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

Институт: Институт физики высоких технологий
Направление подготовки (специальность) 12.04.02 «Оптотехника»
Кафедра Лазерной и световой техники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ.

Тема работы
«Модернизация светодиодной лампы общего назначения»

УДК 621.383.52 – 048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Неверовский Константин Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вилисов Анатолий Александрович	д. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры РЭТЭМ ТУСУР	Солдаткин Василий Сергеевич	к. т. н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры МЕН ИСГТ ТПУ	Гаврикова Надежда Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК НИ ТПУ	Кырмакова Ольга Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЛИСТ	Яковлев Алексей Николаевич	К.ф.-м.н., Директор ИФВТ		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	Профессиональные компетенции	
Р1	Способность формулировать цели, задачи и составлять план научного исследования в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОПК-1, ПК-1, 2, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1-5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI.* Требования работодателей.
Р2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК-3, 4, 5, 19) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей.
Р3	Способность к исследованию и анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания, к постановке цели и задач проектирования в области светотехники, оптотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы	Требования ФГОС ВО (ПК- 6, 7, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей.
Р4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной,	Требования ФГОС ВО (ПК- 8, 9, 10, 11) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4,

	облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности	5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей.
Р5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.	Требования ФГОС ВО (ПК-9, 12, 13, 14,15, 16, 17, ПК-9) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.2, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей.
Р6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК-3, 11, 15, 16, 21) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.10, 5.2.16, 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей.
Р7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-9) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей.
Р8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей.
Р9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК-20, 22, 23), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.12, 5.2.14, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей
Р10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений	Требования ФГОС ВО (ПК- 18, 24), Критерий 5 АИОР (пп 5.2.11, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-*

	для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов	*ACE* и *FEANI* Требования работодателей.
Р11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-3) Критерий 5 АИОР (5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов *EUR-ACE* и *FEANI* Требования работодателей.

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

Институт: Институт физики высоких технологий
Направление подготовки (специальность) 12.04.02 «Оптотехника»
Кафедра Лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ _____ Яковлев А.Н.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4А	Неверовский Константин Андреевич

Тема работы:

Модернизация светодиодной лампы общего назначения	
Утверждена приказом директора ИФВТ	Приказ № 3999/с от 30.05.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(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.).*	Работа направлена на модернизацию перспективных светодиодных ламп, предназначенных для замены ламп накаливания общего применения. Светодиодные лампы на основе светодиодных излучающих элементов (СИЭ) должны быть аналогом по геометрическим и световым характеристикам лампы накаливания. Необходимо исследовать характеристики подобных ламп с СИЭ с разными светодиодами, после исследований и измерений выбрать наиболее эффективные конструктивные решения для данных ламп. В работе использовать 3D моделирование и теоретические расчеты, проводимые в программе SolidWorks и LightTools

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(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).*	1. Литературный обзор, включающий физические основы работы светодиодов, мировые достижения в части энергоэффективности и надёжности светодиодных ламп, Анализ функциональных аналогов светодиодной лампы, Анализ методик измерений и испытаний светодиодной лампы. Теоретическая разработка конструкции светодиодной лампы, с последующей сборкой макетных образцов. Решение проблем с теплоотводом. 2. Провести анализ полученных результатов. Сравнить теоретические и практические результаты теплового и оптического исследований. 3. Обсуждение результатов работы. 4. *Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность».*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	*Презентация ВКР в Power Point*

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гаврикова Н. А., старший преподаватель, НИ ТПУ
Социальная ответственность	Кырмакова О. С., ассистент, НИ ТПУ
Иностранный язык	Ботова А. Л. Старший преподаватель, НИ ТПУ

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Литературный обзор

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вилисов Анатолий Александрович	д. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Неверовский Константин Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 108 с., 39 рис., 39 табл., 28 источников, 2 прил.

Ключевые слова: источники света, светодиоды, конструкция, энергосбережение.

Объектом исследования является (ются) светодиодная лампа общего назначения.

Цель работы – Модернизация светодиодной лампы общего назначения.

В процессе исследования проводились теоретические и практические исследования, создание макета

В результате выполнения работы исследованы светодиодные лампы общего назначения с разными исполнениями СИЭ

Степень внедрения: макеты светодиодных ламп

Область применения: общее освещение

Значимость работы: разрабатывались макеты светодиодных ламп общего назначения, которые в дальнейшем будут запущены в массовое производство.

В будущем планируется доведение данной разработки до эскизной конструкторской документации с последующим внедрением в производство на Томском электроламповом заводе .

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Яркость источника света — это световой поток, посылаемый в данном направлении, деленный на малый телесный угол вблизи этого направления и на проекцию площади источника на плоскость, перпендикулярную оси наблюдения.

Ослепленность – обратимое снижение чувствительности зрительного анализатора, вызванное воздействием значительной блескости, направленным световым излучением сверхъяркого источника света.

Световой поток - физическая величина, характеризующая количество «световой» мощности в соответствующем потоке излучения.

