

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Экспериментальные исследования процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях

УДК: 621.791.92:004.925.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Садыков Ильдар Дазмирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Клименов В.А.	Д.Т.Н. профессор ОМ		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ШБИП ТПУ ОСГН	Жиронкин С.А.	Д.Э.Н., профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	Буюкова С.П.	Д.Т.Н., профессор		

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и/или исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и

	композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.
ПК(У)-2	Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения
ПК(У)-3	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности
ПК(У)-4	Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
ПК(У)-5	Способен выполнять перевод технической литературы на иностранном языке, связанной с профессиональной деятельностью в области материаловедения
ПК(У)-6	Способен решать задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий
ПК(У)-7	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики
ПК(У)-8	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ С.П. Буякова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ91	Садыкову Ильдару Дазмировичу

Тема работы:

Экспериментальные исследования процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.03.2021, № 62-47/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом магистерской диссертации является, электронно-лучевая установка. Режимы сплавления и наплавки на электронно-лучевой установке, позволяющие получить высокое качество наплавляемой поверхности.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Изучить литературу по темам: аддитивные технологии, 3Д-печать, математическое моделирование сварочных процессов, написание G-кода.</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жиронкин С.А., д.э.н., профессор ОСГН ШБИП ТПУ
Социальная ответственность	Скачкова Л.А., ст. преподаватель ТПУ
Разделы, выполненные на иностранном языке	Евсеева А.М., ст. преподаватель ТПУ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Клименов В.А.	д.т.н. профессор ОМ		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Садыков Ильдар Дазмирович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ91	Садыкову Ильдару Дазмировичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	22.04.01 Материаловедение и технология материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материалов и оборудования; Квалификация исполнителей; Трудоемкость работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы амортизации; Размер минимальной оплаты труда.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные фонды.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение плана-графика выполнения диссертации, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения
Перечень графического материала	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Бюджет научного исследования 4. Расчет заработной платы 5. График проведения и бюджет НИ 6. Оценка экономической эффективности проекта 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику
--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП ТПУ	Жиронкин Сергей Александрович	д.э.н.		03.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Садыков Ильдар Дазмирович		03.03.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ91	Садыков Ильдар Дазмирович

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Экспериментальные исследования процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является электронная-лучевая установка. Основные области применения: медицина, авиастроение и машиностроение.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. 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 санитарных нормах СанПиН 2.2.4-548-96 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия для работы; – ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация; – СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95; – СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение; – ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению вредного воздействия</p>	<p>При проведении исследования возможны проявления следующих факторов: – Шумовой фактор; – Микроклимат; – Освещенность рабочей зоны; – Электробезопасность; – Пожар взрывоопасность.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Факторы рабочего места, влияющие на окружающую среду: – Утилизация люминесцентных ламп; – Переработка бытового мусора.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>– При проведении исследований, в лаборатории может возникнуть короткое замыкание токоведущих частей 3D-принтера, также перегрузки электросети, больших переходных сопротивлений. – При проведении исследований существует вероятность появления пожара.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	21.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Скачкова Л.А.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Садыков Ильдар Дазмирович		

РЕФЕРАТ

Работа включает в себя 107 страниц, 15 таблиц, 17 рисунков, 4 главы, приложение А (на английском языке), 30 литературных источников.

Ключевые слова: Аддитивные технологии, 3Д-печать, математическое моделирование, электронно-лучевая сварка, G-код.

Объектом исследования является электронно-лучевая установка. Режимы сплавления и наплавки на электронно-лучевой установке, позволяющие получить высокое качество наплавляемой поверхности.

Цель работы – получение качественного изделия, изготовленное с помощью метода электронно-лучевой наплавки (ЭЛН), нержавеющей проволокой марки 40х13, диаметром 1,2 мм. Используя такие инструменты как математическое моделирование и специализированный под данную установку G-код.

В ходе исследования рассматривались такие вопросы как:

3-Д печать разными материалами (металлические порошки, пластик, наплавка металлической проволокой);

Основы математического моделирования;

Основы программирования (G-код).

Обозначения, сокращения, нормативные ссылки

FDM – Моделирование методом послойного наплавления;

SLS – Выборочное лазерное спекание;

EBM – Электронно-лучевая плавка;

DMLS – Прямое лазерное спекание металлов;

НИР – Научно-исследовательская работа;

SLM – Выборочная лазерная плавка;

ЭВМ – Электронно-вычислительная машина;

САПР – Система автоматизированного проектирования;

ЧПУ – Числовое программное управление;

МО – Месячный оклад;

ЕСН – Единый социальный налог;

БЖД – Безопасность жизнедеятельности.

Оглавление

Введение.....	14
Глава 1. Обзор и анализ литературы	15
1.1 История создания и хронология развития 3Д принтеров	15
1.2 Материалы, применяемые в 3Д печати.....	18
1.3 Порошки для 3Д печати.....	19
1.4 Порошковая электронно-лучевая наплавка.....	20
1.5 Металлы	22
1.6 Проволочная электронно-лучевая наплавка.....	24
1.7 Технология печати	27
1.8 Область применения	30
1.9 Принцип работы электронно-лучевой установки.....	31
1.9.1 Электронно-лучевые технологии и электронные источники с плазменным эмиттером.....	33
1.9.2 Общее описание, принцип работы источника электронов с плазменным эмиттером.....	34
Глава 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
3.1 Оценка конкурентоспособности технических решений	37
3.2 SWOT-анализ.....	37
3.3 Организация и планирование комплекса работ	40
3.4 Продолжительность этапов работ	41
3.5 Бюджет научного исследования	46
3.6 Расчет затрат на материалы.....	46
3.7 Расчет заработной платы	47
3.8 Расчет затрат на социальный налог.....	48
3.9 Расчет затрат на электроэнергию	49
3.10 Расчет амортизационных расходов	50
3.11 Расчет прочих расходов.....	51
3.12 Расчет общей себестоимости разработки	51

3.13 Расчет прибыли	52
3.14 Расчет НДС	52
3.15 Цена разработки НИР	52
3.16 Оценка экономической эффективности проекта	52
Глава 4. Социальная ответственность.....	53
4.1 Введение.....	53
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	54
4.2.1 Мероприятия при организации рабочей зоны	55
4.3 Производственная безопасность.....	56
4.3.1 Анализ вредных и опасных факторов	56
4.3.2 Обоснование мероприятий по снижению вредного воздействия	58
4.3.3 Шумовой фактор	59
4.3.4 Микроклимат	60
4.3.5 Освещенность рабочей зоны.....	62
4.4 Электробезопасность	66
4.5 Пожар, взрывоопасность	67
4.6 Экологическая безопасность.....	69
4.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	71
4.7.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	71
4.7.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	71
4.7.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	71
Заключение	74
Список публикаций студента.....	76

Введение

Использование новых аддитивных технологий – возможно один из главных трендов последних нескольких лет в какой-либо сфере различных производств. Несомненно, каждое предприятие во всем мире, стремится изготавливать более дешевую, надежную и качественную продукцию, используя при этом самые совершенные материалы и методы [1].

Применение аддитивных технологий – пожалуй один из самых востребованных примеров того, как совершенные доработки и приспособления могут во многом ощутимо модернизировать традиционное производство во всем мире.

Технологический возможности придает производству, большое количество полезных частей для хорошего быта, здоровья и безопасности людей, примером тому является аддитивное производство в машиностроении, помогают модернизировать достаточно высокоэкономичный и легкий по весу транспорт, при том его свойства аэродинамики остаются прежними, что не маловажно.

Особое внимание уделяется таким перспективным методам, аддитивного изготовления трехмерных металлических компонентов, как электронно-лучевая наплавка [1].

В данной магистерской работе в качестве исследуемого объекта будет использована установка электронно-лучевого сплавления.

Целью данной работы является, Экспериментальное исследование процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях.

Глава 1. Обзор и анализ литературы

1.1 История создания и хронология развития 3D принтеров

Первые задокументированные данные трехмерной печати прослеживаются в начале 1980-х годов в Японии. В 1981 году Хидео Кодама пытался найти способ разработать быструю систему создания прототипов. Он предложил послойный подход для изготовления, используя светочувствительную смолу, полимерного ультрафиолетовым светом.

Хотя Кодама не смог подать требование о патент на эту технологию, ему зачастую приписывают заслуги первого изобретателя этой производственной системы, которая является ранней версией современной машины SLA.

Несколько лет по всему миру трое французских исследователей также стремились создать машину для быстрого создания прототипов. Вместо смолы они стремились создать систему, которая утверждала жидкие мономеры в твердых веществах с помощью лазера [2].

Как и Кодама, они не смогли подать патент на эту технологию, но им все еще приписывают разработку системы. В том же году Чарльз Халл подал первый патент на Стереолитография (SLA). Американский строитель мебели, который был разочарован тем, что не мог легко создавать мелкие детали на заказ, Халл разработал систему для создания 3D-моделей путем затвердевания светочувствительной смолы слой за слоем. В 1986 году он подал заявку на патент на эту технологию, а в 1988 году основал корпорацию 3D Systems.

Первый коммерческий 3D-принтер SLA, SLA-1, был выпущен его компанией в 1988 году. Но SLA был не единственным процессом производства добавок, который исследовался в это время.

В 1988 году Карл Декард из Техасского университета подал патент на технологию селективного лазерного спекания (SLS). Эта система плавил порошки вместо жидкости с помощью лазера. Моделирование плавленого осаждения (FDM) также было запатентовано примерно в то же время Скоттом Крамп. FDM, которую также называют изготовлением плавленных нитей, отличается от SLS и SLA тем, что вместо света нить непосредственно

выдавливается из нагретой насадки. Технология FFF стала самой распространенной формой трехмерной печати, которую мы наблюдаем сегодня.

Эти три технологии - не единственные типы методов 3D-печати, которые существуют. Но они являются основой, которая служит фундаментальными элементами, закладывают основу для развития технологий и эволюции отрасли.

В 90-х годах многие компании и стартапов начали появляться и экспериментировать с различными технологиями производства добавок. В 2006 году был выпущен первый коммерчески доступный принтер SLS, который изменил игру с точки зрения создания производственных деталей на заказ [2].

В настоящее время инструменты САПР также стали более доступными, что позволило людям разрабатывать 3D-модели на своих компьютерах. Это один из важнейших инструментов на ранних этапах создания 3D-печати.

