вследствие высокой скорости их плавления. В связи с этим толщина свариваемого металла должна быть выше 4 мм, а угловые швы должны иметь катеты не менее 6х6 мм. Данный способ рекомендуется для сварки стыковых соединений в нижнем положении. Сварка тавровых и нахлесточных соединений также возможна, но при этом следует учитывать необходимость удаления остатков шлака. Сварка на вертикальной плоскости трудноосуществима, а сварку в потолочном положении не применяют из-за невозможности удержания металла сварочной ванны [7].

Сварку алюминия покрытыми электродами выполняют постоянным током обратной полярности. В качестве источников питания применяют сварочные генераторы или выпрямители с падающей внешней характеристикой. Дугу поддерживают более короткой. Наклон электрода

составляет 90-60°. Сварка наклонным электродом позволяет легче следить за ванной расплавленного металла. Перед сваркой стыковых и угловых швов кромки листов подогревают газовым пламенем. Температуру подогрева выбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей.

Литые детали рекомендуется подогревать до температуры 150-200 °С.

При сварке металла толщиной до 20 мм разделка кромок обычно не требуется. Проплав обеспечивает зазор между кромками свариваемых деталей, который должен быть не более 0,5-1 мм. Сварка стыковых соединений обычно двусторонняя. При толщине листов до 14 мм обратный шов заваривают без предварительной вырубки корня шва. Обратный шов листов большей толщины заваривают после контрольной вырубки корня первого шва до уровня чистого наплавленного металла.

Ручная дуговая сварка алюминия покрытыми электродами рекомендуется только в нижнем положении и, как правило, без колебаний конца электрода. Угловые швы тавровых соединений сваривают на тех же режимах, что и стыковые соединения. При многослойной сварке корневые швы выполняют электродами меньшего диаметра. После сварки с поверхности шва удаляют шлак. Брызги электродного металла и лишнее усиление шва удаляют скребком, пневматической фрезой или зубилом [7].

1.3.4 Сварка плавящимся электродом в инертных газах

Автоматическую и полуавтоматическую сварку плавящимся электродом применяют для получения стыковых, тавровых, нахлесточных и других соединений металла толщиной 4-6 мм и более (автоматическая сварка преимущественно для металла толщиной 10-12 мм и более). Экономическая целесообразность применения сварки плавящимся электродом возрастает с увеличением толщины металла, глубокое проплавление которого обеспечивает процессу высокую производительность. Этим способом сварки удается получать надежное проплавление корня шва при сварке тавровых и нахлесточных соединений [10].

Конструкция механизма подачи должна обеспечивать надежное и стабильное поступление мягкой алюминиевой проволоки. Обычно в таких механизмах предусматривают две пары ведущих и прижимных роликов, что уменьшает возможность проскальзывания проволоки и ее сминания. Ролики применяют без насечки. Внутренняя поверхность стальной трубки в горелке, по которой движется проволока, должна быть обработана с максимальной чистотой. Сопло горелки должно обеспечивать надежную защиту инертным газом жидкой сварочной ванны. Диаметр сопел горелок для автоматической сварки 26-32 мм, для полуавтоматической 18-22 мм [10].

Токопроводящие наконечники обычно изготавливают из меди. Срок их службы 30-40 ч. Медно-графитовые наконечники склонны к более быстрому износу (срок службы 8-10 ч), однако они обеспечивают надежный токосъем и хорошие условия скольжения проволоки.

Длина видимой части дуги при сварке составляет 2-6 мм, расстояние от мундштука до торца сопла 8-10 мм. Расстояние от торца сопла до изделия 5-15 мм. Сварку осуществляют "углом вперед", угол наклона горелки 75-80°. Сварку плавящимся электродом в защитных газах выполняют на постоянном токе обратной полярности. Источники питания сварочной дуги должны иметь жесткую (проволока диаметром до 2,5 мм) или пологопадающую (проволока диаметром более 2,5 мм) внешнюю характеристику [10].

При сварке в аргоне плавящимся электродом диаметром до 2,5 мм трудно избежать образования пор в металле шва. Повысить качество металла шва алюминиевых сплавов (Al-Mg, Al-Zn-Mg) удаётся применением техники управляемого переноса металла при импульсно-дуговой сварке.

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом отличается от обычной тем, что на постоянный ток обратной полярности, получаемый от основного источника питания, накладываются кратковременные импульсы тока с заданной частотой следования, генерируемые импульсным устройством для получения мелкокапельного направленного переноса электродного металла через дугу при более низких значениях сварочного тока, чем это

имеет место при естественном мелкокапельном переносе. Величину и длительность импульсов сварочного тока выбирают такими, чтобы можно было обеспечить управляемый перенос металла с торца электрода небольшими каплями в широком диапазоне токов. В паузах между импульсами значение тока небольшое, но достаточное для поддержания горения сварочной дуги, при котором ввод теплоты в изделие уменьшается и отсутствует перенос металла [10].

Импульсно-дуговая сварка обеспечивает повышение механических свойств наплавленного металла и сварных соединений в целом, улучшает стабильность процесса, позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях с улучшенным формированием швов, использовать проволоку диаметром 0,8-1 мм и получать соединения металла минимальной толщины 1-3 мм, существенно стабилизировать провар корня шва.

В настоящее время при сварке плавящимся электродом металла средних и больших толщин находит применение сварка в смеси инертных газов аргона с гелием. По сравнению с аргоном гелий повышает концентрацию энергии в приэлектродных пятнах и обуславливает более высокий градиент температур в столбе дуги. Применение смеси защитных газов повышает тепловую мощность дуги, температуру сварочной ванны. особенно эффективно применение гелия для сварки алюминия высокой и технической чистоты, теплопроводность которых выше по сравнению с алюминиевыми сплавами. При введении гелия в настроенную на аргон систему дуга укорачивается, а ток несколько снижается. Для сохранения устойчивости процесса и силы сварочного тока необходимо повысить напряжение холостого хода источника питания. Это приводит к росту напряжения дуги на 20-30 % и соответственно настолько же требует увеличения скорости подачи проволоки, в результате чего возрастают глубина и ширина провара [11].

При равной погонной энергии скорость сварки в смеси газов на 40-50% выше, чем в аргоне. Металл толщиной 20-25 мм можно сваривать за один

проход с каждой стороны без скоса кромок. Допускается повышенный зазор в стыках.

Применение в качестве защитной атмосферы смеси аргона (25-40%) с гелием (75-60 %) при автоматической сварке позволяет снизить объем пустот в металле шва в 2-2,5 раза. Для полуавтоматической сварки используют смесь, состоящую из 50 % каждого газа.

При сварке плавящимся электродом по глубокой V-образной разделке впереди дуги скапливаются брызги электродного металла, которые, попадая в дуговой промежуток, нарушают режим сварки. Чтобы исключить это, скопившиеся впереди дуги брызги обычно удаляют скребком. В таких случаях целесообразно применять рюмкообразную или трапецеидальную разделку кромок, особенно при использовании проволок диаметром 3-5 мм. При многослойной односторонней сварке в разделку кромок рекомендуется первые один-три прохода выполнять неплавящимся электродом, который обеспечивает более качественное формирование обратной стороны шва, а остальные проходы – плавящимся. Иногда для уменьшения усиления швов, выполняемых плавящимся электродом, применяют неглубокую, но широкую разделку кромок под углом 90-120° [10].

Полуавтоматическую сварку стыковых соединений без разделки кромок в нижнем и вертикальном положениях выполняют обычно без поперечных колебаний торца электрода. При наличии разделки кромок первый шов выполняют также без поперечных колебаний, а последующие швы – с небольшими (до 5 мм) перемещениями электрода.

При сварке угловых швов в нижнем положении угол наклона горелки от вертикальной стенки 30-45°. Сварку угловых швов на вертикальной плоскости ведут снизу вверх углом вперед. Однопроходную сварку можно выполнять с перемещениями конца электрода. Угловые швы больших сечений на вертикальной плоскости выполняют многослойными швами путем наложения узких валиков. Также выполняют и стыковые горизонтальные швы. Для заварки кратера горелку возвращают в обратном направлении на

расстояние, ненамного превышающее длину кратера, при одновременном снижении скорости подачи проволоки [10].

1.3.5 Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах

Электрическая дуга горит между изделием и неплавящимся вольфрамовым электродом. Присадочный металл вводят в сварочную ванну по необходимости независимо от сварочного тока. Способ находит применение для сварки стыковых, нахлесточных, тавровых, торцовых и других соединений, получения стыковых швов на вертикальной плоскости при двусторонней сварке в одну общую ванну одновременно двумя сварщиками. Ручную сварку рекомендуется применять для металла толщиной до 10 мм, а автоматическую – для металла толщиной до 16 мм. Во избежание попадания вольфрама в шов дугу зажигают на технологической или графитовой пластине. Дуга зажигается, когда электрод находится на расстоянии 2-3 мм от пластины. После разогрева торца вольфрамового электрода, не прерывая дуги, её переносят на изделие. Вольфрамовый электрод следует располагать к изделию под углом 60-80°. Угол между вольфрамовым электродом и присадочной проволокой обычно составляет 80-90°. Расстояние от нижнего края торца сопла до изделия должно быть минимальным (5-10 мм), но достаточным для наблюдения за сварочной дугой и концом электрода. Увеличение этого расстояния приводит к ухудшению эффективности газовой защиты и требует повышенного расхода защитного газа. Длина выступающей из сопла части вольфрамового электрода должна составлять 2-5 при сварке стыковых и до 8 мм при сварке тавровых соединений. Использование сопел с металлическими сетками, пористыми перегородками позволяет получать ламинарный стабильный поток газа на большем расстоянии от торца сопла до изделия и увеличивать вылет вольфрамовых электродов в 1,5-2 раза [11].

При сварке тавровых стыковых соединений газовая струя при выходе из сопла горелки натекает на поверхность свариваемого изделия, что приводит

к расширению зоны защиты. Торцовые соединения, наоборот, имеют небольшую отражающую поверхность, что может привести к попаданию воздуха в зону сварки. В этом случае ниже уровня шва устанавливают специальные отражающие пластинки-экраны. При сварке встык листов и труб, собранных с зазором без подкладки, возможен подсос воздуха через зазор. Для исключения подсоса внутрь трубы вдувается аргон или гелий, защищающий корень шва.

Перемещение электрода и присадочной проволоки во время ручной сварки должно быть равномерно поступательным. Конец присадочного прутка вводится в сварочную ванну и не должен находиться за пределами зоны газовой защиты. Поперечные колебания прутка и вольфрамового электрода не рекомендуются. Сварку следует вести при минимальной длине дуги (1-5 мм) на максимальных для данной толщины материала сварочном токе и скорости сварки. Обычно ручная сварка ведется "левым" способом [11].

В целях повышения производительности процесса двустороннюю сварку вертикальных швов на вертикальной плоскости металла толщиной до 16 мм производят два сварщика в одну ванну. Требуется разделка двух кромок (угол 90° , притупление 2-2,5 мм) [11].

Для зажигания дуги обычно применяются осцилляторы напряжения. Горелку устанавливают к изделию под углом $80-90^\circ$. Автоматическую сварку изделий выполняют в приспособлениях, обеспечивающих плотную сборку свариваемых кромок и их удержание в процессе сварки. Обычно сварку проводят за один проход с одной или двух сторон. При односторонней сварке изделий необходимо предусматривать проплавление кромок на всю толщину и формирование усиления с обратной стороны шва. При двусторонней сварке перед наложением шва с обратной стороны требуется механическая обработка до металла шва.