Виброустойчивость — способность изделия выполнять свои функции и сохранять свои параметры в пределах значений, предъявляемых к этому изделию, в условиях воздействия вибрации в заданных режимах.

Коэффициент полезного действия (КПД) — Отношение вышедшего из светильника светового потока к поглощаемой электрической мощности.

Радиатор — устройство для рассеивания тепла в воздухе, воздушный теплообменник.

Цветовая температура — характеристика интенсивности излучения источника света как функции длины волны в оптическом диапазоне.

Термопара (термоэлектрический преобразователь) — устройство, применяемое для измерения температуры в промышленности, научных исследованиях, медицине, в системах автоматики.

В данной работе применены следующие сокращения:

СИЭ – светодиодный излучающий элемент

ФСЛ – филаментная светодиодная лампа

КСС – кривая силы света

ЛН – лампа накаливания

КЛЛ – компактная люминесцентная лампа

СД – светодиод

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
3. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
4. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
6. ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01. 01. 96).
7. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

8. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
9. СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение.

Оглавление

Введение……12
1 Литературный обзор……..……14
1.1 Физические основы работы светодиода……14
1.2 Мировые достижения в части энергоэффективности и надёжности светодиодных ламп…….....17
1.3 Анализ функциональных аналогов светодиодной лампы…….22
1.4 Анализ методик измерений и испытаний светодиодной лампы……..29
1.5 Постановка задачи……34
2 Экспериментальная часть……...36
2.1 Моделирование светового поля……..36
2.1.1 Теоретическая часть……...36
2.1.2 Практическая часть……39
2.2 Моделирование теплового поля……..42
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .48
3.1 SWOT-анализ……48
3.2 Инициация проекта……...53
3.3 Планирование управления научно-техническим проектом…….56
3.3.1 Иерархическая структура работ проекта…….56
3.3.2 Контрольные события проекта…….57
3.3.3 План проекта……..57
3.3.4 Бюджет научного исследования……...59
4 Социальная ответственность…….66
4.1. Техногенная безопасность…….67
4.1.1 Микроклимат……..…….68
4.1.2 Освещенность……70
4.1.3 Электромагнитное излучение…..……..75
4.2 Региональная безопасность……..76
4.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности……..77
4.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений…77
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях…….....79
Заключение…….83
Список публикаций студента……...84
Список использованных источников……...…85
Приложения А Раздел на иностранном языке…..……..88
Приложение Б Инструкция для работы с гониофотометром……...…….104

Введение.

В настоящее время во всем мире ставят цели решить проблему с ограниченностью природных ресурсов. Ученые каждый день предлагают решения поставленной задачи. Разрабатывают новые технологии в разных сферах деятельности человека. Но, тем не менее, человек не рационально использует ресурсы. Одним из этих ресурсов является электроэнергия. Каждый день появляются новые технологии, которые потребляют много электричества. И параллельно этим технологиям решается вопрос об энергосбережении.

Одной из сфер, где потребляется большое количество электроэнергии, является освещение. Из всей электроэнергии на освещение тратится 14% [1]. Создание энергосберегающих ламп на сегодняшний день весьма актуально. Всем привычные лампы накаливания имеют много достоинств, но их весомым недостатком является большое потребление электроэнергии. Поэтому были разработаны люминесцентные лампы, которые значительно меньше потребляют электроэнергии. Но такие источники света не приспособлены под светильники с цоколем. В связи с этим, были разработаны компактные люминесцентные лампы. В настоящее время технологии не стоят на месте, а развиваются. И поэтому в скором времени на замену люминесцентным лампам придут светодиодные источники света. Новый тип ламп, на сегодняшний день, самый энергоэффективный. И, в отличие от люминесцентных ламп, являются экологически чистыми и имеют большой срок службы.

На данный момент наиболее перспективным источником света является лампы на основе filament, где в конструкции лампы накаливания (ЛН) нить накаливания заменена светодиодными излучающими элементами (СИЭ), но такие лампы хоть и имеют ряд преимуществ в сравнении с другими

светодиодными, имеют ряд недостатков. Существующие лампы на основе СИЭ имеют неравномерное распределение кривой силы света (КСС).

В данной работе разрабатывались светодиодные лампы общего назначения на основе СИЭ с разными светодиодами. Исследовались световые и тепловые характеристики. По итогам исследования была выбрана наиболее эффективная конструкция светодиодной лампы. Изготовлены макетные образцы.

Лампа накаливания широко применяется в быту, поэтому создание светодиодного аналога довольно актуально. Людям старшего поколения трудно отказаться от привычных ламп накаливания, поэтому у светодиодных ламп на основе СИЭ есть преимущества по сравнению с другими светодиодными лампами, так как визуально они похожи на лампу накаливания. Основная проблема светодиодных источников света заключается в отводе тепла от светодиодов в окружающую среду. Сложность отвода тепла заключается в том, что разница между температурой лампы и температурой окружающей среды не сильно отличается, в отличие от других источников света. Поэтому в данной работе было уделено более тщательное рассмотрение тепловых характеристик. Так же при разработке светодиодной лампы решался вопрос улучшения КСС. И в заключение, данная лампа должна удовлетворять существующим требованиям.