В это время машины сильно отличались от тех, которыми мы пользуемся сейчас. Они были сложными в использовании, дорогими, и требовали дальнейшей обработки деталей. Но инновации продвигались ежедневно, совершенствовались и изобретались новые методы и практики.

В конце концов, в 2005 году, Open Source, предоставил людям больше доступа к технологии 3D печати. Доктор Адриан Боуер создал проект RepRap, который был отправной точкой с открытым начальным кодом по модернизации 3D-принтера, который мог бы создать еще один 3D-принтер, вместе с другими 3D-печатными объектами.

В 2008 году была напечатана первая протезная нога, продвинуло 3D-печать в центр внимания и представило этот срок миллионам людей по всему миру. Затем, в 2009 году, патенты FDM, представленные в 80-х годах, попали в общественное достояние, изменив историю трехмерной печати и открыв двери для инноваций. Поскольку технология стала теперь доступной для новых компаний и конкуренции, цены на 3D-принтеры начали снижаться, а 3D-принтер становился все более доступным [3].

В 2010-х годах цены на 3D-принтеры начали снижаться, делая их доступными для широкой общественности. Вместе со снижением цен росла также качество и удобство печати.

Материалы, которые использовали принтеры, также эволюционировали.

Сейчас есть различные пластмассы и нити, которые широко доступны. Такие материалы, как углеродное и стекловолокно, можно печатать в формате 3D. Некоторые создатели даже экспериментируют с печатными материалами, такими как шоколад или макароны.

В 2019 году было достроено крупнейшее в мире функциональное 3D-печатное здание. Сейчас 3D-принтер постоянно используется при разработке слуховых аппаратов и других приложений в области здравоохранения, и многие отрасли и сектора внедрили эту технологию в свой повседневный рабочий процесс.

Можно с уверенностью сказать, что история трехмерной печати все еще пишется. Ежедневно создаются новые инновации и идеи.

Область вопросов, которые нужно изучить с применением новейших процессов 3D-печати, с каждым днем набирает огромные обороты. Благодаря этому, изготовленные изделия стало получать гораздо лучше и успешнее, более на высоком уровне выпускаемого качества [4].

Первостепенно, новые технологии дают потенциал для таких профессий как инженер-конструктор, разных областей производств. С помощью нового оборудованию, можно в кратчайшие сроки решать возникшие проблемы при создании нужных изделий, а также для производство готового продукта.

3D-моделирование дает возможность делать аналоги для тестирования еще за долго до начала серийного производства, и устраивать качественную проверку испытанием разных свойств, чтобы вовремя устранить дефекты. 3D-печать охватывает возможности для создания комплектующих, приборов и компонентов разных установок. Новое оборудование дает возможность производить новые вещи с различными свойствами и гарантировать качественную работу проектируемых деталей. 3D-принтер дает большие

возможности по созданию желаемой и эффективной детали, и существенно ускоряет производительность. 3D-принтеры позволяют делать достаточно быстро и качественные изделия нужных форм.

На сегодняшний день можно уверенно изготавливать высоко точные изделия, а также изделия для литья. С 3D-принтером можно изготавливать изделия, которые уже готовы к эксплуатации, компоненты разных механизмов, детали и запчасти для ремонта, комплектующих двигателей и многое другое [4].

1.2 Материалы, применяемые в 3D печати

Для каждой технологии 3D-печати необходимый материал, который соответствует определенным условиям печати, иначе принтер просто не сможет достаточно работать в должном режиме. В качестве используемого сырья могут выступать различные компоненты природы, и разных консистенций.

- Порошок - может быть хорошо переработанный в смесь материал (титан, сталь, алюминий и т.п.), дерево, песок, керамика – все это зависит от применения дальнейшего изделия и вида работы самого 3D-принтера;

- Гипс - это совершенно другая структура порошкового сырья, включающий в себя, естественно, гипс, также переработанный кирпич, шпаклевку и другие материалы подобного плана и типа. Предназначен исключительно для производственного оборудования, взаимодействующего с использованием связующего вещества для исходного материала. Гипсовую смесь применяют преимущественно для возведения небольших скульптурных интерьеров и украшений.

- Воск - используется исключительно в ювелирном производстве;

- Металлическая проволока - недорогой аналог порошковых металлов. Может-быть как оловянная, так и никелевая, алюминиевая, титановая и т.д [5].

Материалы, применяемые для 3D-печати, достаточно разные, как продукты питания. Таким образом, 3D- печать является хорошо гибким процессом, чтобы дать производителям задавать форму, текстуру и прочность изделия. Лучше всего, этих моментов можно добиться гораздо легче, для

простых моментов изготовления. Более того, изготавливаемые изделия могут быть выполнены с разными свойствами материалов для 3D-печати.

Для того, чтобы 3D-принтер был готов к использованию, сначала на него следует подать подробное изображение соответствующего дизайна. Детали представлены простой программой треугольников (STL), она с легкостью передает все нюансы и параметры выполненной детали и дает возможность компьютеризированным 3D-принтерам видеть дизайн со всех сторон.

В основе дизайна STL является эквивалентом нескольких плоских дизайнов в одном компьютеризированном файле [5].

1.3 Порошки для 3D печати

Сегодня новые 3D-принтеры применяют для изготовления изделий порошкообразных материалов. В середине принтера порошок спекается и распределяется слоями, пока не будет достигнута желаемая толщина, текстура и изображения [6]. Порошки, могут производиться из разных материалов, но самыми распространенными являются:

- Алюмид: Алюмидный порошкообразный материал, состоящий из частей полиамида и серого алюминия, возводит разные качественные модели с 3D-принтом.

Имеет зернистый и песчаный внешний вид, смесь надежная в применении для промышленных деталей и аналогов.



Рисунок 1.1 – Алюмид

В форме порошкообразного материала, такие как сталь, медь и другие виды металла, проще транспортировать и формировать в нужные формы,

металлическую порошкообразную смесь нужно нагреть до высокой степени, чтобы его можно было применять слоями, для формирования начатой формы [6].

1.4 Порошковая электронно-лучевая наплавка

В начале технологии прибегают к использованию электронных пучков высокой мощности для плавки металлического порошка в подготовленной вакуумной камере с образованием следующих постепенных слоев, повторяющих контуры последующей цифровой изображения.

Устройство анализирует данные с файла, содержащего 3D-модель. После чего на разогретую подложку равномерно высыпают или наносят часть порошкообразной смеси, который ровно выравнивается с использованием специального валика или ножа. Следуя координатам, полученным с компьютерного изображения, с применением электронно-лучевой пушки начинают постепенно зондировать электронами поверхность порошка, нарисовав контуры слоев модели. При этом выделяется достаточное количество тепла, позволяющее плавить порошок в местах соприкосновения. При этом часть металлического порошка остается незатронутой. Основание опускается и процесс возобновляется. На рисунке 1.2 схематично изображена установка электроннолучевой наплавки с порошковой технологией изготовления деталей [7].

Электронно-лучевая плавка производится только в вакуумных рабочих камерах при достаточно высоких температурах, набирающих около 500°C, что позволяет изготавливать детали, не содержащие остаточное, механическое напряжение, вызванным градиентом температур между холодными и еще горячими слоями, а также позволяет работать с материалами, чувствительными к окислению, такими как чистый титан. Кроме того, готовая плавка использованного порошка позволяет изготавливать сплошные детали поэтому высокая прочность и что не мало важно, отсутствует необходимость обжига. Существует еще одна особенность таких устройств, таких как возможность

одновременного «облучения» сразу нескольких участков подвергающихся облучению, тем самым повышая процесс изготовления [4].

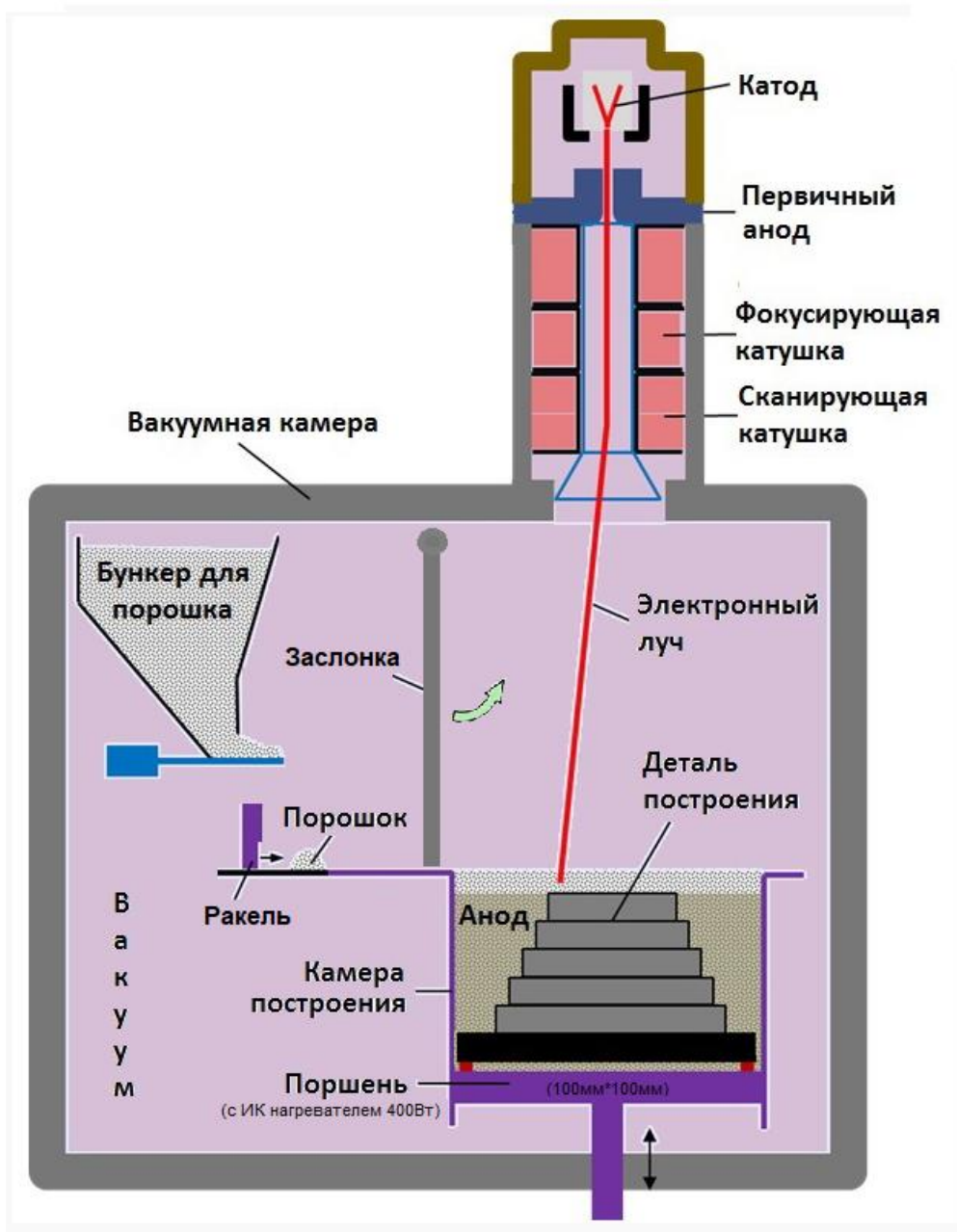


Рисунок 1.2 – Установка электронно-лучевой наплавки с порошковой технологией изготовления деталей.