Применение смеси газов аргона (50-70%) с гелием (50-30%) обеспечивает увеличение глубины проплавления металла, повышение в 1,5-2 раза скорости сварки и снижение объема пустот в металле шва [11].

1.3.6 Плазменная сварка сжатой дугой постоянным током обратной полярности

Высокая плотность тока в столбе дуги, большая концентрация энергии при плазменном процессе позволяют повысить скорость сварки, улучшить зону термического влияния и уменьшить деформацию конструкций по сравнению с аргонодуговой сваркой переменным током [10].

Процесс горения дуги весьма устойчив, а малая чувствительность к колебаниям ее длины значительно облегчает операцию сварки.

Вольфрамовый электрод для повышения его стойкости в плазменной горелке запрессовывают в охлаждаемую медную обойму. Глубина погружения медно-вольфрамового электрода относительно среза формирующего сопла составляет 1,5-2,5 мм. При более глубоком погружении медно-вольфрамового электрода в сопло затрудняется возбуждение дежурной дуги, а также возбуждение и горение основной дуги. Рабочий конец вольфрамового электрода должен быть чистым и заточен заподлицо с медной обоймой электрододержателя. Наличие меди на рабочем торце вольфрамового электрода не допускается. Оплавленную часть электрода удаляют. Длина факела дежурной дуги поддерживается в пределах 5-8 мм [10].

При сварке поверхность электрода устанавливается перпендикулярно оси канала плазмформирующего сопла. Плазмотрон располагается к изделию под углом 80-90° "углом вперед" относительно вертикальной оси. Угол между плазмотроном и присадочной проволокой составляет 90-100°. Нарастание тока от минимального значения производится в течение 15-20 с [10].

При нарушении формирования шва, появление морщинистой поверхности уменьшают длину дуги или увеличивают скорость сварки. Появление загрязнений на поверхности шва, сопровождаемых повышением напряжения на дуге, свидетельствует о загрязнении плазмотрона. По мере загрязнения поверхности сопел очищают от сажи, брызг и металлического конденсата.

Однопроходная сварка изделий малых толщин предусматривает проплавление кромок на всю толщину и формирование усиления с обратной стороны шва. Двусторонняя сварка стыковых соединений выполняется на подкладке, причем после сварки с одной стороны корень шва удаляется. Место сварки зачищается механическим способом, обезжиривается и производится сварка с обратной стороны. При двухслойной сварке стыковых соединений допускается первый проход выполнять путем проплавления [10].

1.3.7 Микроплазменная сварка

Микроплазменная сварка алюминия и его сплавов осуществляется асимметричным синусоидальным током промышленной частоты или разнополярными прямоугольными импульсами регулируемой частоты. Амплитуда импульсов тока прямой полярности, как правило, в 2-3 раза выше амплитуды импульсов тока обратной полярности.

Необходимым условием устойчивого процесса микроплазменной сварки является существование малоамперной (1-5 А) дежурной дуги постоянного тока, горящей непрерывно между соплом и вольфрамовым электродом [7].

По сравнению с аргонодуговой сваркой микроплазменный способ обеспечивает более устойчивое горение дуги на малых токах, меньшую ширину швов, большую глубину проплавления и более узкую зону термического влияния. Благодаря этому повышаются механические свойства сварных соединений и снижаются деформации свариваемых изделий. С помощью микроплазменной сварки можно выполнять стыковые, отбортованные и угловые соединения металла толщиной 0,2-2,0 мм. Разделка кромок для всех типов соединений не производится. Для металла толщиной 0,2-0,5 мм более стабильное качество стыковых соединений достигается с применением присадочной проволоки. Металл толщиной 0,6-2,0 мм можно сваривать встык как с использованием присадочной проволоки, так и без нее. Сварка стыковых соединений выполняется на технологической подкладке из

нержавеющей стали с канавкой прямоугольного или овального сечения для формирования обратной стороны шва. Глубина канавки 0,4-1,0 мм, ширина от 2 до 5 мм [7].

Угловые соединения с толщиной стенок менее 0,5 мм собираются на прихватках и выполняются на технологических подкладках с применением присадочной проволоки или без нее. При толщине стенок более 0,5 мм применение присадочной проволоки не обязательно. Тавровые соединения выполнять микроплазменной сваркой не рекомендуется. Микроплазменную сварку изделий следует производить в приспособлениях обеспечивающих плотную подгонку свариваемых кромок.

При ручной сварке наклон горелки к изделию составляет 60-80°, а при автоматической от 80 до 90°. Угол между присадочной проволокой и вольфрамовым электродом в процессе сварки следует сохранять равным 90°. Ручная сварка выполняется "левым способом". Поперечные колебания присадочного материала и горелки при микроплазменной сварке не производятся. Возбуждение дежурной дуги осуществляется с помощью осциллятора при обязательной подаче плазмообразующего газа. Факел дежурной дуги должен иметь форму конуса длиной 6-10 мм. Возбуждение основной дуги достигается путем сближения горелки со свариваемым металлом. В процессе сварки длину дуги необходимо выдерживать в пределах 3-5 мм [7].

Для предотвращения образования трещин в кратере шва при ручной микроплазменной сварке необходимо заканчивать шов с интенсивной подачей в сварочную ванну присадочной проволоки и плавным увеличением дугового промежутка. При автоматической сварке используются специальные устройства для заварки кратера. После обрыва дуги подачу защитного газа следует прекращать по истечении 5-10 с. [7].

1.3.8 Электроннолучевая сварка

Электроннолучевая сварка обладает рядом преимуществ по сравнению с другими видами сварки плавлением: высокой удельной концентрацией энергии (благодаря малому диаметру луча и его стабильности), малым тепловложением и относительно высокой скоростью процесса. Поэтому она находит все более широкое применение при изготовлении конструкций из высокопрочных термически упрочняемых и нагартованных алюминиевых сплавов. В результате ее применения достигается минимальное разупрочнение металла в околошовной зоне. Электроннолучевая сварка обеспечивает минимальное коробление изделия вследствие малой ширины шва. Погонная энергия при электроннолучевой сварке в 4-5 раз меньше, чем при аргонодуговой. Электроннолучевая сварка позволяет выполнять соединения различных типов: стыковые, угловые, тавровые и нахлесточные, с отбортовкой кромок и др. Обычно присадочная проволока не применяется [8].

Электроннолучевая сварка является довольно универсальным процессом, так как позволяет выполнять соединения в различных пространственных положениях при широком диапазоне скорости сварки [8].

1.3.9 Лазерная сварка

В настоящее время лазерная сварка находит все большее применение в промышленности [14]. Излучение лазера с помощью оптических систем может быть сфокусировано в пятно диаметром в несколько микрометров или линию и т. д. Световой луч может быть непрерывным или импульсным. При импульсном луче сварка происходит отдельными или перекрывающимися точками [23].

Основными параметрами луча лазера являются его мощность, длительность импульса и диаметр светового пятна на свариваемой поверхности. Расфокусировка луча также влияет на глубину проплавления основного металла. При положительных расфокусировках глубина

проплавления изменяется более резко. Поглощение световой энергии основным металлом зависит от состояния его поверхности, поглощательной способности (часть светового потока, отражаясь, теряется) [8].

Высокая концентрация теплоты в световом пятне лазера позволяет практически все металлы довести не только до расплавления, но и до кипения. Однако мощное оборудование для лазерной сварки в настоящее время все еще остается достаточно дорогим и это сдерживает его применение в промышленности. Поэтому чаще всего используют импульсную лазерную сварку и сваривают металл толщиной до 1 мм. [15].

Большим преимуществом способа сварки лучом является возможность ведения процесса в вакууме, защитных газах или на воздухе [8]. Сварку алюминиевых сплавов чаще всего производят в инертной среде аргона [16]

Из большого числа способов сварки плавлением алюминиевых сплавов, для герметизации электронных приборов с корпусами из алюминиевых сплавов малых толщин, наиболее подходящим способом является импульсная лазерная сварка, в силу своих особенностей [17]:

- высокая концентрация в пятне нагрева лазерного луча;
- малый нагрев конструкции и практически отсутствие деформаций во время сварки;
- изделие не является частью сварочной цепи, что является необходимым для многих электронных компонентов.

1.4 Герметизация импульсной лазерной сваркой корпусов приборов из алюминиевых сплавов

С позиций ограничения теплового воздействия и коробления тонкостенных, термонеустойчивых деталей и узлов, а также устранения влияния электромагнитных полей на элементы микроэнергетики, целесообразно использовать для герметизации корпусов приборов из Al-Mg сплавов импульсную лазерную сварку взамен аргонодуговой и микроплазменной [20].

Высокие скорости кристаллизации при импульсной лазерной сварке смещают появление эвтектики к большим концентрациям Mg, в связи, с чем хорошо свариваемые в условиях дуговой сварки Al-Mg, сплавы при лазерной сварке проявляют более значительную склонность к образованию горячих трещин, причем, сплав АМг6 в большей степени, чем сплав АМг2 [18].

Ликвидировать возникновение горячих трещин за счет изменения параметров режима сварки, типа соединений, конструктивных элементов сборки и т.п. не представляется возможным, поэтому металлургическое воздействие является более предпочтительным. В результате легирования титаном или никелем и образования двухфазной структуры металла шва при кристаллизации легкоплавкая Al составляющая "залечивает" горячие трещины между высокотемпературными фазами [19].

Применение при импульсной лазерной сварке сплавов прослоек из Ti или Ni с большей поглощательной способностью, чем Al не только увеличивает эффективность проплавления, но и создает условия для протекания термомеханического процесса разрушения окисной пленки в корне шва, связанного с действием сил динамического давления жидкого металла сварочной ванны.

Введение в сварочную ванну легирующих элементов Ti, Ni через прослойки между соединяемыми кромками позволило в условиях импульсной лазерной сварки Al-Mg сплавов получить сварные соединения по отбортовке кромок без горячих трещин и повысить эффективность проплавления [17].

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе производили импульсную лазерную сварку пластин из алюминиевого сплава АМг6 без покрытия, а также пластин с покрытием никеля различной толщины. В таблице 1 представлены режимы сварки и используемые толщины покрытия.

Таблица 2.1 – Режимы сварки соединений

№ образц а	Толщина Ni покрытия , мкм	Степень расфокусировк и	Напряже -ние, В	Длительност ь импульса, мкс	Частота , Гц	Скорость , мм/мин
1	0	H0,8	495	4	18	80
2	3...6	H0,8	495	4	18	80
3	6...9	H0,8	495	4	18	80
4	9...12	H0,8	495	4	18	80
5	0	L0,8	495	4	18	80
6	3...6	L0,8	495	4	18	80
7	6...9	L0,8	495	4	18	80
8	9...12	L0,8	495	4	18	80

Примечание: на рисунке 2.1 приведено пояснение для степени расфокусировки.

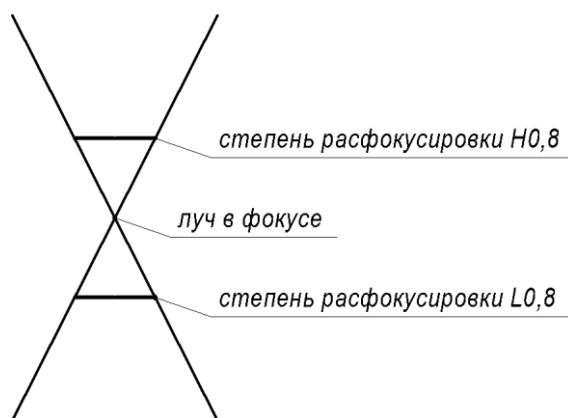


Рисунок 2.1 – Степень расфокусировки

Сварка выполнялась по отбортовке кромок. Форма подготовки пластин представлена на рисунке 2.2.