1. Литературный обзор.

1.1 Физические основы работы светодиода.

Светодиодом называется полупроводниковый диод, предназначенный для преобразования электрической энергии в энергию некогерентного светового излучения. При протекании через диод прямого тока происходит инжекция неосновных носителей заряда (электронов или дырок) в базовую область диодной структуры. Процесс самопроизвольной рекомбинации инжектированных неосновных носителей заряда, происходящих как в базовой области, так и в самом p-n переходе, сопровождается переходом их с высокого энергетического уровня на более низкий; при этом избыточная энергия выделяется путем излучения кванта света [2].

Рекомбинация — исчезновение пары свободных носителей противоположного заряда в среде с выделением энергии.

В полупроводниках возможны следующие варианты рекомбинации:

- межзонная — непосредственный переход электронов в валентную зону, существенна в собственных полупроводниках и полупроводниках с узкой запрещённой зоной с минимальным количеством дефектов;
- через промежуточные уровни в запрещённой зоне, существенна в примесных полупроводниках.

В образцах с большим значением поверхности на единицу объёма значительно возрастает роль рекомбинации на поверхностных состояниях (поверхностной рекомбинации).

При рекомбинации носителей выделяется энергия, которая передаётся частицам. В зависимости от типа частиц-«приёмников» выделяются:

- излучательная рекомбинация — энергия уносится фотонами;

- безызлучательная рекомбинация — энергия передается фононам решетки или другим частицам [3].

Инжекция — физическое явление, наблюдаемое в полупроводниковых гетеропереходах, при котором при пропускании электрического тока в прямом направлении через p-n-переход в прилежащих к переходу областях создаются высокие концентрации неравновесных («инжектированных») носителей заряда. Явление инжекции является следствием уменьшения высоты потенциального барьера в p-n-переходе при подаче на него прямого смещения.

Явление инжекции лежит в основе работы многих полупроводниковых приборов: диодов, биполярных транзисторов, тиристоров, светодиодов и полупроводниковых инжекционных лазеров [4].

Как и любой диод, светодиод включает в себя один полупроводниковый p-n-переход (электронно-дырочный переход). С помощью процесса, носящего название легирование, материал n-типа обогащается отрицательными носителями заряда, а материал p-типа – положительными носителями заряда.

По свойствам проводимости полупроводники являются материалами между проводниками и диэлектриками. При низкой температуре основная масса внешних электронов в полупроводнике «находится» в атомах в неизменных местах. Но их связи с атомами слабее, чем в изоляторе. Когда температура возрастает сопротивление полупроводников падает, то есть электропроводность полупроводника при нагревании не уменьшается, как у металла, а, наоборот, увеличивается, а это значит, что увеличивается количество свободных электронов, способных переносить электрический ток.

При приложении к диоду электрического поля электроны и дырки в материалах p- и n-типа устремляются к p-n-переходу. Когда носители заряда подходят к p-n-переходу, электроны инжектируются в материал p-типа. При подаче отрицательного напряжения со стороны материала n-типа через диод протекает электрический ток в направлении от материала n-типа в материал p-типа.

Когда избыточные электроны переходят из материала n-типа в материал p-типа и рекомбинируют с дырками, происходит выделение энергии в виде фотонов, элементарных частиц (квантов) электромагнитного излучения (Рисунок 1.1.1). Все диоды испускают фотоны, но не все диоды испускают видимый свет.