Расходным материалом чаще используется металлические порошки, как известно это титановые сплавы, мелкой до консистенции смеси с помощью шаровых мельниц. Редко применяются другие металлы для получения различных требуемых свойств.

Расходные материалы в основном имеют состояние качественного металлического порошка без связующих концентратов, и выполненные изделия не имеют пористость. За счет этого, не требуется обжигание напечатанного изделия для достижения нужной механической прочности [7].

Самыми главными недостатком применения данной технологии является неразвитая структура изготовления (этот процесс находится на экспериментальном уровне) и продвижения российских порошков на экономическом рынке. Порошки приходится закупать на зарубежном рынке по очень высокой цене.

1.5 Металлы

Вторым по популярности в производстве материалов в мире 3D-печати является всеми известный металл, который применяется с помощью такого процесса, как прямое лазерное спекание или другими словами DMLS. Эту технологию раньше брали вооружение производители оборудования для логистики, которые чаще всего применяли металлический 3D-принтер для достижения простоты конструкции составных частей.

Принтеры DMLS даже не оставили равнодушных производителей ювелирных украшений, которые можно создавать значительно быстрее и в больших количествах без длительных часов кропотливой детальной работы благодаря 3D-принтеру. Металл может создать прочный и, возможно, разнообразный выбор повседневных предметов. Ювелиры применяли сталь и медь для изделия гравированных украшений на 3D-принтерах.

Одним из самых положительных плюсов процесса является то, что гравировкой занимается непосредственно сам принтер. Тем самым, браслеты и кольца можно обработать с помощью нагрузочного ящика всего за несколько механически запрограммированных шагов, которые не требуют практического вмешательства в работу, которую когда-то требовал гравировальный работ.

Технология 3D-печати на металлической основе также является огромной возможностью для производителей транспорта, в конечном итоге использовать

DMLS для производства автомобилей, было исключено. При помощи современного сборочного оборудования это стало намного проще и быстрее. Сторонники этих разработок уверены, что 3D-печать позволит производителям различного транспорта, будь это наземным или воздушным транспортом, изготавливать металлические детали с прочностью, превосходящей обычные детали, которые включают в себя такие свойства как рафинированные материалы.

Между тем использование аэрокосмической промышленности использует трехмерные детали. Наиболее амбициозным толчком в своем роде GE Aviation планирует до 2021 года печатать форсунки двигателя ежегодно 35 000 единиц.

Спектр металлов, применяемых к технологии DMLS, так же высок, как и различные виды пластиковых 3D-принтеров: Нержавеющая сталь, хорошо подходит для печати таких предметов как посуда, и других примеров быта, которые в конечном итоге могут контактировать непосредственно с жидкими веществами [6].

- Бронза: Может применяться для изготовления фигур и других приспособлений.

- Золото: Отлично подходит для украшений, и аксессуаров.

- Никель: Подходит для печати денежных средств (монет).

- Алюминий: Находит применение для тоненьких металлических предметов.

- Титан: Хороший выбор для достаточно крепких, и твердых приспособлений.

В печатном производстве металл нашел применение в виде смеси. Металлический порошок выжигается для достижения своей твердости. Тем самым позволяет принтерам обходиться без литья, и непосредственно использовать металлический порошок для формирования металлической продукции. После конечного этапа печати детали можно шлифовать и пускать в производство.

Металлический порошок чаще всего применяется для печати металлических деталей, и из него также делают готовую товарную продукцию, такую как ювелирные изделия и украшения. Порошкообразный металл так же широко применяли для изготовления медицинских предметов. В 3D-печати применяется металлическая пыль, процесс которой позволяет минимизировать количество деталей в готовом изделии. Как пример, 3D-принтеры выпускают ракетные форсунки, которые имеют всего пару частей, тогда как похожее устройство, сваренное простым способом, чаще всего состоит из большого количества отдельных запчастей [6].

1.6 Проволочная электронно-лучевая наплавка

Технология заключается в послойном нанесении металла в виде проволоки или прутка, расплавляемого с использованием электронно-лучевых пушек, до получения точных деталей, максимально приближенных по функциям к конечным деталям. Конкурентными преимуществами технологии являются большая скорость формирования деталей до 12 кг/ч, нереальная для других технологий аддитивного производства металлических деталей. Технология дает возможность получать крупногабаритные (до 5000 мм) металлические изделия, в том числе и из тугоплавких и жаропрочных сплавов, с большой плотностью и однородностью [7].

Большая повторяемость результатов технологии электронно-лучевой наплавки в процессе с гибкостью управления технологическим процессом позволяет формировать детали с нужной структурой и заданными параметрами.

Электронный луч делает на поверхности изделия лужу расплавленного металла. Наплавляемое изделие передвигается относительно неподвижной электронной пушки и проволочного дозатора, или электронная пушка с дозатором передвигается относительно неподвижной детали. На рисунке 1.3 изображен принцип электронно-лучевой наплавки проволочной аддитивной технологии.

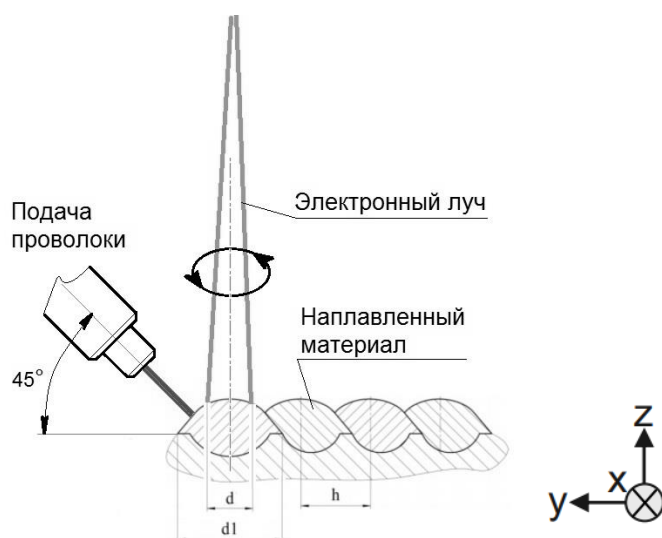


Рисунок 1.3 – Принцип электронно-лучевой наплавки проволоочной аддитивной технологии

Техника многопроходной электронно-лучевой наплавки основана на явлении «вмораживания» проволоки в жидкометаллическую ванну расплава. При последующим повторном проходе «вмораживается» свежая часть металла и расплавляется предыдущая. Проволока, подаваемая в жидкометаллическую ванну расплава, делает процесс быстрее ее кристаллизации, тем самым помогая при этом формированию мелкозернистой структуры и убыванию остаточных напряжений в наплавленном изделии. Нужная толщина наплавленного слоя выполняется путем изменения скорости подачи проволоки или увеличения числа проходов. Высокая скорость кристаллизации помогает созданию однородной мелкодисперсной структуры наплавленного слоя [8].

Большое количество имеющихся в нашем мире аддитивных производств, основано на производстве металлической продукции, для применения которого в качестве исходного сырья для формирования деталей порошковой системы. При этом сильно сужается круг конструкционных материалов, из которых возможно получение нужных изделий высокого качества. В случае формирования изделий из большого количества алюминиевых деталей, а также сплавов активных материалов, например, таких как титановые и магниевые сплавы, приводит к большой пористости материала, полученного изделия с ощутимым снижением его механических свойств. Производительность

формирования деталей из порошковых материалов в существующих аддитивных технологиях, является очень низкой, что минимизирует перспективы применения данной технологий для изготовления крупногабаритных деталей. А также после исследования рынка потребления металлических материалов для аддитивного производства, было выявлено, что 1 кг порошка, к примеру, титанового сплава стоит в среднем 200-250 долларов, так как стандартный маток проволоки той же марки (который весит 5 кг) стоит в разы дешевле, что составляет порядка 50-100 долларов за маток проволоки.

Известны примеры таких установок, в которых производство изделий происходит в вакууме с применением электронного луча, как оказывается достаточно производительным решением, применяемым к большому циклу перспективных материалов, в том числе, титану и другим химически активным металлам, и их сплавам [8].

Исследовательские работы в сфере аддитивных технологий, в том числе с использованием проволочных материалов, интенсивно проводятся в фирмах: 3D Systems Corporation (U. S.), 3T RPD (U. K.), Arcam AB (Sweden), Biomedical Modeling, Inc. (U. S.), Envisiontec GmbH (Germany), EOS GmbH Electro Optical Systems (Germany), Fcubic AB (Sweden), GPI Prototype and Manufacturing Services, Inc. (U. S.), Greatbatch, Inc. (U. S.), LayerWise NV (Belgium), Limacorporate SPA (Italy), Materialise NV (Belgium), Medical Modeling, Inc. (U. S.) Norsk Titanium (U. S.), Sciaky (U.S.) [9].

В целом, механизм действия, как при порошковой технологии, так и при проволочной практически схож, за исключением небольшого различия в технологических параметрах процесса. Использование вакуумной камеры в обеих технологиях позволяет работать с химически активными материалами и их сплавами, а так же является защитным барьером от вредного рентгеновского излучения. Но ввиду всего вышеизложенного можно сделать небольшой вывод, что проволочная аддитивная технология гораздо выигрывает с точки доступности исходного материала для изготовления конечного продукта (детали).