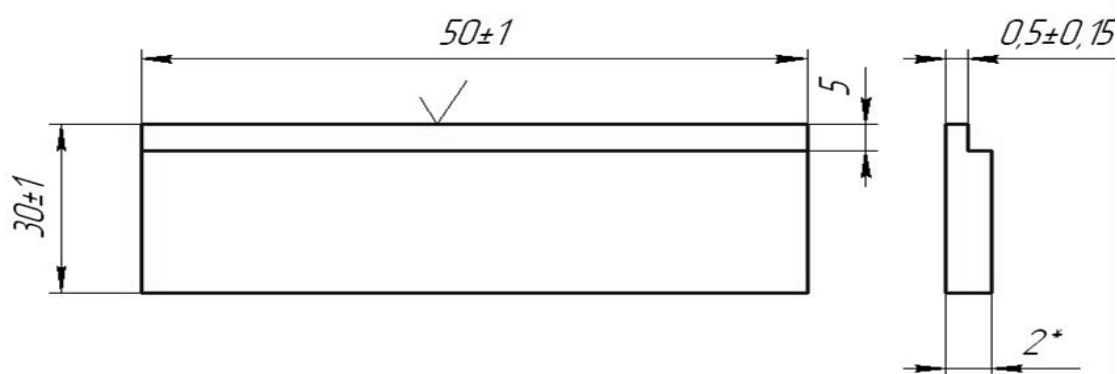


Рисунок 2.2 – Форма подготовки пластин

Ni-покрытие наносилось на образцы из сплава АМгб гальваническим методом.

Сварка образцов осуществлялась на установке импульсной лазерной сварки ALFA-200Auto, технические параметры которой представлены в таблице 2.

Таблица 2.2 – Технические параметры лазерной установки ALFA-200Auto

Средняя выходная мощность	200 Вт
Максимальная энергия импульса, не менее	50 Дж
Тип лазера	Nd:YAG
Длина волны	1064 нм
Регулировка лазерного пучка	0,2 – 2,0 мм
Частота лазерных импульсов	≤ 100 Гц
Длительность импульса	≤ 20 мс
Система точного позиционирования	Лазер-пилот, система видеонаблюдения
Ход координатного стола	300 x 200 мм
Точность перемещения координатного стола	$\pm 0,05$ мм
Нагрузка на рабочий стол	до 30 кг
Электропитание	380 В $\pm 10\%$ / 50 Гц
Система охлаждения	Автономная/ водная магистраль
Габариты	1500 x 750 x 1200 мм
Вес	230 кг

При сварке применялась прямоугольная форма импульсов. Соединения выполняли в среде защитного газа аргона, расход которого составлял 12 л/мин.

Пространственное расположение дефектов в сварном шве определялось с помощью компьютерной томографии. Для этого использовался рентгеновский томограф высокого разрешения TOLMI-150-10, который был разработан в Международной лаборатории неразрушающего контроля ИНК ТПУ [9]. Основные технические характеристики томографа TOLMI-150-10: детектор (матрица) – RemoteRadEye200 производства Rad-iconImagingCorp., США (1024 x 1000 пикселей, размер пикселя детектора 96 мкм); рентгеновский аппарат РАП 150МН (фокусное пятно рентгеновской трубки 10 мкм, диапазон регулирования напряжения трубки 40 – 150 кВ). Для реконструкции и визуализации томографических данных были использованы продукты компании Bruker-microCT.

Для оценки влияния режима сварки на глубину проплавления и характер формирования сварного шва в работе проводили макро- и микроисследования. Металлографические исследования выполняли на поперечных микрошлифах, вырезанных из зоны установившегося режима. Выявление структуры сварных соединений осуществляли методом окунания предварительно отполированной поверхности в раствор $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}=3:100$ и выдержке образца в реактиве в течение 10 секунд.

Изучение макро- и микроструктуры производили с помощью оптической и электронной металлографии. Оптическую металлографию осуществляли с помощью микроскопа OLYMPUS GX51 и комплекта прикладных программ SIAMS 700 в режимах светлого поля и дифференциально-интерференционного контраста. Электронную микроскопию – с помощью растрового электронного микроскопа Philips SEM 515, снабженного микроанализатором EDAX ECON IV.

Микротвердость измеряли на приборе HVS-1000 с шагом по глубине 10 мкм при нагрузке 0,5 Н по схеме, представленной на рисунке 2.3.

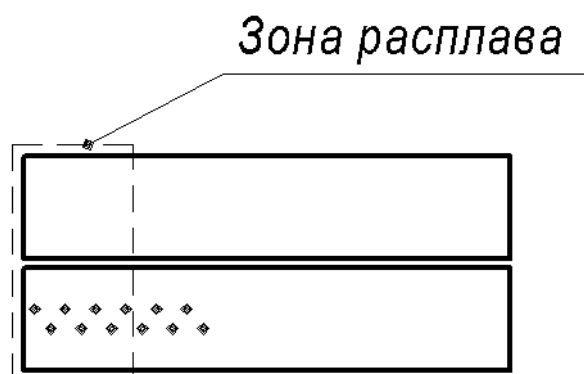


Рисунок 2.3 – Схема проставления уколов алмазной пирамидкой

После проведения исследований были выданы рекомендации по сварке, в результате чего был изготовлен макет корпуса вторичного источника питания из сплава АМг6 и произведена его герметизация. Проверка герметичности готового изделия, выполненного по наилучшему режиму сварки с точки зрения формирования сварного шва, осуществлялась с помощью гелиевого течеискателя Inficon UL1000.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для определения оптимального режима импульсной лазерной сварки и толщины покрытия никеля необходимо было решить следующие задачи:

- определить изменение глубины проплавления в зависимости от толщины гальванического покрытия никеля;
- произвести макро- и микроисследования сварного шва, с целью определения его качества;
- разработать рекомендации по параметрам режима импульсной лазерной сварки для получения качественного и герметичного соединения.

3.1 Исследование сварных соединений

Под качественными сварными соединениями понимаются соединения без трещин, пор, несплавлений и окисных включений [3,4,5,6,7,8]. Так же качественные сварные соединения должны обеспечивать равнопрочность сварного соединения основному металлу, т.е. зона сплавления должна быть приблизительно равной толщине основного металла[7].

На рисунке 3.1 представлена схема сварного соединения.



Рисунок 3.1 – Схема сварного соединения.

Анализ макроструктуры сварных соединений на поверхности шлифов после их полировки и травления показал, что высота сварного шва при импульсной лазерной сварке меняется в зависимости от толщины покрытия никеля на свариваемых образцах (рис. 3.2). При этом сварные соединения образцов, имеющих наибольшую толщину никелевого покрытия 9...12 мкм, разрушились до начала проведения исследований, в связи с чем, дальнейшее изучение данных образцов не проводилось.

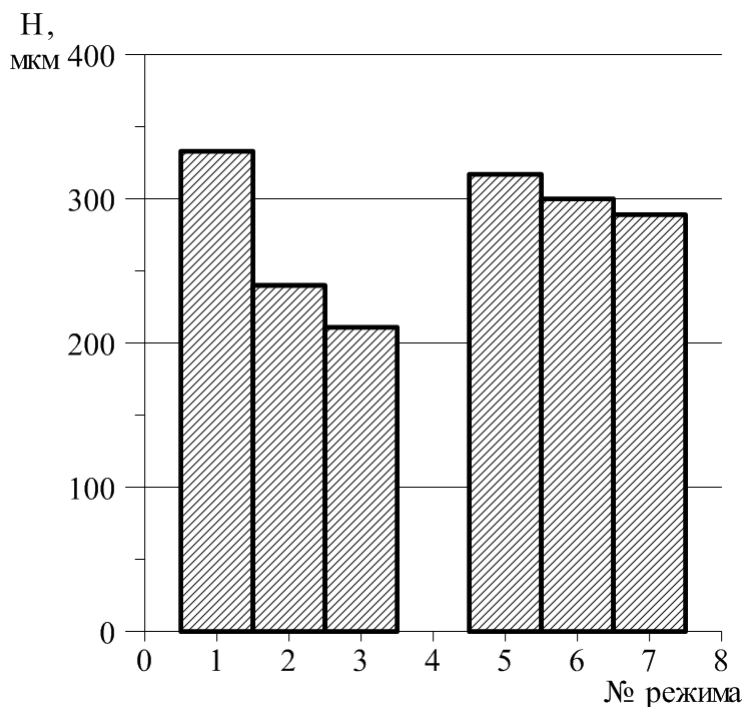
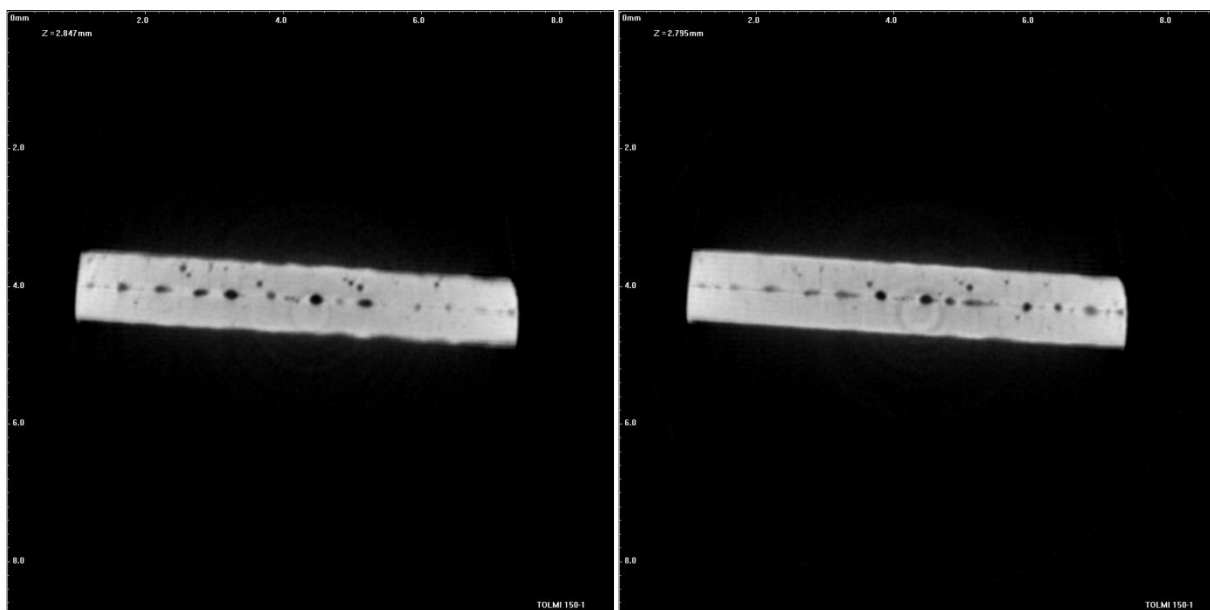


Рисунок 3.2 – Зависимость высоты сварного шва от толщины покрытия никеля

По данным представленным на рисунке 3.2 видно, что высота сварного шва уменьшается с увеличением толщины покрытия никеля, что связано с отражательной способностью поверхности никеля и его теплофизическими свойствами. При этом использование расфокусировки лазерного луча Н0,8 и отсутствие покрытие никеля на свариваемых образцах способствует большему проплавлению основного металла и, соответственно, формированию более высокого сварного шва (режимы №1).