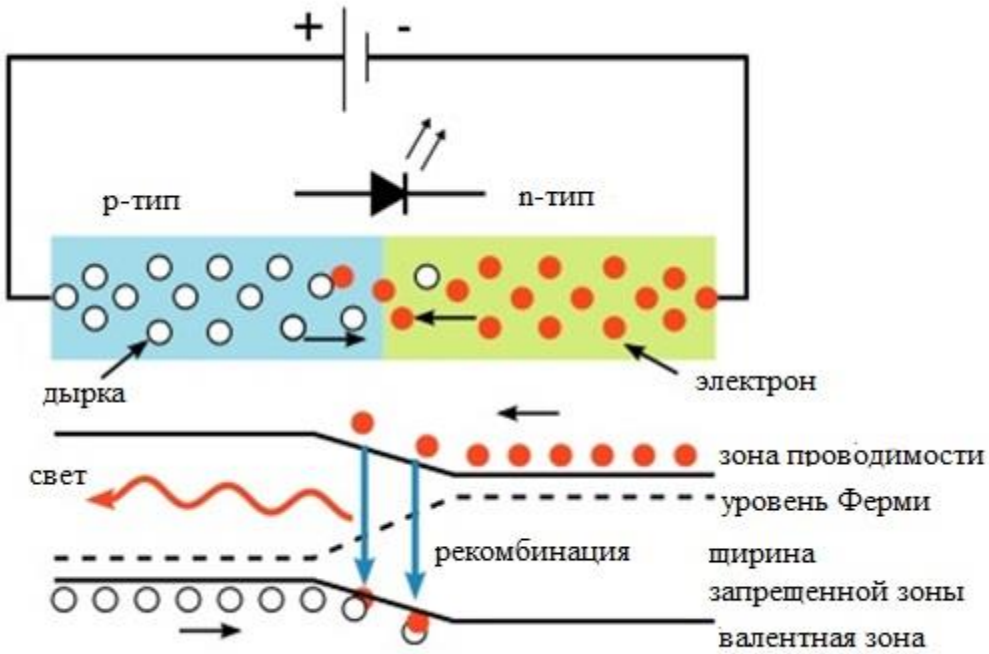

Рисунок 1.1.1 – Процессы в p-n-переходе

Очень важным фактором является температура светодиода. При повышении температуры p-n-перехода яркость светодиода падает, вследствие уменьшения внутреннего квантового выхода под влиянием колебаний кристаллической решетки. Поэтому чрезвычайно важен качественный теплоотвод.

Материалы подложки, используемые при производстве светодиодов, должны иметь высокий уровень отражения. Это свойство позволяет наибольшему количеству света выходить с поверхности светодиода за пределы его корпуса. В настоящее время большинство исследований в мире посвящено именно этому [5,6].

Из светоизлучающего кристалла может быть выведена только часть генерируемого p-n-переходом излучения в связи со следующими основными видами потерь:

- потери на внутреннее отражение излучения, падающего на границу раздела полупроводник — воздух под углом, большим критического;
- поверхностные потери на френелевское отражение излучения, падающего на границу раздела под углом, меньшим критического;
- потери, связанные с поглощением излучения в приконтактных областях;
- потери на поглощение излучения в толще полупроводника.

1.2 Мировые достижения в части энергоэффективности и надёжности светодиодных ламп.

Во многих моделях светильников нить накала лампы является важным элементом дизайна. Поэтому заменить лампу накаливания в них до недавнего времени было нечем. Создать компактную люминесцентную лампу (КЛЛ), которая по форме светящегося тела точно соответствовала бы лампе накаливания, физически невозможно. Светодиоды являются миниатюрными источниками света, что открыло перспективы решения данной проблемы. Например, были созданы лампы, в которых светодиоды располагались на узкой линейке внутри колбы, линейка, в свою очередь, соединялась с теплоотводом вне колбы. Недостатками такой конструкции были ограничение по мощности (светодиодная лампа по световому потоку эквивалентна лампе накаливания мощностью не более 25 Вт), а также высокая стоимость. К тому же полного соответствия дизайна лампе накаливания достичь так и не удалось.

В 2008 году японской компанией Ushio были созданы первые светодиодные лампы, внешне неотличимые от ламп накаливания (Рисунок 1.2.1) [7]. Новинка получила название Filament LED Bulb от английского слова Filament, в переводе означающее «нить накаливания». В русском языке сначала

появился термин «светодиодные лампы накаливания», однако, он не прижился, так как объединял в себе противоречащие друг другу понятия. На момент написания статьи уже устоялся термин «филаментные светодиодные лампы» (ФСЛ).

Рисунок 1.2.1 – Внешний вид Filament LED Bulb

Первоначально ФСЛ выпускались только для декоративных целей, их световой поток был недостаточен для общего освещения. Поэтому за пределами Японии они не получили известности. Прорыв произошел в 2013 году, когда несколько китайских компаний одновременно представили мощные ФСЛ для общего освещения, эквивалентные по световому потоку лампам накаливания мощностью до 60 Вт [8].

Следует отметить, что, хотя создание ФСЛ и диктовалось в первую очередь эстетическими соображениями, разработка их конструкции не сводилась только к размещению светодиодов таким образом, чтобы они имитировали нить накаливания. Пришлось глубоко переосмыслить множество вопросов, связанных с конструкцией светодиодных источников света, в результате чего получилась принципиально новая разновидность ламп.

В основе ФСЛ лежит технология Chip-on-Glass (COG), ранее уже успешно опробованная при создании дисплеев для мобильных устройств. Она заключается в размещении сверхминиатюрных светодиодов на подложке из искусственного сапфира или, как более дешевый вариант, из специального сорта стекла. Прозрачность подложки позволяет создавать массивы светодиодов, которые светят во все стороны [8].

Типичный СИЭ — светодиодный аналог отрезка нити накаливания — представляет собой стержень из искусственного сапфира или стекла длиной диаметром 1,5 мм и длиной 30 мм. На нем при помощи технологии COG размещены 28 светодиодов синего свечения, которые соединены последовательно (Рисунок 1.2.2) [9].