1.7 Технология печати

Способы послойного возведения больших изделий зависят от технологических особенностей оборудования и сырья. Совершенствование новых структур печати ведется с большим усилием, в связи с этим, каждый год их становится в разы больше, а наиболее часто используются следующие:

- Лазерное спекание (способы SLS и DMLS) - простая или металлическая порошковая структура расплавляется и спекается под действием лазерного луча;
- Электронно-лучевое сплавление (EBF) - металлическая проволока (20 видов металлов, в том числе и никель, титан, вольфрам и т.п.) сплавляется под действием электронного излучения [10].

Принцип работы SLM и DMLS выборочное лазерное сплавления (SLM) и прямое лазерное спекание металлов (DMLS) являются двумя важными процессами аддитивного производства, которые относятся к семейства трехмерной печати порошковым слоем. Эти две технологии имеют много общих моментов: обе используют лазер для спекания или выборочного плавления частиц металлического порошка, связывая их вместе и создавая слои изделия, друг за другом.

Различия между SLM и DMLS сводятся к основам процесса склеивания частиц (а также к патентам): в SLM лазер расплавляет металлический порошок, а в DMLS частицы порошка нагреваются меньше и спекается между собой, переходя в жидкую фазу.

Важное отличие DMLS от традиционных технологий производства металлических деталей в том, что DMLS-принтер создает объекты без остаточных внутренних напряжений, которые могут снижать качество металлических компонентов, изготовленных литьем и штамповкой. Это необходимо для деталей, производимых для автомобильной и аэрокосмической отрасли, так как они должны выдерживать высокие нагрузки [10].

В SLM лазер расплавляет каждый слой металлического порошка, и перепады температур могут приводить к возникновению внутренних

напряжений в детали, потенциально может сказаться на ее качестве, хотя и в меньшей степени чем, например, при литье. В этом вопросе преимущество SLM перед традиционными технологиями меньше, чем преимущество DMLS. С другой стороны, испеченные по технологии DMLS детали уступают в монолитности и запасе прочности изделиям напечатанным методом SLM.

Технологии очень однотипны по степени смещения, как по принципу действия, так и по используемым техническим решениям, поэтому некоторые 3D-принтеры способны печатать с обеих методик [11].

Обе технологии, SLM и DMLS, используются в промышленности для создания деталей для различных отраслей машиностроения.

Расходные материалы для SLM и DMLS могут производить изделия из обширного количества металлов и металлических сплавов, включая тот же самый алюминий, нержавеющей сталь, титан, кобальтовый хром. Эти материалы охватывают потребности большинства промышленных применений, от аэрокосмической до медицинской. Дорогие металлы, такие как золото, платина, палладий и серебро также могут быть использованы, но их применение ограничено, в основном, изготовлением ювелирных украшений.

Стоимость металлического порошка достаточно большая. Например, один килограмм порошкообразной смеси, из нержавеющей стали 316L стоит около 400 – 500 долларов. По этой причине минимизация объема деталей и области поддержки является ключом к тому, чтобы существенно снизить затраты. Главным преимуществом 3D-печати проволокой является ее способность печатать высокопрочными материалами, такими как никелевые сплавы которая достаточно трудно обрабатывается традиционными методами производства.

В таблице 1.1 приведены основные особенности материалов для 3D-печати металлом.

Таблица 1.1 Особенности различных материалов для 3D-печати металлом.

Алюминиевые сплавы	<ul style="list-style-type: none"> – Высокие механические и термические свойства; – Низкая плотность; – Электропроводность; – Плохая твердость.
Нержавеющая сталь	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая износостойкость; – Большая твердость; – Хорошая пластичность и свариваемость.
Титановые сплавы	<ul style="list-style-type: none"> – Коррозионная стойкость; – Отличное соотношение прочности и веса; – Низкое тепловое расширение биосовместимость.
Супер сплавы из кобальта-хрома	<ul style="list-style-type: none"> – Отличная устойчивость к износу и коррозии; – Хорошие свойства при высоких температурах; – Большая твердость; – Биосовместимость.
Никелевые сплавы	<ul style="list-style-type: none"> – Качественные механические свойства; – Большая стойкость к коррозии; – Термостойкость до 1200 ° С; – Применяется в экстремальных условиях.

Различные методы дальнейшей обработки применяется для укрепления механических свойств, точности и внешнего вида 3D-печатных изделий.

Обязательные шаги дальнейшей обработки включают устранение остатков порошка в области печати, в то время как термообработка (термический отжиг) чаще всего применяется для минимизации остаточных напряжений, и для улучшения механических свойств изделия. Обработка на станках с ЧПУ может быть использована для получения сложных геометрических форм и конфигураций, (например, отверстий или резьбы) [11]. Обработка давлением, металлизация, полировка и микро-обработка могут улучшить качество поверхности и усталостную прочность металлического 3D-печатного изделия.

1.8 Область применения

Еще в далекие прошлые оборудования для трехмерной печати было очень дорогим удовольствием, их могли позволить себе только крупные компании и исследовательские лаборатории, нежели в сегодняшнее время. Производством данного оборудования и связующих для его самостоятельной сборки занимаются уже более 400 фирм по всему земному шару [12].

Конструкция и технические характеристики принтеров принципиально отличаются в зависимости от их назначения. Все изготавливаемые модели условно можно разделить на 4 категории:

- Домашние – низкопродуктивные достаточно простые в управлении аппараты, которые можно соорудить самостоятельно из связующих деталей. Позволяют воссоздавать простые изделия. Подходят для умельцев, которым интересно разобраться с новой технологией и печатать небольшие детали;

- Персональные – несмотря на сходство с бытовыми принтерами, отличаются достаточно более высокими рабочими показателями, скоростью и качеством печати. Применяться могут как дома, так и в небольших офисах помещениях. Ориентированные на небольшой бизнес, рекламные агентства, студии дизайна, инженерное прототипирование в малых объемах;

- Профессиональные – крупногабаритное производительное оборудование с огромным функционалом настроек, опций и высокой точностью печати. Работа на 3D- принтере такого уровня требует знаний и высоко

квалификационных знаний. Предназначены для строительных, архитектурных фирм, среднего и крупного бизнеса.

– Производственные – автоматизированные печатные офисы с большим багажом технических характеристик и огромной рабочей площадью. Могут работать сразу в нескольких положениях и с разными видами сырья. Имеются на больших промышленных предприятиях по изготовлению высокоточных изделий любых форм и габаритов [12].

1.9 Принцип работы электронно-лучевой установки

Принцип работы установки заключается в послойном изготовлении изделий методом **электронно-лучевого сплавления** из порошковых материалов и проволок.

Конкурентным преимуществом является изготовление изделий со сложной геометрией (сетчатые структуры, структуры с внутренними каналами, бионический дизайн и пр.), изготовление сложных изделий за единый цикл без сварных или механических соединений. Томский политехнический университет разработал собственное программное обеспечение к установке, которое позволяет управлять всеми параметрами печати в реальном времени. Возможность быстрой смены манипуляторов для печати порошками, проволоками и сварки [13].

Область применения заключается в изготовлении металлических изделий сложной формы, автоматизированной электронно-лучевой сваркой.

Основные технические характеристики.

Характеристики электронной пушки (с плазменным катодом)

- ускоряющее напряжение 40 кВ;
- диапазон изменения тока сварки(плавки) 0-200 мА;

Основные параметры:

- минимальная высота печати одного слоя 50 мкм;
- максимальная высота печати одного слоя 300 мкм;

- погрешность построения детали 100-200 мкм (в зависимости от материала);
- область построения $\varnothing 100 \times 100$ мм;
- максимальная скорость сканирования 800 м/с;
- минимальный диаметр электронного луча 150 мкм.

Используемые материалы:

- металлические порошки и проволока: меди, титана, алюминия и их сплавов, нержавеющая сталь, карбид кремния, карбид титана.

Особенности печати металлической проволокой:

- разработана технология печати проволокой титана, алюминия и его сплавов, нержавеющей стали и др.
- высокая скорость построения деталей;
- низкая стоимость материала;
- изготовление более крупных деталей.

Особенности установки:

- изготовление деталей из порошков металлов;
- изготовления деталей из металлической проволоки;
- электронно-лучевая сварка.
- изготовление изделий со сложной геометрией (сетчатые структуры, структуры с внутренними каналами, бионический дизайн и пр.);
- изготовление сложных изделий за единый цикл без сварных или механических соединений, без дополнительной обработки;
- изготовление деталей в вакууме с остаточным давлением $5 \cdot 10^{-3}$ Па.

Поэтапное описание печати.

1. Загрузка порошка. Откачка камеры до установления вакуума $5 \cdot 10^{-3}$ Па
2. Постепенный нагрев подложки до температуры 600°C (посредством нагревателя + разверткой 100×100 мм электронного луча (Развёртка луча – электронный луч с частотой 1000 Гц равномерно перемещается по заданной площади)).

3. После нагрева до 600 °С (нагреватель работает на протяжении всей печати). Отключается развертка луча. Заслонка открывается (перекрывая электронную пушку).

4. Ракеlem равномерно наносится порция порошка на подложку.

5. Через 10 сек, после нанесения порошка. Заслонка закрывается.

6. Производится печать по заданной геометрии.

7. Поршень опускается на толщину слоя.

8. Включается развертка луча 100 x 100 мм на 10 сек.

Циклы 4-8 повторяются до окончательного формирования детали.

1.9.1 Электронно-лучевые технологии и электронные источники с плазменным эмиттером

Электронные источники с плазменным эмиттером предназначены для генерации стационарных (непрерывных) и импульсных электронных пучков для применения в вакууме, газе промежуточного давления и атмосфере. Отличительной особенностью источников является использование плазмы газового разряда в качестве эмиттера электронов. Такой принцип построения источников обеспечивает ряд их новых эксплуатационных качеств в сравнении с электронным источникам с термокатодом. Так, электронные источники с плазменным эмиттером не теряют работоспособность при большом рабочем давлении в процессе эмиссии, при смешивании паров металлов, в том числе тугоплавких, и газовых выбросов из области сварки, имеют качественный ресурс, и достаточно просты в обслуживании.

Эти показатели источников позволяют изготавливают на их основе принципиально современные технологии производства материалов и покрытий. В то же время они хорошо нашли применение в традиционных электронно-лучевых технологиях, в таких как сварочные, наплавочные, плазмохимические и другие технологии [14].