При анализе компьютерной микротомографии, проводившейся в направлении к поверхности сварного шва, отчётливо заметно формирование пор на границе раздела двух пластин (рис. 3.3).



а

б

Рисунок 3.3. – Макрофотографии сварных соединений на границе сплавления двух пластин, покрытых никелем толщиной 3...6 мкм: а – степень расфокусировки Н0,8; б – степень расфокусировки L0,8

Наличие пор подтверждается металлографическими исследованиями сварных соединений. На рисунке 3.4 представлены макрофотографии сварных соединений.

Пористость характерна для всех сварных соединений, полученных на образцах с покрытием никеля. Усиленное порообразование объясняется тем, что никель в расплавленном и нагретом состоянии очень хорошо растворяет в себе водород, кислород и углекислый газ. Кислород при сварке вступает в реакцию с жидким никелем и образует оксид NiO, затрудняющий сварку. К тому же присутствие оксида никеля в сварных швах способствует более тёмному травлению макроструктуры. Сварные соединения, полученные на образцах без дополнительного никелевого покрытия, отличаются более равномерной структурой. При этом наблюдается формирование поры на границе сплавления по отбортовке кромок, что вызвано наличием воздуха в стыке пластин.

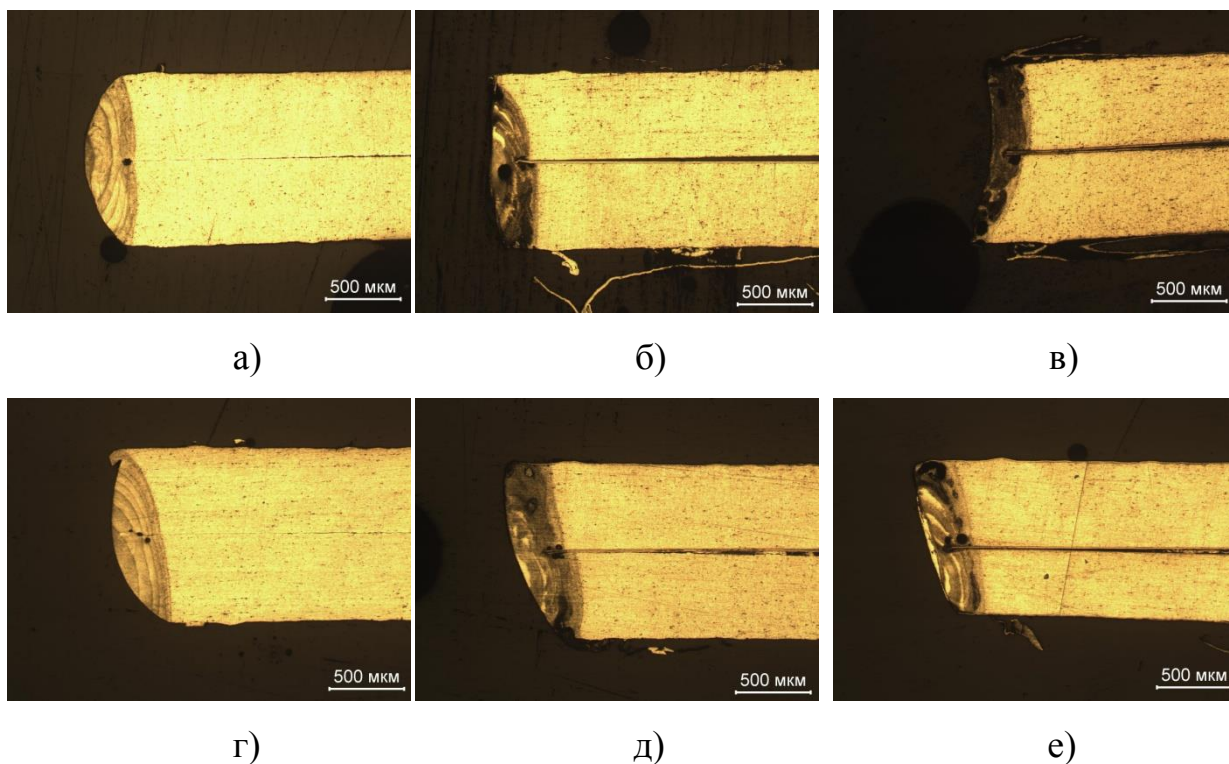


Рисунок 3.4 – Макроструктура сварных соединений:

а – образец №1; б – образец №2; в – образец №3;

г – образец №5; д – образец №6; е – образец №7

Волновой характер лазерного излучения способствует формированию слоистой микроструктуры. На микрофотографиях отчетливо видны столбчатые кристаллы, характерные для быстрой кристаллизации расплава, и слои с преобладающей равноосной структурой зерен (рис. 3.5).

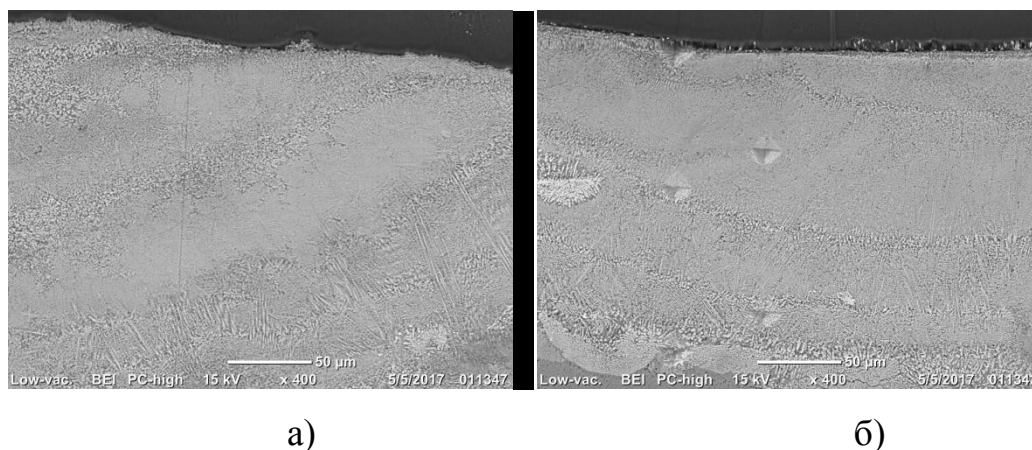


Рисунок 3.5 – Микроструктуры сварных соединений: а - образец №2, б - образец №3

На границе сплавления всех образцов наблюдается зарождение трещин (рис. 3.6). При этом в сварных соединениях образцов, имеющих никелевое покрытие, интенсивного развития трещин не происходит вследствие оплавления слоя никеля и заполнения им пространства на границе раздела двух пластин.

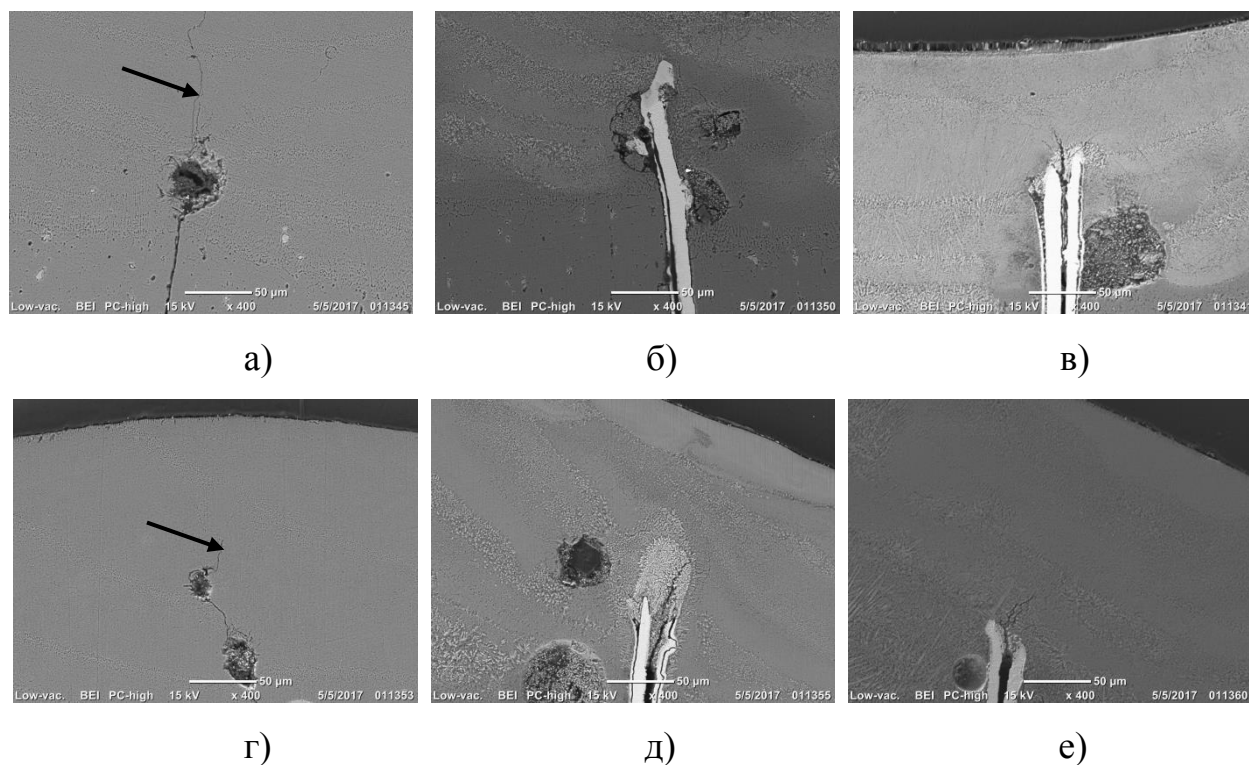


Рисунок 3.6 – Микроструктура сварных соединений:

а – образец №1; б – образец №2; в – образец №3;
г – образец №5; д – образец №6; е – образец №7

Микрорентгеноспектральный анализ образца №3 показал наличие никеля в приграничном объеме основного металла (рис. 3.7).

Алюминий с никелем образуют следующие группы интерметаллидов: NiAl , Ni_2Al_3 , Ni_5Al_3 . Данные фазы обладают повышенной хрупкостью, но при этом повышают твердость, износостойкость, коррозионную стойкость и жаропрочность материала.