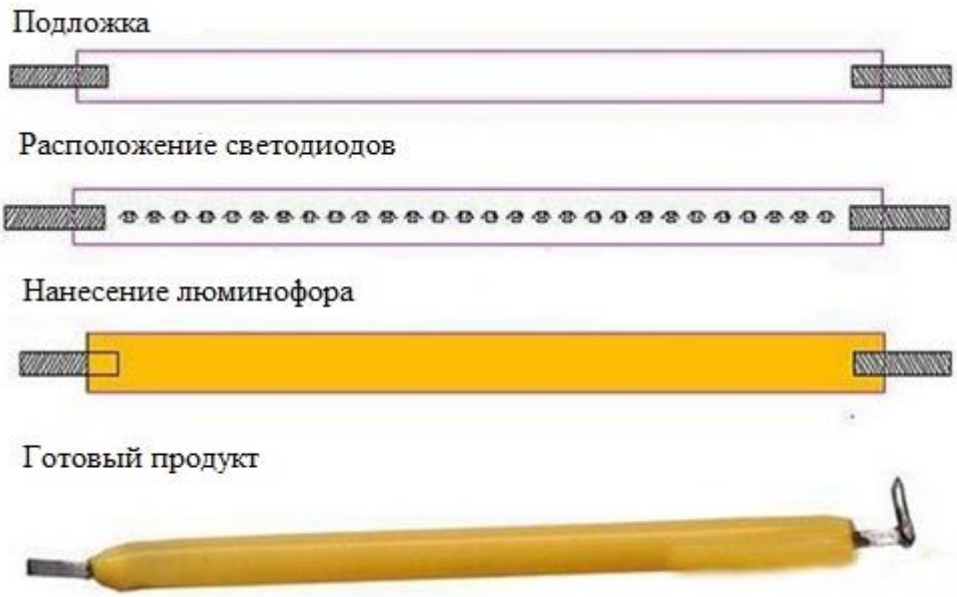

Рисунок 1.2.2 – Конструкция СИЭ

В некоторых моделях СИЭ может содержать несколько светодиодов красного свечения для достижения более теплого оттенка свечения, при этом общее число светодиодов в СИЭ также равно 28. Сверху это все покрыто слоем люминофора на силиконовой основе. Потребляемая мощность одного СИЭ лежит в пределах 0,8-1,3 Вт. Набирая нужное количество СИЭ в колбе, можно

получить светодиодную лампу требуемой мощности. Известны модели ФСЛ, содержащие до 16 СИЭ.

Важным преимуществом СИЭ по сравнению с традиционными светодиодными матрицами является то, что для равномерного распределения света во все стороны не нужно использовать сложную оптическую систему, вносящую большие потери. Это обеспечивает высокий КПД лампы. Мощность, подводимая к СИЭ, в 1,5 раза выше, чем к традиционной светодиодной матрице, при равном значении светового потока. Уменьшение подводимой мощности означает снижение тепловыделения. Тем не менее, первый вопрос, который возникает у специалиста, впервые взявшего в руки ФСЛ: «Как здесь отводится тепло?».

СИЭ герметично запаяны в стеклянную колбу. Эта колба наполнена специальным газом, обладающим высокой теплопроводностью. Именно через газ и осуществляется отвод тепла от светодиодов. Стеклянная колба с тонкими стенками хорошо проводит тепло, поэтому она и используется в качестве теплоотвода. По утверждению производителей ФСЛ, такая система теплоотвода в ряде случаев оказывается даже более эффективной, чем у светодиодных ламп традиционной конструкции, температура p-n перехода не превышает 60°С.

При изготовлении колб и наполнении их газом используются уже хорошо отработанные для ламп накаливания процедуры. А вот состав газа является производственным секретом, тщательно оберегаемым производителями ФСЛ. Мы можем пока ориентироваться только на неофициальную информацию, размещенную на нескольких профессиональных сайтах, согласно которой колба заполнена гелием — газом с самой высокой (за исключением водорода) теплопроводностью. Другой вариант — смесь газов, где важной составляющей также является гелий [8].

Большой интерес к ФСЛ со стороны как специалистов, так и обычных потребителей связан с тем, что эти лампы имеют целый ряд неоспоримых преимуществ:

- полная совместимость по кривой силы света со светильниками, изначально проектировавшимися под лампы накаливания;
- высокая светоотдача, обусловленная отсутствием оптической системы для равномерного распределения света в разные стороны;
- возможность снижения себестоимости производства за счет использования уже имеющихся мощностей по производству ламп накаливания;
- преодоление психологического барьера при использовании светодиодного освещения в быту.

В то же время, ФСЛ свойственны и некоторые недостатки:

- малое место под драйвер, вследствие чего используются или драйвера упрощенной конструкции с высоким коэффициентом пульсации, или драйвера с высокой степенью миниатюризации без пульсации, которые стоят очень дорого;
- история практического применения данного типа ламп для общего освещения насчитывает всего около 4 лет, поэтому еще нет достоверной статистики о реальной надежности, есть только теоретические расчеты;
- для ФСЛ принципиально использование стеклянной колбы, так что, в отличие от других типов светодиодных ламп, они не являются небьющимися;

Проблема, приведенная в п. 1, решается некоторыми производителями путем добавления кольца между цоколем и колбой, что увеличивает место для драйвера. Решение проблемы, указанной в п. 2 — вопрос времени [8].

По данному разделу можно сделать вывод, что ФСЛ являются перспективным направлением в развитии светодиодной продукции.

1.3 Анализ функциональных аналогов светодиодной лампы.