Источники электронов с плазменным эмиттером вместе с источниками электропитания и системой управления составляет электронно-лучевой энергокомплекс, который входит в состав технологической установки.

Независимо от комплектности установки, электронный источник принято считать наиболее ответственным компонентом энергокомплекса и установки в целом, от параметров и надежности которого часто зависит успех технологического процесса. По этой причине дальнейшее описание будет касаться преимущественно электронных источников [14].

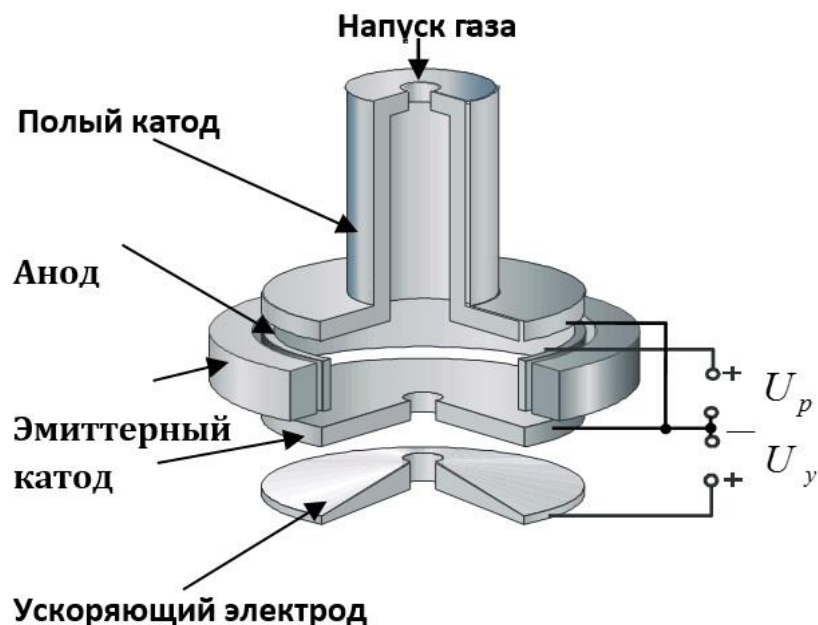


Рисунок 1.4 – Электродная схема разрядной камеры.

1.9.2 Общее описание, принцип работы источника электронов с плазменным эмиттером

Электронный источник с плазменным эмиттером имеет газоразрядное устройство, в котором генерируется плазма и имеются условия для выхода электронов в вакуум или газ низкого давления. Газовый разряд формируется в отведенной для этого специальной разрядной камере (рисунок 1.4), содержащей три «холодных» электрода: полый катод, анод и эмиттерный катод. В разрядной камере создается магнитное поле. В типичном рабочем режиме разряд существует при давлении газа в разрядной камере около $1 \div 5$ Па и напряжении $350 \div 450$ вольт. Разряд имеет неоднородное радиальное распределение концентрации плазмы с максимумом на оси [15].

В эмиттерном катоде существует эмиссионный канал, через него происходит отбор электронов. Для осуществления эмиссии электронов между

эмиттерным катодом и ускоряющим электродом прикладывается напряжение, создающее ускоряющее электрическое поле. Выходящие из плазмы электроны формируются в пучок и фокусируются магнитным полем фокусирующей системы [15].

Примеры конструкций.

Конструкция разрядной камеры, внешний вид и конструктивное изображение электронного источника представлены на рисунке 2-3 соответственно. Корпус источника стальной, обеспечивающий защиту от рентгеновского излучения. Корпус составной и включает верхнюю 4, среднюю 12, нижнюю 7 части и крышку 10. К верхней части корпуса через вакуумный уплотнитель крепится разрядная камера 5. В ограниченный корпусом и высоковольтным изолятором разрядной камеры объем заливается трансформаторное масло.

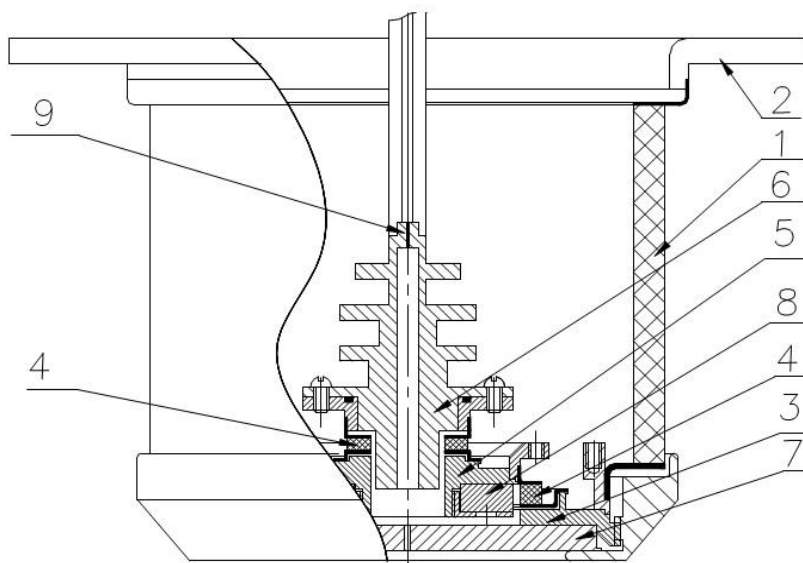


Рисунок 1.5 – Конструкция разрядной камеры

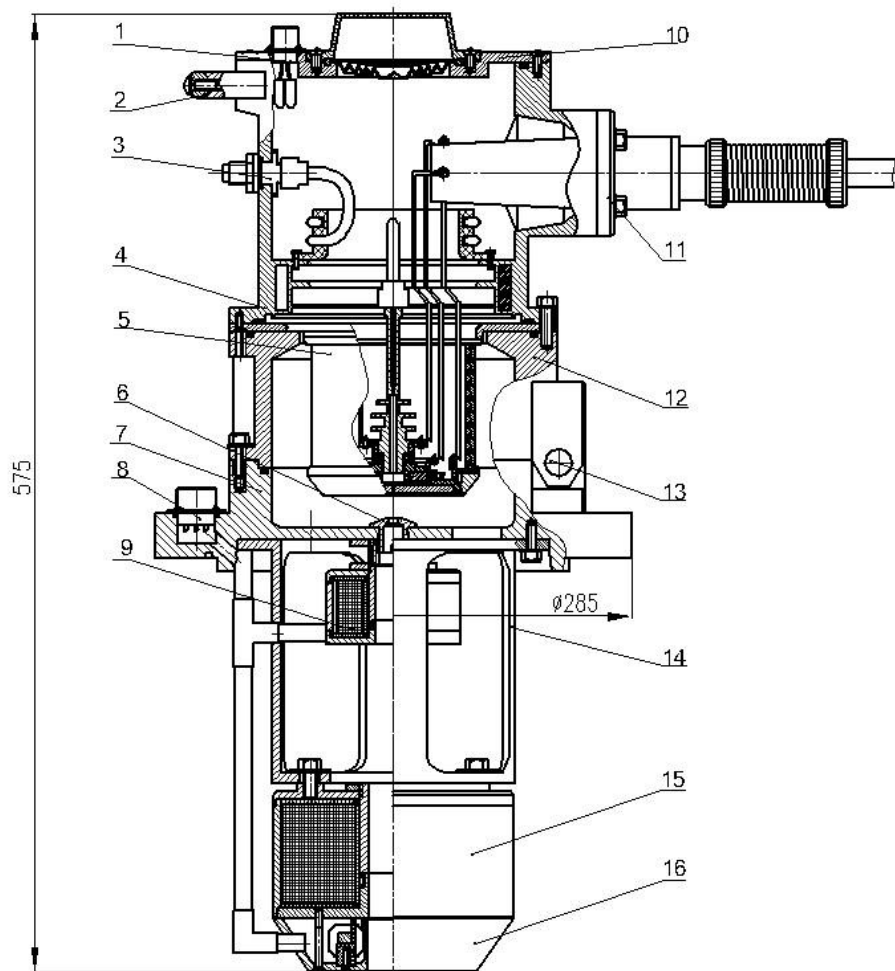


Рисунок 1.6 – Схема источника электронов с плазменным эмиттером

1 – датчики температуры; 2 – ручка; 3 – газовый ввод; 4 – верхний корпус; 5 – разрядная камера; 6 – ускоряющий электрод (экстрактор); 7 – нижний корпус (фланец источника); 8 – электрический разъем; 9 – дополнительная линза; 10 – составная крышка; 11 – кабельный ввод; 12 – средний корпус; 13 – шарнир; 14 – крепление основной линзы; 15 – основная фокусирующая линза; 16 – система отклонения и развертки пучка.

Глава 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Оценка конкурентоспособности технических решений

Одним из важнейших этапов при разработке технического проекта является расчет его технико-экономических показателей. В результате выполнения расчетов всех затрат и выявления преимуществ и недостатков разрабатываемого проекта можно выделить показатели рентабельности его внедрения в работу, социальную значимость и ряд других, имеющих существенное значение и аспектов.

Основными целями выполнения данного раздела является расчет затрат на Экспериментальное исследование процессов сплавления и наплавки при аддитивных технологиях.

3.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Матрица составляется на основе анализа рынка и конкурентных технических решений, и показывает сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы для разработки.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT представлена в таблице 3.1.

Сильные стороны исследовательской работы создадут следующие возможности: снижение числа аварий и нештатных ситуаций, увеличение надёжности системы в целом, улучшение качества наплавления. Данные возможности позволят потребителям и энергокомпаниям снизить затраты на ремонт, ущерб от остального производства и новое силовое ЭО. Повысится спрос на новую технологию наплавления проволокой ВТ6, следовательно, повысится финансовая привлекательность проекта.

Таблица 3 – SWOT-анализ

		Сильные стороны	Слабые стороны
		С1. Экологическая безопасность	СЛ1. Отсутствие бизнес-плана коммерциализации
		С2. Относительная простота метода	СЛ2. Не проработаны вопросы использования инфраструктуры поддержки
		С3. Высокая эффективность	СЛ3. Не проработаны вопросы выхода на международный рынок
		С4. Возможность использования метода без вывода оборудования из работы	СЛ4. Высокая вероятность поражения электрическим током
		С5. Использование электричества	
	Возможности	О1О2О3О4С5 – использование технологии для диагностики нового или производимого оборудования для улучшения качества выпускаемой продукции	О1СЛ4 – проработать методику определения конкретного вида повреждения ЭО.
О	1	Увеличение числа аварий, связанных с техническим состоянием ЭО в электроэнергетической отрасли Высокая эффективность наплавления при меньших подаваемых напряжениях позволит уменьшить количество затрат на оборудования.	