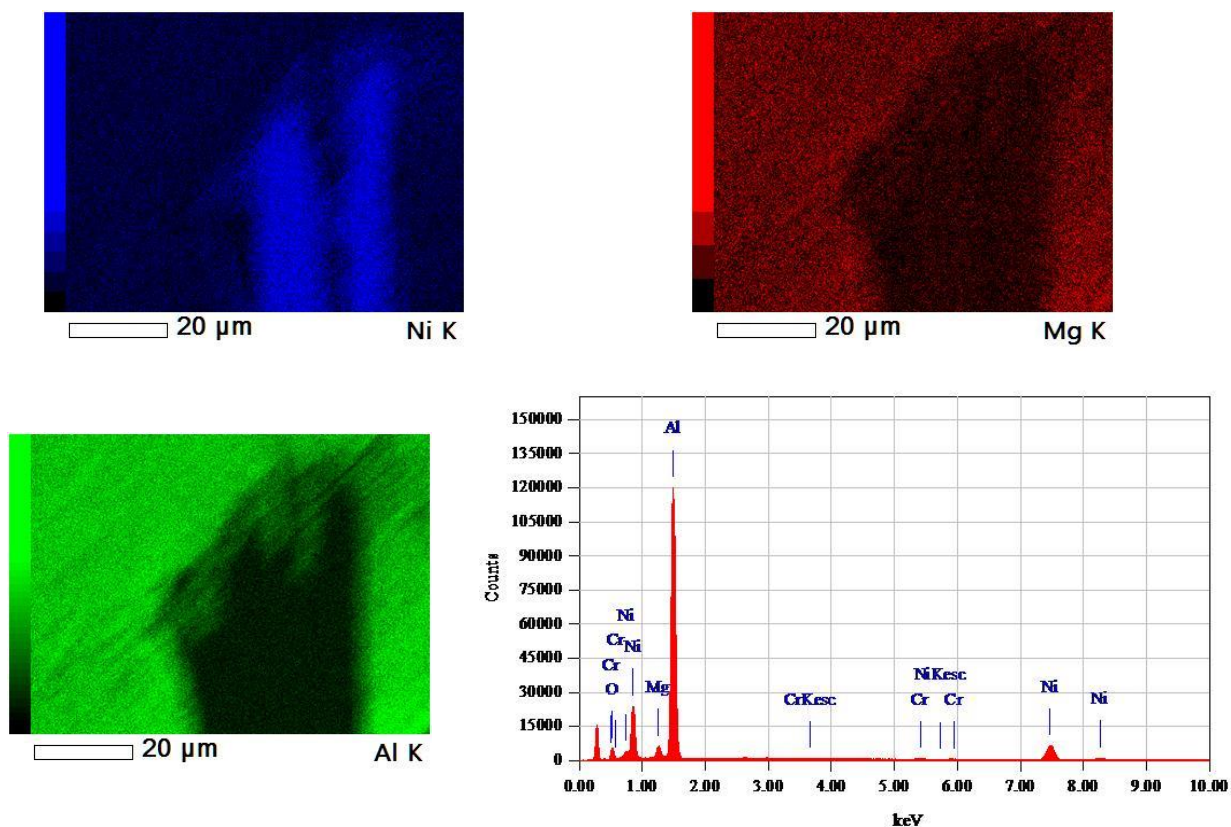


Рисунок 3.7 – Микрорентгеноспектральный анализ

Анализ распределения микротвердости по толщине сварного шва свидетельствует об увеличении твердости при наличии никелевого покрытия на свариваемых образцах (рис. 3.8).

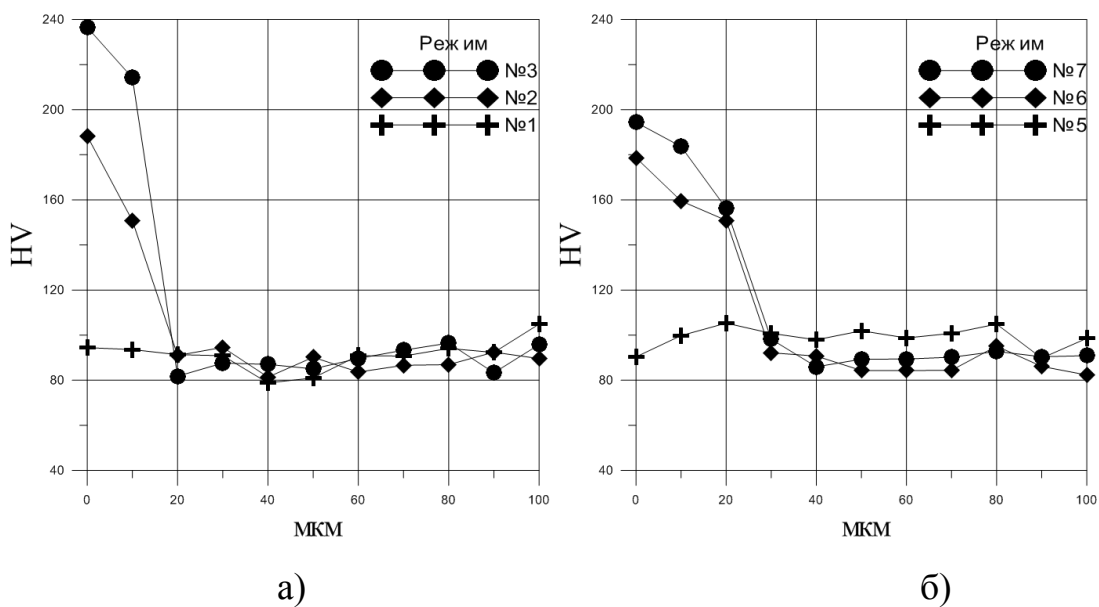


Рисунок 3.8 – Микротвердость сварных соединений

а – степень расфокусировки Н0,8; б – степень расфокусировки L0,8

Независимо от степени расфокусировки лазерного луча уровень микротвердости швов сварных соединений, полученных на образцах с покрытием никеля, возрастает в 2 раза. При этом покрытие наибольшей толщины обеспечивает большее увеличение твердости металла шва, что связано с увеличением доли участия никеля в шве и формированию большего количества интерметаллидов. Микротвердость на образцах из сплава АМгб без покрытия никеля постоянна по сечению сварного шва и составляет приблизительно 90 HV.

В результате исследования было установлено, что в корне шва без покрытия никеля имеется наличие окисной пленки, которая распространяется в направлении к поверхности шва, что может служить причиной не герметичности при сварке сплавов малых толщин.

Наличие данной окисной пленки, скорее всего, вызвано:

- плохой подготовкой поверхности перед сваркой;
- неблагоприятной конструкцией сварного соединения.

Для предотвращения данного дефекта необходимо:

- проводить качественную подготовку свариваемых кромок перед сваркой (шабрение, травление и обезжиривание);
- изменить конструкцию сварного соединения на более благоприятную для выдавливания окисной пленки расплавленным металлом из зоны соединения (рис. 3.9) [7].

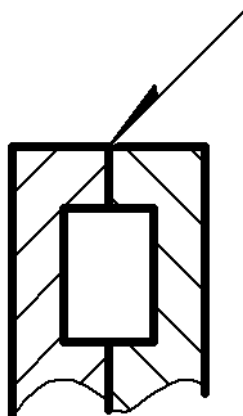


Рисунок 3.9 – Конструкция сварного соединения для удаления окисной пленки из зоны соединения

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данной главе рассчитаны финансовые затраты для реализации проекта. Также исследован уровень коммерциализации и описаны пути его повышения.

Предполагаемый конечный продукт: Вторичный источник питания с корпусом из легкого высокотеплопроводящего сплава АМгб.

Целевой рынок: предприятия космической отрасли.

4.1 SWOT-анализ

Для того чтобы приступить к оценке коммерциализации проекта, а также расчету бюджет необходимо провести SWOT-анализ. 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. Результаты данного анализа представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – SWOT-анализ научно-исследовательского проекта

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Уменьшение веса конструкции ВИПа. С2. Высокая теплопроводность из корпуса АМгб. С3. Низкая стоимость материала для изготовления корпуса. С4. Наличие бюджетного финансирования.	Сл1.Необходимость отработки технологии герметизации. Сл2.Необходимость проведения испытаний на сохраняемость. Сл3. Необходимость проведения климатических испытаний.
Возможности:		
В1. Использование инфраструктуры ТПУ, АО «НПЦ «Полюс».	Так как работа выполнялась на предприятии АО «НПЦ «Полюс», то есть заинтересованность со стороны государственных предприятий, следовательно, наличие финансирования.	Требуется проведение длительных и дорогостоящих испытаний что может послужить основной причиной невозможности реализовать процесс коммерциализации технологии.
В2. Применение технологии в космической технике.		

Продолжение таблицы 4.1

В3. Спрос на технологию.		
В4. Реализация в промышленных масштабах.		
Угрозы:		
У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2 Длительный срок окупаемости. У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.	Несвоевременное финансовое обеспечение может остановить развитие и усовершенствование технологии, а также замедлить процесс внедрения имеющейся технологии на промышленный уровень.	В настоящее время вторичный источник питания уже изготавливается из кобальта (29НК), по сравнению с которым, разрабатываемый в данной работе метод может быть более финансовозатратным. Наличие длительных и дорогостоящих испытаний могут привести медленному темпу окупаемости проекта

В представленной выше таблице перечислены все возможности и сопутствующие им сильные стороны проекта, которые в дальнейшем помогут осуществить его. Но, как и у каждого проекта, у него есть свои слабые стороны и угрозы. Данная таблица позволяет оценить на каком этапе находится работа, а также предпринять меры по устранению некоторых угроз и слабых сторон.

4.2 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Ниже представлена таблица степени готовности к коммерциализации научной разработки. Оценка осуществляется по шкале от 1 до 5 (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	5	4

Продолжение таблицы 4.2

Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	5
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	3
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	1
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	2
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО БАЛЛОВ	27	29

Перспективность проекта ниже среднего, следовательно, для реализации проекта необходимо привлечь специалистов в сфере маркетинга, продумать вопросы финансирования со стороны предприятий космической отрасли.

1. В качестве методов для коммерциализации технологии изготовления вторичных источников питания из АМГ6 можно выбрать следующие методы: торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. В случае полной доработки проекта есть возможность запатентовать технологию.
2. Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. Так данная работа осуществляется непосредственно на предприятии АО «НПЦ «Полус», то интеллектуальная собственность может отойти предприятию, на котором будет применяться в целях изготовления вторичных источников питания из АМГ6. Данное предприятие будет финансировать развитие научно-технического исследования, следовательно, разработка может дойти до конечного готового результата.

4.3 Ограничения проекта

Как и у любого проекта есть ограничения, т.е факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы исполнителей, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Ограничения представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	201 204 р.
Источник финансирования	АО «НПЦ «Полус»
Сроки проекта:	01.02.17 – 14.06.17
Дата утверждения плана управления проектом	01.02.17
Дата завершения проекта	14.06.17

4.4 План проекта

В рамках планирования научного проекта был составлен календарный план проекта. Сроки проведения НИР представлены в таблицах 4.4 и 4.5.

Таблица 4.4 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Определение темы исследовательской работы	5	01.02	05.02	Хайдарова А.А.
2	Литературный обзор по теме диссертации	20	08.02	28.02	Хайдарова А.А., Пермякова А.В.
3	Подготовка экспериментальной части	31	01.03	31.03	Хайдарова А.А., Пермякова А.В.
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	9	01.04	09.04	Пермякова А.В.
5	Социальная ответственность	5	10.04	15.04	Пермякова А.В.
6	Обработка полученных результатов	14	16.04	30.04	Пермякова А.В.
7	Оформление пояснительной записки	31	01.05	31.05	Пермякова А.В.
8	Подготовка к защите	14	01.06	14.06	Хайдарова А.А., Пермякова А.В.
Итого:		129	01.02	14.06	

Таблица 4.5– Календарный план-график проведения научного проекта

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Тк, кол-во, дней	Продолжительность выполнения работ													
				февраль			март			апрель			май			июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Определение темы исследовательской работы	Хайдарова А.А.	5														

Продолжение таблицы 4.5

2	Литературный обзор по теме диссертации	Хайдарова А.А., Пермякова А.В.	20																	
3	Подготовка экспериментальной части	Хайдарова А.А., Пермякова А.В.	31																	
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	Пермякова А.В.	9																	
5	Социальная ответственность	Пермякова А.В.	5																	
6	Обработка полученных результатов	Пермякова А.В.	14																	
7	Оформление пояснительной записки	Пермякова А.В.	31																	
8	Подготовка к защите	Хайдарова А.А., Пермякова А.В.	14																	

Составление календарного плана необходимо для осуществления контроля реализации проекта, а также для того чтобы распределить ответственность за ту или иную работу.