В настоящее время происходит активное внедрение филаментных светодиодных ламп на светотехническом рынке, хотя появились они не так давно. В данной главе приводится анализ существующих функциональных аналогов ламп на основе светодиодных излучающих элементов от разных производителей.

На рисунке 1.3.1 представлен внешний вид светодиодной лампы производства Navigator серии FILAMENT Professional [10].

Рисунок 1.3.1 – Внешний вид светодиодной лампы FILAMENT Professional

В таблице 1.3.1 приведены характеристики данной лампы.

Таблица 1.3.1 – Характеристики Navigator серии FILAMENT Professional

Мощность, Вт	4
Напряжение, В	176-264
Цветовая температура, К	2700
Световой поток, лм	350
Угол рассеивания, град.	360
Размеры лампы, диаметр*длина, мм	45*77

На рисунке 1.3.2 представлен внешний вид светодиодной лампы производства OSRAM PARATHOM [11].

Рисунок 1.3.2 – Внешний вид светодиодной лампы Filament CLA40 4W/827 FL LED Bulb

В таблице 1.3.2 приведены характеристики данной лампы.

Таблица 1.3.2 – Характеристики Filament CLA40 4W/827 FL LED Bulb

Мощность, Вт	4
Напряжение, В	220-240
Цветовая температура, К	2700
Световой поток, лм	470
Угол рассеивания, град.	300
Размеры лампы, диаметр*длина, мм	60*105

На рисунке 1.3.3 представлен внешний вид светодиодной лампы производства Deking [12].

Рисунок 1.3.3 – Внешний вид светодиодной лампы 4w Led Filament Bulb

В таблице 1.3.3 приведены характеристики данной лампы.

Таблица 1.3.3 – Характеристики 4w Led Filament Bulb

Мощность, Вт	4
Напряжение, В	110-130
Цветовая температура, К	2700
Световой поток, лм	480
Угол рассеивания, град.	300
Размеры лампы, диаметр*длина, мм	60*105

На рисунке 1.3.4 представлен внешний вид светодиодной лампы производства LED Vintage [13].

Рисунок 1.3.4 – Внешний вид светодиодной лампы Light Bulb

В таблице 1.3.4 приведены характеристики данной лампы.

Таблица 1.3.4 – Характеристики Light Bulb

Мощность, Вт	4
Напряжение, В	90-145
Цветовая температура, К	2700
Световой поток, лм	400
Угол рассеивания, град.	360
Размеры лампы, диаметр*длина, мм	60*105

На рисунке 1.3.5 представлен внешний вид светодиодной лампы производства iLED [14].

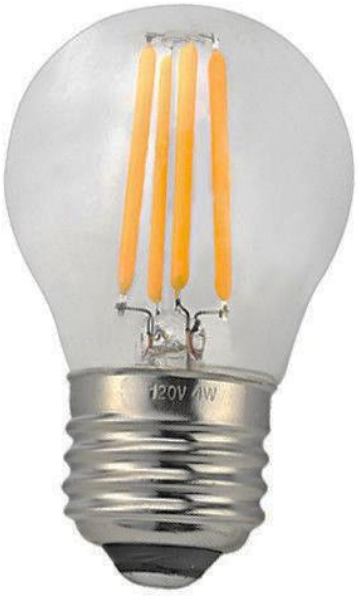

Рисунок 1.3.5 – Внешний вид светодиодной лампы Globe Led Filament Light Bulb 4w

В таблице 1.3.5 приведены характеристики данной лампы.

Таблица 1.3.5 – Характеристики Globe Led Filament Light Bulb 4w

Мощность, Вт	4
Напряжение, В	90-265
Цветовая температура, К	2700
Световой поток, лм	400-450
Угол рассеивания, град.	360
Размеры лампы, диаметр*длина, мм	45*78

На рисунке 1.3.5 представлен внешний вид светодиодной лампы производства greenandco [15].

Рисунок 1.3.5 – Внешний вид светодиодной лампы LED Filament Bulb

В таблице 1.3.5 приведены характеристики данной лампы.

Таблица 1.3.5 – Характеристики LED Filament Bulb

Мощность, Вт	4
Напряжение, В	230
Цветовая температура, К	2700
Световой поток, лм	440
Угол рассеивания, град.	360
Размеры лампы, диаметр*длина, мм	60*107

На рисунке 1.3.6 представлен внешний вид светодиодной лампы производства AriusТек [16].

Рисунок 1.3.6 – Внешний вид светодиодной лампы 4W LED Filament Light Bulb

В таблице 1.3.6 приведены характеристики данной лампы.

Таблица 1.3.6 – Характеристики 4W LED Filament Light Bulb

Мощность, Вт	4
Напряжение, В	120
Цветовая температура, К	2700
Световой поток, лм	440
Угол рассеивания, град.	360
Размеры лампы, диаметр*длина, мм	60*107

Из проведенного анализа видно, что есть различия в входном напряжении, световом потоке и габаритных размерах.

1.4 Анализ методик измерений и испытаний светодиодной лампы.