Продолжение таблицы 3

	О 2	Старение парка имеющегося силового ЭО и постепенная его замена на новое ЭО в энергосистемах		
	О 3	Повышение требований к синхронности работы ЭО		
Угрозы			У1У3С5 – наплавка без вывода	У1СЛ1 – заинтересованность
У 1	1	Незаинтересованность малых и средних российских бизнесов в разрабатываемой технологии	оборудования из работы потребует высокой квалификации персонала и повысит требования к технике безопасности	компании проработанной методикой диагностики ЭО
У 2	2	Отсутствие спроса на данный метод в отрасли		У2СЛ2СЛ3 – разработать бизнес-план коммерциализации и использовать инфраструктуру НИ ТПУ
У 3	3	Высокие требования к технике безопасности в отрасли		У3СЛ2СЛ4 – использовать рекламу для иностранных компаний

3.3 Организация и планирование комплекса работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в специальную таблицу.

В таблице 3.2 приведен перечень, исполнители и загрузка основных этапов работ, имеющих место при Экспериментальном исследовании процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях.

Таблица 3.2 – Комплекс работ по разработке проекта

№ работы	Перечень работ	Исполнители	Загрузка исполнителей, %
1.	Постановка целей и задач	Р	100
2.	Составление и утверждение ТЗ	И Р	10 100
3.	Подбор и изучение материалов по тематике	И	100
4.	Обсуждение литературы	И Р	100 30
5.	Разработка структурной схемы	И Р	100 70
6.	Оформление структурно-пояснительной записки	И	100
7.	Оформление графического материала	И	100
8.	Защита дипломного проекта	И	100

3.4 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и околонулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ОЖ}$ применяется формула:

$$t_{ОЖ} \cdot t_{max} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2}{5} \quad (4.3)$$

где t_{max}, t_{min} – максимальное и минимальное время работ соответственно, дн.

Для выполнения перечисленных работ потребуются следующие специалисты:

- инженер (И);
- руководитель (Р).

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ОЖ}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (4.3)$$

где $t_{ОЖ}$ – продолжительность работ в днях;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1 - 1.2$, в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (4.3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} + T_{ВД} + T_{ПД}} \quad (4.3)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ - выходные дни ($T_{ВД} = 104$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} + T_{ВД} + T_{ПД}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,454.$$

Коэффициент календарности равен 1.454.

В таблице 3.3 приведено определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах 3-5 реализован экспертный способ по формуле 1. Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учетом коэффициента $K_d = 1.2$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{ож} * K_d$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на T_k . Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{кд}$ (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта (таблица 3.4).

Таблица 3.3 – Продолжительность этапов работ и трудоемкости по исполнителям

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	Р	И	Р	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач	Р	1	4	2,2	2,16	0,00	3,14	0,00
Составление и утверждение технического задания (ТЗ)	И Р	2	5	3,2	3,84	0,38	5,58	0,56
Подбор и изучение материалов по тематике	И	12	16	13,6	0,00	16,32	0,00	23,73
Обсуждение литературы	И Р	3	8	5	1,80	6,00	2,62	8,72
Разработка структурной схемы	И Р	5	10	7	5,88	8,40	8,55	12,21
Оформление структурно-пояснительной записка	И	10	15	12	0,00	14,40	0,00	20,94
Оформление графического материала	И	6	7	6,4	0,00	7,62	0,00	11,67
Защита дипломного проекта	И	1	5	2,6	0,00	3,12	0,00	4,54
ИТОГО	И Р			52	13,68	56,30	19,89	81,87

Таблица 3.4 – Линейный график осуществления проекта

Этап	Р	И	Март			Апрель			Май		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	3,14	0,00	■								
2	5,58	0,56	■	■							
3	0,00	23,73		■	■	■					
4	2,62	8,72				■	■				
5	8,55	12,21					■	■			
6	0,00	20,94						■	■	■	
7	0,00	11,67								■	■
8	0,00	4,54									■

Р – ■

И – ■

3.5 Бюджет научного исследования

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.6 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это $5 \div 20$

% .Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах. В таблице 3.5 приведен расчет затрат на материалы.

Таблица 3.5 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Бумага формата А4	Упаковка	1	229	229
Лицензия ПО MATLAB (дляличных Целей)	Штук	1	6908	6908
Ручка	Штук	2	56	112
Картридж для принтера	Штук	1	1390	1390
Карандаш	Штук	2	35	70
Итого				8709

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 8709 * 1,05 = 9144,45$ руб.

3.7 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ можно получить на его портале (*Главная → Структура ТПУ*

→ Управление первого проректора → Планово-финансовый отдел → Регламентирующие документы). Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации,

где исполнитель проходил преддипломную практику. При отсутствии такового берется оклад инженера собственной кафедры (лаборатории).

Средне-тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{21}, \quad (4.3)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 21 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 3.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 3.2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,62$.

Таблица 3.6 – Расчет заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
Р	35127	1672,71	14	1.62	37937,06
И	9489	451,85	57	1.62	41723,83
Итого:					79660,89

3.8 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование,

составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0.3 \quad (4.3)$$

Итак, в нашем случае

$$C_{\text{соц}} = 79660,89 \cdot 0.3 = 23898,27 \text{ руб.}$$

3.9 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} \quad (4.3)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – работы оборудования, час.

Для ТПУ $\text{Ц}_{\text{э}} = 6,59 \text{ руб}/(\text{Вт}\cdot\text{ч})$.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_{\text{т}} \quad (4.3)$$

Здесь $T_{\text{рд}} = 450,4$. $K_{\text{т}} \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_{\text{с}} \quad (4.3)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{с}} \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_{\text{с}} = 1$.

В таблице 3.7 приведен расчет электроэнергии для технологических целей.

Таблица 3.7 – Расчет электроэнергии для технологических целей

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\Delta_{об}$, руб.
Персональный компьютер	450,4*0.9	0.3	801,4
3Д принтер	450,4*0.005	0.1	1.48
Итого:			802,88

3.10 Расчет амортизационных расходов

В разделе «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d} \quad (3.10)$$

где N_A – годовая сумма амортизации единицы оборудования, $N_A = 25\%$;

$C_{об}$ – стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . Для ПК в 2020 г. (247 рабочих дней при пятидневной рабочей неделе) можно принять $F_d = 247 \cdot 8 = 1976$ часа; $t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования, $n = 1$.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле 10 делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Стоимость оборудования 55000 руб.

$$C_{AM} = \frac{0,25 \cdot 55000 \cdot 450,4 \cdot 1}{1976} = 3134,11 \text{ руб.}$$

3.11 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч}} &= (C_{\text{МАТ}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{СОЦ}} + C_{\text{ЭЛ.ОБ}} + C_{\text{АМ}}) \cdot 0,1 \\ &= (9144,45 + 79660,89 + 23898,27 + 802,88 + 3134,11) \cdot 0,1 \\ &= 11664,06 \text{ руб.} \end{aligned}$$

3.12 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Экспериментального исследования процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях».

В таблице 3.8 приведен расчет общей себестоимости проекта.

Таблица 3.8 – Расчет общей стоимости проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{МАТ}}$	9144,45
Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	79660,89
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{СОЦ}}$	23898,27
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{ЭЛ.}}$	802,88
Амортизационные отчисления	$C_{\text{АМ}}$	3134,11
Прочие расходы	$C_{\text{ПРОЧ}}$	11664,06
Итого:		128304,66

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 128304,66$.

3.13 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными для применения «сложных» методов, то прибыль примем в размере 20 % от полной себестоимости проекта. В нашем проекте она составляет 25660,93 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

3.14 Расчет НДС

Так как НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыль. То в нашем случае:

$$\text{НДС} = (128304,66 + 25660,93) \cdot 0,2 = 30793,12 \text{ руб.}$$

3.15 Цена разработки НИР

Цена разработки НИР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, тогда:

$$C_{\text{нир}} = 128304,66 + 25660,93 + 30793,12 = 184758,71 \text{ руб.}$$

3.16 Оценка экономической эффективности проекта

В настоящее время все чаще возникает вопрос об эффективности работоспособности систем. На большинстве производств постоянно происходит модернизация оборудования для времени производства и, соответственно, уменьшения финансовых затрат.

Все системы автоматического управления, применяемые на производствах, состоят из различных участков-звеньев, каждое из которых, выполняет свои необходимые функции. Результатом будущего внедрения данного исследования явится улучшение функционирования звеньев системы автоматического управления. Вследствие того, что данная разработка несет чисто исследовательский характер, дать количественную оценку предполагаемого экономического эффекта невозможно.

Глава 4. Социальная ответственность

4.1 Введение

В разделе «Социальная ответственность» в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 26000 «Руководство по социальной ответственности». Рассматриваются вопросы выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению.

Социальная ответственность предполагает следование человека предписаниям и соблюдения некоего регламента. Данный раздел выпускной квалификационной работы посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при работе на 3D принтере.

С быстрым развитием научно-технического прогресса остро встает вопрос о возможности безопасного исполнения людьми своих трудовых обязанностей. В связи с этим была создана и развивается наука о безопасности труда и жизнедеятельности человека.

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) — наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека с техносферой, представляет собой область научных знаний, изучающая опасности, угрожающие человеку и разрабатывающие способы защиты от них в любых условиях обитания человека.

В данном разделе рассматриваются возможные риски безопасности труда, при научно-исследовательской работе, которая была проведена в лаборатории №208 Научного парка Томского политехнического университета (ТПУ). Работа проводилась на предмет исследования экспериментального процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях на 3D-принтере.

Длина помещения составляет 8 м, ширина 6 м, высота потолков 3.5 м. В помещении 3 окна, закрытые белым жалюзи. Стены и потолок выполнены в светлых тонах. Пол бетонный, покрытый линолеумом коричневого цвета.

В процессе подготовки исследуемых образцов выполняется настройка

оборудования, работа с ручным инструментом, ЭВМ.