4.5 Бюджет научно-исследовательского проекта

Для коммерциализации разрабатываемой технологии необходимо рассчитать бюджет научного исследования (проекта). В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группировались по статьям, все данные представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6– Группировка затрат по статьям

Статьи										
Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итоговая себестоимость
1	0	0	2 700	0	0	0	0	0	0	2 700
2	0	0	87 285	10 474	29 426	0	0	0	68 431	195 616
3	2 888	0	0	0	0	0	0	0	0	2 888

Ниже представлены все необходимые расчеты, которые были сведены в таблицу 4.7.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Таблица 4.7 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, толщина	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
АМг6	АМг6, толщина 12	10кг	275 000	2750
Всего за материалы:				2 750
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				138
Итого:				2 888

В научном проекте производится только замена материала конструкции, на более легкий и теплопроводящий, оборудование остаётся тем же самым.

Данный раздел также включает в себя одну из основных составляющих бюджета проекта – заработная плата исполнителя и руководителя.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп} = 87285 + 10474 = 97759, \quad (4.1)$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.2)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (см. календарный план проекта);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.3)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 28 рабочих дней.

$M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя.

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Число дней в году	365	365
Количество нерабочих – выходные дни	76	149
– праздничные дни	14	11
Потери рабочего времени: – отпуск	28	0
– пропуски по случаю болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	205

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	35000	1587	55	87285

4.6 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

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

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.4)$$

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

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

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

4.7 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.5)$$

где $K_{\text{внеб}} = 30,1$. Это коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

4.8 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 – 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.6)$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат в таблице 6 приводится плановая себестоимость.

Данный раздел позволил оценить себестоимость проекта, подсчитать необходимый бюджет. На основе полученных данных можно отметить, что единственной трудностью реализации данного проекта является проведение долгосрочных и климатических испытаний с целью подтверждения надежности вторичного источника питания.

4.9 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности проекта реализуется на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (табл.10).

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad (4.7)$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (4.8)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО критерии	Весовой коэффициент параметра	Корпус из сплава АМг6	Корпус из сплава 29НК
Вес конструкции	0,25	5	3
Теплопроводность	0,2	5	2
Цена материала	0,1	4	3
Надежность	0,15	4	4
Энергосбережение	0,15	3	4
Удобство в эксплуатации	0,15	3	4
Итого:	1		

Далее оценивается уровень ресурсоэффективности проекта и существующих аналогов:

$$I_m^p = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 = 4,15 \quad (4.9)$$

$$I_m^a = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 2,98 \quad (4.10)$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Из вышепредставленных показателей можно отметить, что технология, разрабатываемая в данной работе, является более ресурсоэффективной.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда при работе в сварочной лаборатории, а далее в учебном помещении, в котором выполнялось написание ВКР.

Раздел содержит анализ опасных и вредных факторов возникающих при работе с лазерной установкой и решает вопросы их безопасности в чрезвычайных ситуациях на основе требований действующих нормативно-технических документов.

5.1 Анализ вредных факторов производственной среды

Рассмотрены следующие вредные факторы:

- повышенный уровень шума;
- недостаточная освещенность;
- неблагоприятные условия микроклимата.

5.1.1 Повышенный уровень шума

При сварке и сборке часто используют инструменты ударного воздействия: шлифовальная машина и т.д., которые создают лишний шум, вредно действующий на организм. У лиц, работающих в условиях постоянного шума, наблюдается повышенная утомляемость, нарушается концентрация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что способствует росту травматизма на производстве.

Шумы в цехах превышают допустимые нормы (табл. 5.1), главным образом, вследствие нерациональной конструкции или неправильной установки машины или установки. Но наряду с этим многие шумы связаны с технологическими процессами и они неизбежны. Поэтому для уменьшения шумов необходимо изолировать данное оборудование в отдельное помещение и установить на отдельный фундамент.

Таблица 5.1 – Нормы шума

Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется организовывать 10 – 15 минутные перерывы после каждого часа работы и проводить комплекс физиопрофилактических мероприятий. Одним из направлений борьбы с шумом является созданием шумопоглощающих устройств в самом технологическом образовании, например:

- все вентиляционные установки монтируются на вибрационных подушках;
- оборудование целесообразно помещать в звукоизолирующее ограждение;
- окружные скорости колёс у вентиляторов принять до 30÷40 м /сек;
- скорость воздуха в воздухоотводах не более 12 м/сек.

Параметры шума на рабочем месте нормируются ГОСТ 12.1.003 – 83 и санитарными нормами СН 2.2.42.1.8.562 – 96.

5.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света солнца. Различают боковое естественное освещение – через световые проемы (окна) в наружных стенах и верхнее естественное освещение, при котором световой поток поступает через световые проемы,

расположенные в верхней части здания (крыше). Если используется оба вида освещения, то оно называется комбинированным.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23–05–95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Общее освещение должно осуществляться с помощью газоразрядных источников света. В производственных помещениях высотой менее 6 м должны применяться люминесцентные лампы, высотой более 6-8 м – газоразрядные лампы высокого давления типа ДРИ или ДРЛ с красным отношением 10%. При работах с мелкими изделиями в осветительных установках должны применяться люминесцентные лампы.

Светильники по их техническим характеристикам должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011. "Светильники. Общие требования и методы испытаний" и ГОСТ 14254–96 "Степени защиты, обеспечиваемые оболочками".

5.1.3 Расчет искусственного освещения

Задачей расчета является определение потребной мощности электрической осветительной установки для создания в помещении заданной освещенности.

Для освещения помещения, согласно рекомендациям, выбираем газоразрядные лампы и общую систему освещения. Основным преимуществом газоразрядных ламп перед лампами накаливания является световая отдача. Они имеют значительно больший срок службы. Основным недостатком является пульсация светового потока, что может приводить к

появлению стробоскопического эффекта, длительный период разгорания, применение специальных пусковых приспособлений.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока, учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток группы ламп светильника $\Phi_{\text{л}}$ (лм) при люминесцентных лампах рассчитывают по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = E_{\text{н}} \cdot S \cdot z \cdot k / (N \cdot \eta), \quad (5.1)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормируемая минимальная мощность, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

z – коэффициент минимальной освещенности (для люминесцентных ламп $z = 1,1$);

k – коэффициент запаса ($k = 1,8$); N – число светильников в помещении;

η – коэффициент использования светового потока ламп.

Принимаем $E_{\text{н}} = 400$ лк, по ГОСТ 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

Определим площадь освещаемого помещения.

$$S = A \cdot B, \quad (5.2)$$

где A и B два характерных размера помещения, м ($A = 7,4$ м; $B = 5,81$ м).

$$S = 7,4 \cdot 5,81 = 42,994 \text{ м}^2 \quad (5.3)$$

Для определения коэффициента использования светового потока ламп необходимо определить коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{п}}$ и стен $\rho_{\text{с}}$, а также показателя помещения i .

$$i = A \cdot B / H_{\text{р}} \cdot (A + B), \quad (5.4)$$

где $H_{\text{р}}$ – высота светильников над рабочей поверхностью, м.

Принимаем $H_{\text{р}} = 3,0$ м, исходя из общей высоты помещения 3,350 м.

$$i = 7,4 \cdot 5,81 / 3,0 \cdot (7,4 + 5,81) = 1,1 \quad (5.5)$$

Коэффициенты отражения потолка и стен оцениваются субъективно, $\rho_{\text{п}}=70$, $\rho_{\text{с}}=50$. Коэффициент использования светового потока ламп по данным литературы для светильника типа ШОД $\eta=0,41$.

Определим число светильников в помещении с помощью плана помещения и исходя из расстояния между светильниками:

$$\lambda = L / H_p, \quad (5.6)$$

где L – расстояние между светильниками, м.

Для светильников типа ШОД $\lambda=1,1$.

$$L = \lambda \cdot H_p = 1,1 \cdot 3,5 = 3,85 \quad (5.7)$$

Исходя из плана помещения и размещения светильников, принимаем число ламп восемнадцать.

$$\Phi_{\text{л}} = 400 \cdot 42,994 \cdot 1,1 \cdot 1,8 / (18 \cdot 0,41) = 4614. \quad (5.8)$$

Принимаем лампу ЛБ мощностью 80 Вт. Проверочный расчет показывает, что разность между требуемой и действительной минимальной освещенностью не превышает 10%, что допустимо требованиями.

5.1.4 Неблагоприятные условия микроклимата

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателями характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены

при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают уровня отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и является предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые микроклиматические условия устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочих местах с категорией работ Ia, к которым относится сварочная и учебная лаборатория, должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 2.

Таблица 5.2 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года				Холодный	Теплый
Оптимальная				22-24	23-25
Температура, °С	воздуха	допустимая	Диапазон ниже оптимальных величин	20-21,9	21-22,9
			Диапазон выше оптимальных величин	24,1-25	25,1-28
	поверхностей	оптимальная		21-25	22-26
		допустимая		19-26	20-29
Относительная влажность воздуха, %	оптимальная			60-40	
	допустимая			15-75	
Скорость движения воздуха, м/с	оптимальная			0,1	
	допустимая	Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более		0,1	
		Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более		0,1	0,2

Интенсивность теплового облучения рабочих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляция на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела и более. 70 Вт/м² – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м² – при облучении не более 25% поверхности тела. При наличии теплового облучения рабочих температура воздуха на работах местах при категории работ 1д не должна превышать 25° С.

5.2 Электробезопасность

Основными причинами электрических травм – является повышенное напряжение электрической цепи, создаваемое опасностью поражения электрическим током, степень тяжести которого зависит в основном от величины напряжения и условий включения человека в электрическую цепь. Электрический ток, проходящий через человеческий организм, обратно пропорционален его сопротивлению (расчетное значение 1000 Ом) и общему сопротивлению участка цепи.

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо следовать следующим правилам техники безопасности:

- необходимо надежно заземлять корпуса импульсных модуляторов (приставок), ИП и установок, а также свариваемое изделие;
- запрещено касаться голыми руками (без диэлектрических перчаток) токонесущих частей сварочных установок, а также проводов без изоляции или с поврежденной изоляцией;
- перед началом работ необходимо проверять исправность изоляции сварочных проводов, сварочного инструмента и оборудования, а также надежность всех контактных соединений сварочной цепи;
- при длительных перерывах сварочного процесса источник сварочного тока и модулятор следует отключать;

- при прокладке сварочных проводов и при каждом их перемещении не допускать: повреждения изоляции, соприкосновения проводов с водой, маслом, стальными канатами, рукавами (шлангами) и трубопроводами с горючими газами и кислородом, а также с горячими трубопроводами;
- необходимо надежно заземлять металлический корпус модулятора, конструкция которого должна обеспечивать автоматическое выключение тока при открывании его дверцы;
- нельзя ремонтировать сварочное оборудование и установки, находящиеся под напряжением;

Все электрооборудование сварочных цехов и участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок». Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок.

Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение. Каждый рабочий обязан знать, как оказать первую помощь пострадавшему от действия электрического тока.