Фотометрические (световые) характеристики:

Фотометрия – процесс измерения света в видимом спектре. Под видимым спектром подразумевается та часть светового спектра, которая видна невооруженным глазом среднестатистического человека, то есть длина волны лежит между 380 и 770 нм. Существует 2 основных световых стандарта – сила света и световой поток. Эти стандарты определяют главные фотометрические величины – яркость и освещенность [17].

Фотометрическое измерение СД может оказаться довольно увлекательным процессом, чем обычный расчёт с применением физических формул. Существует множество факторов таких, как геометрические и электрические аспекты, погрешности, полученные в процессе производства светодиодов. Данные факторы могут существенно повлиять на оптические свойства СД. При изготовлении светодиодов не могут быть получены 2

идентичных СД, поэтому требуется принимать меры, которые позволят увеличить точность измерений. К таким мерам можно отнести:

- Необходимо учитывать сдвиг оптического центра эмиссии СД по отношению к механическому центру.

При установке СД в крепление испытательной установки предполагается, что излучение выходит из его механического центра. Оптический центр периодически отклоняется на 5 или более градусов от механического. Для измеряемых приборов с широким углом свечения, таким как 40 градусов или больше, это не всегда является проблемой. Но для СД с маленьким углом свечения результат может существенно отличаться. Необходимо отметить, что Международной комиссией по освещению (CIE) рекомендовано использование именно механической (а не оптической) оси светодиода при измерении.

- Необходимо измерять излучения СД с фиксированным интервалом по времени.

При подаче питания на светодиод, возрастает температура перехода, так как потребляется электроэнергия. Данное явление может занимать от нескольких секунд или даже минут до момента наступления теплового равновесия, когда излучение достигнет устойчивого значения. При этом снижение излучения на 5-20% или большую величину — весьма обычное явление. Данное явление не является необратимым, и изначальная светоотдача восстановится после отключения питания. На практике при измерении значительного объема СД выбор длительного интервала времени между замерами не приемлем. Чаще всего задается интервал порядка 5 секунд, несмотря на то, что выход света не успевает достигать стабильного значения.

- Температура в процессе исследования не должна меняться.

С увеличением или уменьшением температуры светодиоды меняют яркость и цвет. С повышением температуры, выход света уменьшается, а цвет обычно смещается в длинноволновую сторону спектра.

- Необходимо использовать стабилизированный источник тока.

Падение напряжения на СД может колебаться от прибора к прибору, поэтому если в качестве опорного питания используется источник напряжения, светодиоды не получат одинакового тока.

- Условия тестирования должны легко быть воспроизводимы.

К сложным условиям могут превосходно подходить лабораторные измерения. Но, при измерении большого объема светодиодов с разными типами корпусов, углом свечения, цветом и т.д., возникает потребность в измерительной системе, которую можно будет быстро перенастроить, добиваясь идентичного совпадения механических осей и гарантируя, что датчик всегда видит тот же самый сектор эмиссионного конуса.

- Оборудование должно быть надлежащим образом обслужено и откалибровано.

Радиометрические (энергетические) характеристики светодиодов:

Радиометрия занимается измерениями полного светового излучения во всех оптических диапазонах. Основной единицей радиометрической оптической мощности является ватт (Вт). Ватт — это абсолютная величина, которая не зависит от длины волны. Один Вт ИК света несёт такую же мощность, как один Вт видимого света. К другим радиометрическим величинам относятся — энергетическая сила излучения (Вт/ср), энергетическая освещённость (Вт/м^2) и энергетическая яркость (Вт/ср×м^2). Основным методом измерения полной оптической мощности является использование сферического интегратора [17].

Сферический интегратор предназначен для измерения света, испускаемого светодиодом во всех направлениях. В большей части, эти

измерения не подвержены угловым погрешностям и не зависят от угла свечения, характерным для фотометрического исследования. Сферы диаметром от 75 до 150 мм получили наиболее широкое применение. Если нужна высокая точность измерений, то используют больший диаметр, так как важным моментом является соотношение площади сферы к размеру СД. Однако при измерениях светодиодов с различным пространственным распределением силы света ошибки неизбежны. Главным фактором, вносящим ошибку в измерения, является местоположение светодиода в сфере.

При радиометрических измерениях светодиодов соблюдаются те же самые указания, что и при фотометрии.

Колориметрические (спектральные) характеристики светодиодов:

Колориметрия — измерение и определение цветовых характеристик светодиодов. Колориметрические параметры СД обычно выражены в координатах цветности или в длинах волн. Цветовое восприятие человеческого глаза весьма сложно, так как оно зависит не только от разных физических свойств света, но также и от окружающих объектов, механических свойств излучателя, физиологического отклика глаза наблюдателя и его психологического состояния.

На данный момент одним из самый точных методов измерения цвета является использование спектрорадиометра. Данное устройство измеряет и регистрирует спектральное распределение мощности источника света, после чего могут быть математически вычислены все фотометрические, радиометрические и колориметрические параметры. Точность определения оборудованием длины волны должна быть не хуже, чем 0,5 нм (желательно 0,1 нм).