На рабочем месте должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов, работающих либо устранено совсем, либо не превышают допустимые пределы. Объект исследования: электронно-лучевая установка.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно трудовому законодательству, в РФ регламентируется 8-ми часовой рабочий день. Во время рабочего дня отводится специальные промежутки времени для перерывов на отдых и питание. Продолжительность перерывов на отдых и питание составляет от 30 до 60 мин [21].

К работе с оборудованием допускаются сотрудники Томского политехнического университета, получившие допуск. Для получения допуска к самостоятельной работе работник должен ознакомиться с правилами работы на оборудовании сдать экзамен.

В соответствие с инструкцией по охране труда при работе с лабораторным комплексом в ТПУ к работе с электронным оборудованием допускаются лица (сотрудники Института, аспиранты, студенты и прикомандированные лица) не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний и прошедшие инструктаж (не реже 1 раза в год).

Эксплуатация каждого прибора должна выполняться согласно инструкции по его эксплуатации. К работе на персональном компьютере (ПК) допускаются лица, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, имеющие группу I по электробезопасности.

По данной теме рассматриваются законодательные и нормативные документы:

- 1) Инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ.
- 2) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы.
- 3) ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.
- 4) ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности.
- 5) ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения [21].

4.2.1 Мероприятия при организации рабочей зоны

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса. Рабочее место является основной подсистемой производственного процесса.

Основные требования к размерам и конструкции рабочего стула в зависимости от вида выполняемых работ установлены в ГОСТ 12.2.032—78 и ГОСТ 21889-76 [21]. Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т. д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Компоновка рабочих столов, стеллажей и другой мебели подобрана таким образом, чтобы не создавать заторов и препятствий при эвакуации людей из помещения во время возникновения чрезвычайных ситуаций.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 рабочее место должно быть по высоте таким, чтобы при выполнении исследований и проведении расчетов, и обработке данных не было необходимости сгибать корпус или приседать [22].

Рациональный режим чередования труда и отдыха снижает утомляемость и травматизм, повышает производительность труда. В работе, требующей тонкой координации движений и не столько физического, сколько нервного напряжения, желательны короткие (3...5 мин) частые перерывы. Для борьбы с монотонностью работы, которая ускоряет наступление усталости и приводит к быстрому нервному истощению, надо менять ритм работы, позу, вводить кратковременные перерывы и использовать их для упражнений производственной физкультуры [22].

4.3 Производственная безопасность

4.3.1 Анализ вредных и опасных факторов

Самостоятельно объект исследования, а именно, электронно-лучевая установка не сопутствует вредными и опасными факторами. Соответствует всем нормам СанПиНа. Не выделяет токсических веществ, излучения, постороннего запаха, в общем, не подвергает опасности жизнь человека. Наиболее вероятные факторы воздействия представлены в таблице 4.1 [23].

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Испытания	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	В санитарных нормах СанПиН 2.2.4-548-96 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия для работы.
2. Превышение уровня шума		+		
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. [59].
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

Продолжение таблицы 4.1

6. Пожар, взрывоопасность	+	+	+	Эксплуатационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования и правильное содержание помещения, удовлетворяющее требованиям СНиП 245-71.
---------------------------	---	---	---	---

При проведении работ, связанных с теоретическим исследованием, важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени инженера.

Основным документом, определяющим условия труда при работе с ПЭВМ, является СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». В правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основными опасными факторами являются опасность поражения электрическим током и возгорание. Исходя из анализа состояния помещения, рабочее место инженера, занимающегося теоретическими исследованиями, по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности [23].

4.3.2 Обоснование мероприятий по снижению вредного воздействия

При выполнении данной работы возникает вероятность воздействия таких производственных факторов как: шума, тепловыделений, недостаточной освещенности, электрический ток, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение.

Все опасные и вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические [24].

К физическим факторам можно отнести:

- Повышенная запыленность;
- Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- Повышенный уровень шума на рабочем месте;
- Опасность поражения электрическим током.

К химическим факторам относится реактив для травления образцов. При травлении образцов реактив может попасть на кожу, что может привести к ожогу, а так же пары реактива могут попасть на слизистые глаз и носоглотки (при дыхании незащищенном маской), что может вызвать местные покраснения и раздражение. Травление проводилось раствором на специально оборудованном рабочем месте, после чего образцы промывались дистиллированной водой и протирались этиловым спиртом.

К психофизическим факторам можно отнести шумовое воздействие, монотонность работы, умственное перенапряжение и т.п. При подготовке шлифов рабочий выполняет монотонную работу, связанную с однообразным набором последовательных действий, которые могут вызвать возникновение переутомляемости [24].

4.3.3 Шумовой фактор

Шум — это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху. Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха. Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и скорости дыхания, общей двигательной активности, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Рабочий человек в условиях

продолжительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение концентрации внимания, повышенную утомляемость. Уровень шума в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, не должен превышать 50-60 дБа [26].

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте для высококвалифицированных работ, измерительных и аналитических работ в лабораториях следует принимать, исходя из таблицы 4.2.

Таблица 4.2 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте.

Среднегеометрические частоты, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Нормативные значения, Дб	93	79	70	68	58	55	52	52	49
Уровень звука и эквивалентный уровень звука (дБА)	60								

Уменьшение шума от электрических машин достигается их своевременной смазкой, регулировкой и ремонтом. Коллективным способом защиты от шума может являться установка звукоизолирующих устройств. Персонал следует снабжать специальными наушниками, шлемами, заглушками, менять режим труда и отдыха.

Для работы с оборудованием в рассматриваемой аудитории предусмотрены специальные наушники.

4.3.4 Микроклимат

Микроклимат это комплекс метеорологических условий в помещении: температура, относительная влажность, воздухообмен, скорость движения воздуха, содержание в воздухе твердых частиц (пыли), наличие запахов и др.

Параметры микроклимата могут меняться в широких пределах, в то

время как необходимым условием жизнедеятельности человека является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Принцип нормирования микроклимата – создания оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой. 3D-принтер является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлен 3D-принтер, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СанПиН 2.2.4-548-96 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения.

Оптимальными для микроклимата жилых и общественных помещений в тёплое время года считаются: температура воздуха 22-25° С, относительная влажность 40-60 %, скорость движения воздуха не более 0,25 м/с; в холодное время года эти показатели составляют соответственно 20-22° С, 30-45 % и 0,1-0,15 м/с.

Основными источниками шума при выполнении исследовательской работы в помещении являются принтер, персональные компьютеры, периодическая работа вытяжной системы [25].

В таблице 4.3 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте (СанПиН 2.2.4.548-96).

Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м³ на человека с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположен 3D-принтер, приведены в таблице 4.4.

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и

технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

Таблица 4.3 – Параметры микроклимата для помещений, где установлен 3D-принтер

Период	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении.	22...24°C
	Относительная влажность.	40...60%
	Скорость движения воздуха.	До 0,1м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении.	23...25°C
	Относительная влажность.	40...60%
	Скорость движения воздуха.	0,1...0,2м/с

Таблица 4.4 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где 3D-принтер

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха.
Объем до 20м ³ на человека.	Не менее 30
От 20...40м ³ на человека.	Не менее 20
Более 40м ³ на человека.	Естественная вентиляция

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период и вентиляцией в теплый период.

4.3.5 Освещенность рабочей зоны

Создание комфортных световых условий труда улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего.

В данном рабочем помещении используется смешанное освещение. Естественное освещение осуществляется через окно в наружной стене здания. В качестве искусственного освещения используется система общего освещения (освещение, светильники которого освещают всю площадь помещения). Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 лк. В данной работе использовались «Общие санитарно-гигиенические требования к показателям микроклимата рабочей зоны, который устанавливает стандарт СанПиН 2.2.4.3359–16».

Для организации такого освещения лучше выбрать люминесцентные 66 лампы, так как они имеют ряд преимуществ перед лампами накаливания: их спектр ближе к естественному освещению; они имеют большую экономичность (больше светоотдача) и срок службы (в 10–12 раз больше чем лампы накаливания). Но следует помнить, что имеются и недостатки: работа ламп такого типа иногда сопровождается шумом; они хуже работают при низких температурах; такие лампы имеют малую инерционность. Для данного помещения, в котором будет эксплуатироваться информационная система, люминесцентные лампы подходят.

В настоящее время в лаборатории используются светильники ШОД (люминесцентный светильник, соответствующий широкому типу кривой силы света, относящийся классу отраженного света светильника по светораспределению).

Нормами для данных работ установлена необходимая освещенность рабочего места $E=300$ лк (так как работа очень высоко точности – наименьший размер объекта различия равен 0,15–0,3 мм разряд зрительной работы – Г, фон – светлый, контраст объекта с фоном – большой).

Произведем расчет освещения.

Помещение имеет площадь 48м², ширина составляет 6 м, длина – 8 м, высота – 2,5 м. Воспользуемся методом светового потока. В помещении лаборатории используются люминесцентные лампы ШОД, использование которых допускается при умеренной влажности и запыленности.

Величина освещенности корректируется с учетом коэффициента запаса, т.к. со временем за счет загрязнения светильников и уменьшения светового потока ламп снижается освещенность. Значение коэффициента запаса, выбираемого для помещения с малым выделением пыли, при люминесцентных лампах $KЗ = 1,5$.

Расположение светильников должно соответствовать двум критериям: обеспечение высокого качества освещения, ограничение ослепленности и необходимой направленности света на рабочие места.

Наиболее экономичное создание нормированной освещенности. Расположим светильники параллельно стенам. Расстояние между светильниками рассчитаем по формуле:

$$\lambda = L / h \quad (4.1)$$

где L – расстояние между светильниками, м;

h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Находим $\lambda = 1,2$ (при $h = 2,5$ м)

Отсюда следует, что:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2,5 = 3 \text{ м.}$$

Расстояние от стен помещения до крайних светильников $1/3 \cdot L$.

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot n} \quad (4.2)$$

где F – рассчитываемый световой поток, лм;

E – нормированная минимальная освещенность, лк (определяется по таблице). Работу специалиста, в соответствии с этой таблицей, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет $E = 400$ лк;

S – площадь освещаемого помещения (в нашем случае $S = 48 \text{ м}^2$);

Z – отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1-1,2, пусть $Z = 1,1$);

K – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае $K = 1,5$);

η – коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен (РС) и потолка (РП)). Их оценивают субъективно и определяют по таблице. Так, для свежепобеленного потолка и со свежепобеленными окнами без штор РС = 50% и РП = 70% соответственно.