В случае поражения сварщика электрическим током необходимо срочно отключить ток ближайшим выключателем или отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя сухие подручные материалы (шест, доску и др.). После этого положить его на теплую подстилку и по возможности согреть. Немедленно вызвать медицинскую помощь, учитывая, что промедление свыше 5-6 минут может привести к непоправимым последствиям. При бессознательном состоянии пострадавшего следует освободить от стесняющей одежды и немедленно приступить к искусственному дыханию, также необходимо находиться рядом с пострадавшим до прибытия врача.

5.3 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно ГОСТ 312.1.004-85, 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. Категории помещений и зданий определяются, исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также, исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов. Помещение, в котором выполняется данная работа, по степени пожаровзрывоопасности относится к категории Г (умеренная пожароопасность). т.е. включает в себя негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Возможные причины загорания:

- 1) неисправность токоведущих частей установок:
- 2) работа с открытой электроаппаратурой:
- 3) короткие замыкания в блоке питания:
- 4) несоблюдение правил пожарной безопасности:
- 5) наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих. обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- 1) исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- 2) применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;
- 3) правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- 4) правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения – предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- 5) обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- 6) издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- 7) соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- 8) правильное размещение оборудования;
- 9) своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- 1) сообщить руководству (дежурному);
- 2) позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- 3) принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

5.4 Пожарная безопасность

Основными причинами возникновения пожаров в сварочных цехах машиностроительных предприятий, является:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования;
- искры;
- неисправность запорной арматуры и отсутствие заглушек на аппаратах и трубопроводах;
- реконструкция установок с отклонением от технологических схем;
- возгорание промасленной ветоши и других легковоспламеняющихся материалов.

Поэтому для предотвращения пожаров необходимо следовать следующим правилам:

- о предстоящих работах по сварке необходимо заблаговременно сообщать лицу, ответственному за пожарную безопасность;
- рабочие места сварщиков следует предварительно очистить от древесных стружек, сгораемого мусора в радиусе не менее 10 метров, а также удалить из этой зоны другие взрывоопасные и огнеопасные вещества;
- необходимо соблюдать осторожность при перемещении сварочных проводов. Особую опасность при этом представляет собой искрение проводов (при их недостаточной или нарушенной изоляции) в местах, удаленных от сварщика или недоступных его наблюдению;
- при длительном или концентрированном воздействии искр и капель расплавленного металла, образующимся при сварке, необходимо защищать деревянные настилы или подмости от возгорания листовым железом или асбестом;

- по окончании смены нужно тщательно проверять рабочую зону и не оставлять открытого огня, нагретых до высокой температуры предметов, а также тлеющих сгораемых материалов, мусора и т. д.

Основы противопожарной защиты предприятий определены техническим регламентом: Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

Здания в сварочном производстве относятся ко второй степени огнестойкости сооружений, к категории Г.

В случае возникновения пожара необходимо отключить подачу электроэнергии, вызвать пожарную команду и, если это, возможно, приступить к ликвидации очагов возгорания силами персонала цеха.

Для быстрой ликвидации пожара вблизи места сварки всегда должна быть бочка с водой и ведро, ящик с песком и лопата, а также ручной огнетушитель. Огнетушители, применяемые при тушении пожара на участке с электроустановками, должны быть углекислотными. Для быстрой ликвидации пожара нормами первичных средств пожаротушения сварочного цеха на каждые 200 м² площади предусмотрен один огнетушитель ОУ – 5, ящик с песком 0,5 м³ и две лопаты.

Пожарные краны, рукава, стволы огнетушители и другие средства тушения пожара необходимо содержать в исправности и хранить в определенных местах по согласованию с органами пожарного надзора.

5.5 Работа в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространённую инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация (ГОСТ Р 22.0.02-2016).

Чрезвычайные ситуации могут быть классифицированы по значительному числу признаков.

Своевременное оповещение населения, организаций, органов управления о возникновении чрезвычайных ситуаций, как в мирное, так и в военное время, его достоверность и четкость, является одной из важнейших задач гражданской обороны (ГО).

В настоящее время существуют два основных направления минимизации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. В рамках этого направления технические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво – и пожарозащиты технологического оборудования, электро- и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т. д.

Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб гражданской обороны и населения к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС, для создания которых нужны детальные разработки сценариев возможных аварий и катастроф на конкретных объектах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения теоретической части магистерской диссертации был проведен литературный обзор, в котором были рассмотрены необходимость герметизации электронной аппаратуры и основные способы сварки алюминиевых сплавов.

В ходе литературного обзора было показано, что для герметизации электронной аппаратуры наиболее подходящим является способ импульсной лазерной сварки.

В результате экспериментального исследования было установлено:

1) Высота сварного шва при импульсной лазерной сварке меняется в зависимости от толщины покрытия никеля на свариваемых образцах и уменьшается с его увеличением.

2) Наиболее высокий сварной шов достигается на алюминиевом сплаве без покрытия никеля со степенью расфокусировки Н0,8.

3) Для образцов с покрытием никеля характерна пористость сварных швов.

4) На границе сплавления всех образцов наблюдается зарождение трещин. При этом в сварных соединениях образцов, имеющих никелевое покрытие, интенсивного развития трещин не происходит вследствие оплавления слоя никеля и заполнения им пространства на границе раздела двух пластин.

5) Анализ распределения микротвердости по толщине сварного шва свидетельствует об увеличении твердости при наличии никелевого покрытия на свариваемых образцах. Алюминий с никелем образуют группы интерметаллидов: NiAl , Ni_2Al_3 , Ni_5Al_3 . Данные фазы обладают повышенной хрупкостью.

6) В корне шва на образцах без покрытия никеля имеется наличие окисной пленки, которая распространяется в направлении к поверхности шва,

что может служить причиной не герметичности при сварке сплавов малых толщин, а так же причиной зарождения трещин при эксплуатации.

В результате проделанной работы были выданы рекомендации по сварке, в результате чего был изготовлен макет корпуса вторичного источника питания из сплава АМгб и произведена его герметизация. Проверка герметичности готового изделия, выполненного по наилучшему режиму сварки с учетом рекомендаций по подготовки деталей перед сваркой и типа соединения с точки зрения формирования сварного шва, осуществлялась с помощью гелиевого течеискателя Inficon UL1000.

Результаты данного исследования рекомендованы для герметизации вторичных источников питания с корпусами из алюминиевого сплава АМгб на предприятие АО "НПЦ "Полус".

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева. Под общ. ред. В.А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
2. Технология ЭВА: оборудование и автоматизация / В.Г. Алексеев, В.Н. Гриднев. – М.: Высш. шк., 1984. – 392 с.
3. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭА / Я.Е. Львович, В.Н. Фролов. – М.: Радио и связь, 1986 г. – 192 с.
4. Материаловедение: Учебное пособие / Ю.П. Егоров, Ю.М. Лозинский, Р.В. Роот, И.А. Хворова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 188 с.
5. Специальные главы материаловедения для специалистов сварочного производства: Учебное пособие / С.Ф. Гнусов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 110 с.
6. Металлургия сварки плавлением алюминиевых сплавов / Г.Д. Никифоров. – М.: Машиностроение, 1972. – 264 с.
7. Металловедение сварки алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин, А.В. Лозовская, И.Е. Склабинская. – Киев: Наук думка, 1992. – 160 с.
8. Сварка в машиностроении: Справочник, в 4-х т. / т. 2 / под ред. А.И. Акулова. М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
9. Сварка и наплавка алюминия и его сплавов / В.Я. Зусин, В.А. Серенко – Мариуполь: Рената, 2005. – 468 с.
10. Дуговая сварка алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин, В.Г. Игнатьев, И.В., Довбищенко. – М.: Машиностроение, 1982. – 95 с.
11. Металлургия сварки плавлением алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин. – Киев: Наук думка, 1986. – 256 с.
12. Теория сварочных процессов / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров – М.: Высш. Шк., 1988. – 559 с.

13. Газовая сварка и резка металлов / Д.Л. Глизманенко – М.: Высш. Шк., 1969. – 304 с.
14. Лазерная сварка металлов / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов. – М.: Высш. Шк., 1988. – 206 с.
15. Технологические процессы лазерной обработки / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров – М.: МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2008. – 664 с.
16. И.Н. Шиганов, А.А. Холопов // Лазерная сварка алюминиевых сплавов. № 3. – М.: Фотоника, 2010.
17. Т.В. Ольшанская, С.Ю. Некрасова // Особенности сварки алюминия. № 1. – Пермь: Национальный исследовательский политехнический университет, 2015.
18. В.В. Баженов, К.И. Минаева, В.И. Привезенцев // Герметизация корпусов приборов из алюминиевых сплавов импульсной лазерной сваркой. – Тезисы докладов "Сварка и пайка в производстве аппаратуры и приборов". Пенза. 1992 г.
19. Разработка и внедрение технологии лазерной сварки и резки в изготовлении узлов новой техники". Научно-технический отчет, – М.: МИП 1990 г.
20. Исследование и разработка технологии импульсной лазерной сварки изделий РЭА из алюминиевых сплавов. Научно-технический отчет, – М.: МИП, 1989 г.
21. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. – М.: Изд-во МИСИС, 2001. – 416 с.
22. Н.Б. Пугачева, Н.С. Мичуров, Е. Б. Трушина // Особенности строения сварных соединений алюминиевых сплавов. – Екатеринбург: Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, 2015.

23. Barik Amit Kumar. Joining of dissimilar materials using Nd: YAG laser welding: thesis. bachelor of technology : roll no. 10603066. – National Institute of Technology, Rourkela, India, 2010.
24. J.M. Sánchez Amaya Titania, Ensayos Y Proyectos Industriales S.L. Laser welding of light metal alloys: aluminium and titanium alloys – Spain M.R. Amaya-Vázquez, F.J. Botana University of Cadiz, Spain, 2014.

Приложение А

Раздел № 4

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Пермякова Анастасия Витальевна		

Консультант кафедры ОТСП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Слободян Михаил Степанович	к.т.н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Казанцев Андрей Юрьевич	к.филол.наук		

4 FINANCIAL MANAGEMENT, RESOURCE EFFICIENCY AND RESOURCE SAVING

This chapter calculates the financial costs for the implementation of the project. Also, the level of commercialization is investigated and ways of its improvement are described.

Expected final product: Secondary power source with a body made of light high-conductivity alloy AMg6.

Target market: space industry enterprises.

4.1 SWOT – analysis

In order to start evaluating the commercialization of the project, as well as calculating the budget, a SWOT analysis is necessary. SWOT – Strengths, Weak sides, Opportunities and Threats – is a comprehensive analysis of a research project. SWOT-analysis is used to study the external and internal environment of the project. The results of this analysis are presented in Table 4.1.

Table 4.1 – SWOT-analysis of the research project

	Strengths	Weak sides
	S1. The structural weight reduction of VIP. S2. The high thermal conductivity of the housing AMg6. S3. Low cost material for the housings. C4. The availability of budget funding.	W1. Necessity of testing the sealing technology. W2. Necessity of holding tests. W3. The need for climate testing.
Opportunities:		
O1. Use of TPU infrastructure, JSC "SPC Polyus". O2. Application of technology in space technology. O3. Demand for technology. O4. Implementation on an industrial scale.	Since the work was carried out at the enterprise of JSC "SPC" Polyus ", that is, interest from the state-owned enterprises, therefore, the availability of funding.	It is necessary to conduct long and expensive tests that can serve as the main reason for the impossibility to implement the process of commercialization of technology.