Значение η определим по таблице коэффициентов использования различных светильников. Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)} \quad (4.3)$$

где S – площадь помещения, $S = 48 \text{ м}^2$;

h – расчетная высота подвеса, $h = 2,5 \text{ м}$;

A – ширина помещения, $A = 6 \text{ м}$;

B – длина помещения, $B = 8 \text{ м}$. Подставив значения получим:

$$I = \frac{48}{2,5 \cdot (6 + 8)} = 1,37.$$

Зная индекс помещения I , по таблице находим $\eta = 0,6$.

При выборе осветительных приборов используем светильники типа ОД. Каждый светильник комплектуется двумя лампами.

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОДР. Длина одного светильника 1 м., ширина 0,5 м. При

этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Изображаем в масштабе схему размещения на нем светильников (рисунок 4.1).

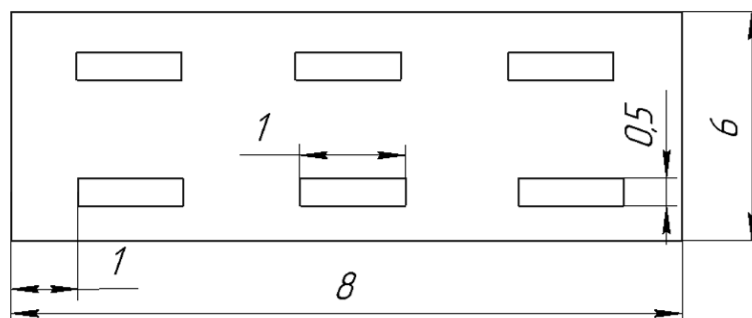


Рисунок 4.1 – Схема расположения светильников

Подставим все значения в формулу для определения светового потока F :

$$F = \frac{400 \cdot 1,5 \cdot 48 \cdot 1,1}{0,6 \cdot 12} = 4400$$

В соответствии со световым потоком выбираем стандартную лампу ЛБ -80-4 с потоком 4960 лм.

Таким образом, система освещения лаборатории соответствует нормам.

4.4 Электробезопасность

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- Рода и величины напряжения и тока;
- Частоты электрического тока;
- Пути тока через тело человека;
- Продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- Условий внешней среды [27].

Электротравма опасна прежде всего воздействием тока на сердечнососудистую систему. Напряжение от 36 вольт и выше вполне способно вызвать остановку сердца или дыхания, однако убивает не напряжение, а сила тока. Рабочее помещение по опасности относится к I группе, т.е. пожарная нагрузка относительно мала.

Категория персонала – I (не электротехнический персонал), т.е. это люди, прошедшие только первичный инструктаж. Рабочее место удовлетворяет всем требованиям безопасности жизнедеятельности: нет доступа к токоведущим частям, все источники питания пронумерованы, корпуса компьютеров заземлены.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако, возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражения человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- При прикосновении к токоведущим частям во время ремонта FDM или 3D принтера;
- При возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.
- Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:
 - Изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
 - Установки защитного заземления;
 - Своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

4.5 Пожар, взрывоопасность

Пожар в кабинете может привести к необратимым последствиям, (потеря ценной информации, порча имущества, травмы и гибель людей),

поэтому необходимо: выявить и устранить все причины возникновения пожара; разобрать план мер по ликвидации пожара в здании; план эвакуации людей из здания. Причинами возникновения пожара могут быть:

- Неисправность электропроводки, розеток и выключателей, которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- Использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- Использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- Возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание;
- Возгорание здания вследствие внешних воздействий;
- Неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности [27].

Таблица 4.5 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t, с									
		0,01 - 0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Переменный 50 Гц	U, В	550	340	160	130	120	100	95	85	75	70
	I, мА	650	400	190	160	140	120	100	90	75	65

Эксплуатационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования и правильное содержание помещения, удовлетворяющее требованиям СНиП 245-71.

В качестве средств пожаротушения используются пожарные краны, находящиеся в коридоре, а также передвижной углекислотный огнетушитель типа ОП-1. Огнетушитель порошковый ОП-1 предназначен для тушения возгорания твердых, жидких и газообразных веществ (класса А, В, С или В, С в зависимости от типа применяемого порошка).

Изобразим в соответствии с исходными данными план помещения, укажем на нем расположение светильников и определим их число.

Воспользуемся методом коэффициента использования светового потока. С его помощью можно рассчитать, как световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности с учетом света, отраженного стенами и потолком, так и освещенность при известном потоке.

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

4.6 Экологическая безопасность

Любое предприятие, осуществляющее свою деятельность в сфере создания материальных благ, в процессе работы наносит тот или иной вред окружающей среде. Это производственные отходы, которые необходимо утилизировать, вредные газы, выделяемые при осуществлении технологического процесса, сточные воды.

Основными факторами, обуславливающим необходимость обращения особого внимания вопросам охраны окружающей среды, являются следующие:

- Токсичность или другое физиологическое действие порошков ряда металлов и неметаллов, газов применяемых в производстве;
- Взрывоопасность и пожароопасность некоторых материалов и газов;
- Слив кислот, щелочей, солей отходов вредных веществ в общую систему канализации;
- Пыль на рабочем месте.

В настоящее время на первый план выдвигаются задачи борьбы с загрязнением атмосферы, так как от их решения в значительной мере зависит здоровье людей. Охрана атмосферы включает в себя:

- Уменьшение и полное прекращение выбросов вредных веществ в атмосферу;
- Сохранение и увеличение биомассы производителей кислорода и

поглотителей углекислоты;

- Сохранение и восстановление оптимальной циркуляции атмосферы в региональном масштабе;

- Утилизация отходов вредных производств.

В настоящее время нет какого-либо кардинального способа, позволяющего решить проблему загрязнения атмосферы. Однако существует, ряд мер, которые в комплексе позволяют существенно снизить степень загрязнения воздуха. Основными мерами, которые необходимо предусмотреть при проектировании и строительстве новых реконструкций и расширение действующих производств являются совершенствование их технологии, обеспечивающей сокращение выбросов и оснащение их современным оборудованием и пылеуловительной аппаратурой по очистке газов, дымовых и вентиляционных выбросов.

Важнейшим направлением уменьшением выбросов и экономии капитальных затрат является максимально возможная утилизация тепла в промышленности.

Совершенствование техники газоочистителей повышает степень очистки выбросов. Для обезвреживания выделяемых производствами органических растворителей применяются адсорбционные методы, которые наряду с полным извлечением примесей из газов обеспечивают и их рекуперацию.

В лаборатории в процессе работы образуются такие вещества как пыль, и аэрозоли. Для их удаления применяют вытяжную вентиляцию, для снижения выбросов этих веществ в атмосферу применяются фильтры.

Вследствие использования работниками душевых, туалетов, специальных веществ для обработки материалов, а так же средств хозяйственного назначения, образуются жидкие отходы для удаления которых применяют канализационную систему. Система канализации подсоединена к городской канализационной сети, поэтому полная очистка сточных вод на нем не проводится.

Также из-за использования обтирочных материалов образуются твердые отходы, для которых предусмотрены места хранения, и в концерабочего дня они очищаются. При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются категории опасности и вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д.) [28].

4.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.7.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В ходе проведения научной-исследовательской работы необходимо соблюдать предельную осторожность. В целом объектом исследований является экспериментальное исследование процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях, 3D-принтер. Который не может являться причиной возникновения ЧС [29].

4.7.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

При проведении исследований существует вероятность появления пожара. Причинами возникновения пожара неэлектрического характера могут быть неосторожное обращение с огнем, нагревающимися предметами, электронагревательными приборами, легковоспламеняющимися веществами. Самовозгорание веществ электрического характера возможно вследствие короткого замыкания, перегрузки электросети, больших переходных сопротивлений.

Во избежание травм и повреждения системы PrintBox существует несколько различных систем безопасности, в том числе: экстренная остановка; главный выключатель безопасности; функция остановки высокого напряжения; несколько механических предохранителей; двери с ключом с предохранительными выключателями [30].

4.7.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются 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 пожарной безопасности [30].

Рабочее помещение должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. При возникновении аварийной ситуации необходимо: сообщить руководителю (дежурному), позвонить в аварийную службу или МЧС - тел. 112, принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

План эвакуации представлен на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений административного здания.

Заключение

Использование достижений в математическом анализе физических процессов сварки, позволяет в несколько раз улучшить, ускорить работу в научной деятельности. А именно использование математической модели, позволяет уменьшить трудозатраты при проведении количества опытов. Проведя математическое моделирование мы уже получили предварительные данные, позволяющие анализировать ситуацию.

Мы отчетливо увидели порядок распределения температур, а именно места концентрации температур и, следовательно, очаги перегрева, (оплавления).

Последующее написание G-кода, при использовании простейших способов регулирования, мы компенсировали недостатки 3-Д печати, а именно: Изменили скорость печати на $1/3$. В следствии этого, делаем корректировку после 3-4 слоя нанесения уменьшили мощность на 25%.

В дальнейшем идя по развитию данной работы, возможно написание собственного слайсера. Разработать программу, которая сама будет автоматически по нашим условиям прописывать и создавать G-код.

В результате выполнения целей раздела финансового менеджмента можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 134 день; общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер, составляет 127 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 77 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 184758,71 рублей;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,77, что является показателем того, что ИР является относительно выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,7;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 6,1, по сравнению с 4,9, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

В разделе социальной ответственности были рассмотрены и проанализированы опасные и вредные факторы, которые могут оказывать воздействие на обслуживающий персонал исследовательской лаборатории, а также средства защиты от этих факторов. При выполнении исследовательской работы в лаборатории существует вероятность воздействия таких вредных производственных факторов, как повышенный уровень шума, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, недостаточная освещенность, контакт человека с реактивом для травления образцов, отклонение показателей микроклимата.

В результате анализа были проработаны решения, обеспечивающие безопасность работников. Даны рекомендации по обеспечению оптимальных условий труда и охране окружающей среды.

Кроме того, был произведен анализ наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть в ходе работы, и предложены меры по предупреждению их возникновения.

Список публикаций студента

1. Федоров В.В. Клименов В.А. Экспериментальные исследования процесса сплавления и наплавки при аддитивных технологиях. // XXI Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Современные техники и технологии» (СТТ-2015) (в печати).