Table continuation 4.1

Threats:		
T1. Lack of demand for new production technologies. T2 Long payback period. T3. Untimely financial provision of scientific research by the state.	Untimely financial security can stop the development and improvement of technology, as well as slow the process of introducing existing technology to the industrial level.	At present, the secondary power source is already made from the kovar (29KNK), compared to which, the method developed in this work can be more financially costly. The availability of long and costly tests can lead to a slow rate of return on the project

The above table lists all the features and associated strengths of the project, which will further help to implement it. But, like every project, it does have its weaknesses and threats. This table allows us to estimate at what stage is the work, and to take steps to address some of the threats and weaknesses.

4.2 Evaluation of the readiness of the project for commercialization

The table below shows the degree of readiness for the commercialization of scientific development. The assessment is carried out on a scale of 1 to 5 (Table 2).

Table 4.2 – Form for assessing the degree of readiness of a scientific project for commercialization

Name	Degree of study of the scientific project	Level of knowledge available to the developer
The existing scientific and technical reserve is determined	5	4
Prospective directions of commercialization of scientific and technical reserve	3	5
Industries and technologies (goods, services) for supply in the market are defined	5	3
The commodity form of scientific and technical reserve for presentation to the market is defined	1	1
The authors were identified and their rights protected	1	2
The evaluation of the value of intellectual property	1	1
Marketing research of sales markets	1	1

Table continuation 4.2

Developed a business plan for the commercialization of scientific developments	1	1
The ways of promoting scientific	1	1
A strategy (form) for the implementation of scientific development	1	1
The issues of international cooperation and access to the foreign market have been worked out	1	1
The issues of using the services of the infrastructure of support, obtaining benefits	1	2
The issues of financing the commercialization of scientific development	2	3
There is a team for the commercialization of scientific development	2	2
The mechanism for the implementation of the scientific project has been worked out	1	1
TOTAL POINTS	27	29

The prospectivity of the project is below average, therefore, for the implementation of the project it is necessary to involve specialists in the field of marketing, to think over the questions of financing from the enterprises of the space industry.

As methods for commercializing the technology of manufacturing secondary power sources from AMG6, the following methods can be chosen:

1. Trade in patent licenses, i.e. Transfer to third parties the right to use objects of intellectual property on a licensed basis. In the case of a complete revision of the project, it is possible to patented the technology.
2. transfer of intellectual property to the authorized capital of the enterprise. So this work is carried out directly at the enterprise of JSC "SPC" Polyus ", then the intellectual property can depart to the enterprise, on which it will be used in order to manufacture secondary power supplies from AMG6. This

enterprise will finance the development of scientific and technical research, therefore, the development can reach the final finished result.

4.3 Limitations of the project

As with any project, there are restrictions, that is factors that may serve to limit the degree of freedom of performers, as well as the "project boundary" - the parameters of the project or its product that will not be realized within the framework of this project. Limitations are presented in Table 4.3.

Table 4.3 – Project Limitations

Factor	Limitations / Assumptions
Project budget	201 204 p.
Source of financing	JSC "SPC Polyus"
Terms of the project	01.02.17 – 14.06.17
Date of approval of the project management plan	01.02.17
Project completion date	14.06.17

4.4 Project plan

As part of the planning of the scientific project, a project schedule was compiled. The terms of scientific work are presented in Tables 4.4 and 4.5.

Table 4.4 – Project Calendar Schedule

Work code	Name	Duration, days	Start date of work	Date of completion of work	List of participants
1	Defining the topic of research work	5	01.02	05.02	Khaidarova A.A.
2	Literary review on the topic of the dissertation	20	08.02	28.02	Khaidarova A.A., Permyakova A.V.
3	Preparation of the experimental part	31	01.03	31.03	Khaidarova A.A., Permyakova A.V.
4	Financial management, resource efficiency, resource saving	9	01.04	09.04	Permyakova A.V.
5	Social responsibility	5	10.04	15.04	Permyakova A.V.

Table continuation 4.4

6	Processing the results	14	16.04	30.04	Permyakova A.V.
7	Execution of an explanatory note	31	01.05	31.05	Permyakova A.V.
8	Prepare to defend	14	01.06	14.06	Khaidarova A.A., Permyakova A.V.
Total:		129	01.02	14.06	

Table 4.5 – Schedule of the scientific project

Work code	Type of work	Performers	T _к , amount of days	Duration of work execution													
				february			march			april			may			june	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Defining the topic of research work	Khaidarova A.A.	5														
2	Literary review on the topic of the dissertation	Khaidarova A.A., Permyakova A.V.	20														
3	Preparation of the experimental part	Khaidarova A.A., Permyakova A.V.	31														
4	Financial management, resource efficiency, resource saving	Permyakova A.V.	9														
5	Social responsibility	Permyakova A.V.	5														
6	Processing the results	Permyakova A.V.	14														
7	Execution of an explanatory note	Пермякова A.V.	31														
8	Prepare to defend	Khaidarova A.A., Permyakova A.V.	14														

The preparation of a calendar plan is necessary to monitor the implementation of the project, and also to allocate responsibility for a particular job.

4.5. The budget of the research project

To commercialize the technology being developed, it is necessary to calculate the budget of the scientific research (project). In the process of budgeting, the planned costs were grouped according to the articles, all data are presented in Table 4.6.

Table 4.6 – Grouping of costs by items

Articles										
Type of work	Raw materials, materials (excluding returnable waste), purchased products and semi-finished products	Special equipment for scientific (experimental) works	Basic wage	Additional wages	Deductions for social needs	Research and production trip	Payment for work performed by outside organizations and enterprises	Other direct costs	Overheads	Total cost
1	0	0	2 700	0	0	0	0	0	0	2 700
2	0	0	87 285	10 474	29 426	0	0	0	68 431	195 616
3	2 888	0	0	0	0	0	0	0	0	2 888

Below are all the necessary calculations, which were summarized in Table 4.7.

The cost of material costs is calculated according to the current price lists or contractual prices. The cost of material costs include transportation and procurement costs (3 – 5% of the price). The same item includes the costs of documentation (stationery, replication of materials).

Table 4.7 – Raw materials, materials, components and purchased semi-finished products

Name	Brand, thickness	Amount	Price per unit, rub.	Amount, rub.
AMg6	AMg6, thickness 12	10 kg	275 000	2750

Table 4.7 – Schedule of the scientific project

Total for materials:	2 750
Transportation and procuring expenses (3-5%)	138
Total:	2 888

In the scientific project, only the replacement of the construction material is made, to a lighter and more heat-conducting material, the equipment remains the same.

This section also includes one of the main components of the project budget – the salary of the executor and the head.

The amount of wage costs is determined by the laboriousness of the work performed and the current wage system.

The main salary includes the bonus paid monthly from the wage fund (the amount is determined by the Regulations on Labor Remuneration).

The article includes the basic wages of employees directly engaged in the implementation of the project (including bonuses, co-payments) and additional salaries.

$$C_w = Z_b + Z_a = 87285 + 10474 = 97759, \quad (4.1)$$

Z_b – basic salary;

Z_a – additional wages.

The basic salary (Z_b) of the head (laboratory assistant, engineer) from the enterprise (in the presence of the head from the enterprise) is calculated by the following formula:

$$Z_b = Z_a \cdot T_w, \quad (4.2)$$

Z_b – basic salary of one employee;

T_w – duration of work performed by a scientific and technical worker, working days (see the project's calendar plan);

Z_a – the average daily wage of an employee, rub.

The average daily wage is calculated by the formula:

$$Z_a = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.3)$$

Z_m – monthly salary of an employee, rub.

M – number of months of work without leave during the year: with a vacation of 28 workdays.

$M = 11,2$ months, 5-day week.

F_d – actual annual fund of working time of scientific and technical personnel, slave (Table 4.8).

Table 4.8 – Balance of work

Indicators of working hours	Head	Student
Number of days in a year	365	365
Number of non - working days - days off - holidays	76 14	149 11
Loss of working time: - leave - missing on the occasion of illness	28 0	0 0
The actual annual fund of working hours	247	205

The calculation of basic wages is shown in Table 4.9.

Table 4.9 – Calculation of basic wages

Performers	Z_m , rub	Z_d , rub.	T_w , working days	Z_b , rub.
Head	35000	1587	55	87285

4.6 Additional salary of research and production personnel

This article includes the amount of payments provided for by the labor legislation, for example, payment of regular and additional holidays; Payment of time associated with the performance of state and public duties; Remuneration for long service, etc. (On average - 12% of the amount of basic wages).

Additional wages are calculated on the basis of 10-15% of the basic salary, employees directly involved in the implementation of the topic:

$$Z_a = K_s \cdot Z_b, \quad (4.4)$$

Z_a – additional wages, rub.;

K_s – supplementary wage rate;

Z_b – basic salary, rub.

4.7 Deductions for social needs

The article includes deductions to extra-budgetary funds.

$$C_o = K_o \cdot (Z_b + Z_a) \quad (4.5)$$

$K_o = 30,1$. This is the ratio of allocations for payment to extra-budgetary funds (pension fund, compulsory health insurance fund and others).

4.8 Overheads

This item includes management and maintenance costs that can be attributed directly to a particular topic. In addition, this includes expenses for the maintenance, operation and repair of equipment, production tools and equipment, buildings, structures, etc. In calculations, these expenses are taken in the amount of 70-90% of the basic wage of research and production personnel of this scientific and technical organization.

Overhead costs are 80-100% of the amount of basic and additional wages, employees directly involved in the implementation of the topic.

Calculation of overhead is based on the following formula:

$$C_c = K_c \cdot (Z_b + Z_a), \quad (4.6)$$

K_c – Coefficient of overhead.

Based on the data obtained for individual items of expenditure, Table 6 shows the planned cost.

This section allowed to estimate the cost of the project, calculate the necessary budget. On the basis of the data obtained, it can be noted that the only

difficulty in implementing this project is the conduct of long-term and climatic tests to confirm the reliability of the secondary power source.

4.9 Assessment of the comparative effectiveness of the study

The definition of project effectiveness is realized on the basis of the calculation of the integral indicator of the effectiveness of scientific research. The integral indicator of the financial effectiveness of scientific research is obtained in the course of estimating the budget of costs of three (or more) versions of the scientific research (Table 4.10).

The integral indicator of resource efficiency of variants of execution of the object of research can be defined as follows:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad (4.7)$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (4.8)$$

I_m – integral indicator of resource efficiency of options;

a_i – the weight coefficient of the i -th parameter;

b_i^p, b_i^a – a ball score for the i -th parameter for the analogue and development is established expertly on the chosen scale of assessment;

n – number of comparison parameters.

The calculation of the integrated indicator of resource efficiency is presented in Table 4.10.

Table 4.10 – Comparative evaluation of the characteristics of project implementation options

Criteria	The weighting coefficient of the parameter	Body made of AMg6 alloy	Housing of alloy 29HK
Weight of structure	0,25	5	3
Thermal conductivity	0,2	5	2
The price of the material	0,1	4	3
Reliability	0,15	4	4

Table 4.10 – Schedule of the scientific project

Energy saving	0,15	3	4
Ease of operation	0,15	3	4
Total:	1		

Further, the level of resource efficiency of the project and existing analogues is estimated:

$$I_m^p = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 = 4,15 \quad (4.9)$$

$$I_m^a = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 2,98 \quad (4.10)$$

Comparison of the values of integral performance indicators makes it possible to understand and choose a more effective solution to the technical problem posed in terms of financial and resource efficiency. From the above indicators it can be noted that the technology developed in this work is more resource-efficient.