Существуют различные факторы, влияющие на полученный результат. Одним из таких факторов является температура. При повышении температуры окружающей среды увеличивается и температура активной области СД, следовательно, увеличивается длина волны излучения светодиода. Такое

увеличение обычно имеет значение в диапазоне 0,1-0,2 нм/ºС в зависимости от типа используемого кристалла.

Гониометрические (угловые) характеристики светодиодов:

Гониометрия занимается измерением угловых характеристик светодиодов. Гониометр — устройство, предназначенное для измерения пространственного распределения силы света СД. Этот метод основан на пошаговой фиксации значений силы света светодиода при его повороте на известный угол, что может быть реализовано перемещением датчика вокруг светодиода или наклонами светодиода по отношению к неподвижному датчику. При вращении от 0º до 180º производят измерения для выхода света для каждого угла. Результатом данного измерения получается профиль излучения в одной плоскости. Так как большинство светодиодов имеет круглую форму линзы, то чаще всего диаграмма направленности излучения (индикатриса) является симметричной.

Эксплуатационные характеристики светодиодов или тест на деградацию:

Основной качественной характеристикой СД, является срок их службы. Эксплуатация — это серьезно, так как лампа может перегореть. С течением времени, световой поток лампы снижается в процессе работы. Срок службы является важнейшим эксплуатационным параметром источников света — отражает оба этих неприятных факта: различают полный (пока прибор не перегорит) и полезный (пока световой поток не упадет ниже определённого предела) срок службы. Разрабатывая световое решение, нельзя забывать о дальнейшей эксплуатации осветительной установки, в частности, о замене ламп. При частой замене ламп в труднодоступных местах может усложнить эксплуатацию в разы. Ещё одним худшим вариантом является длительная работа установки с перегоревшими лампами, разрушающими световой образ, что очень актуально для установок наружного архитектурного освещения. Современные источники света сильно отличаются по сроку службы. Чтобы

протестировать светодиоды на скорость деградации, необходимо следовать определённым критериям:

- поддержка стабильности режимов работы светодиодов. Прежде всего, это стабилизация тока питания, постоянство значения которого должно иметь место на протяжении всего срока тестирования;
- соблюдение температурного режима. На протяжении всего срока тестирования температура в местах установки светодиодов должна быть неизменной, и не превышать максимальную температуру, заявленную производителем или вычисленную исходя из тепловых свойств светодиодов;
- соблюдение всех необходимых предосторожностей при проведении измерений.

В заключение следует сказать, что заявленные производителем параметры излучения света могут не соответствовать практическим показателям – не в силу того, что мы оказываемся обманутыми, а в силу различия условий эксперимента. Необходимо всегда понимать, что лабораторные условия всегда отличаются от естественных, и понятие погрешности вполне допустимо, особенно при измерении такой чувствительной характеристики, как свет [17].

1.5 Постановка задачи.

Основная задача – это разработать светодиодные лампы общего назначения на основе СИЭ с разными светодиодами. В данной работе оптическая часть лампы взята из магистерской диссертации студентки Томского Политехнического Университета Постоловой Е.О. [18]. Необходимо исследовать характеристики подобных ламп с СИЭ с разными светодиодами, после исследований и измерений выбрать наиболее эффективные конструктивные решения для данных ламп. В работе использовать 3D

моделирование и теоретические расчеты, проводимые в программе SolidWorks и LightTools.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Институт	**ИФВТ**
Направление подготовки (специальность)	**Оптотехника**
Уровень образования	Магистратура
Кафедра	**ЛИСТ**
Период выполнения	осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Студенту:

Группа	**ФИО**
4ВМ4А	Неверовскому Константину Андреевичу

Тема работы:

«Модернизация светодиодной лампы общего назначения »	
Утверждена приказом директора	Приказ № 3999/с от 30.05.2016 г.

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
Нормы и нормативы расходования ресурсов	*Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	*SWOT-анализ*
1. Разработка устава научно-технического проекта	*1. Цели и результаты проекта* *2. Организационная структура проекта* *3. Иерархическая структура работ* *4. Контрольные события проекта* *5. План проекта*
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	*Бюджет научно – технического исследования (НТИ)* *1. Расчет материальных затрат НТИ* *2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ* *3. Основная заработная плата исполнителей темы* *4. Отчисления на социальные нужды*

	5. Накладные расходы *6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта*

Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*:
1. *SWOT -анализ* 2. *Календарный график проведения исследования в виде диаграммы Ганта* 3. *Бюджет проекта*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Надежда Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Неверовский Константин Андреевич		

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Светодиодные технологии освещения, за счет эффективного расхода электроэнергии и простоты конструкции, нашли широкое применение в светильниках, прожекторах, светодиодных лентах, декоративной светотехнике. Светодиодные осветительные приборы подразделяются на уличные и интерьерные. В настоящее время их применяют для подсветки зданий, автомобилей, улиц и рекламных конструкций, фонтанов, тоннелей и мостов. А так же используют для подсветки производственных и офисных помещений, домашнего интерьера и мебели. Благодаря своей надежности, светодиодные источники света позволяют устанавливать в труднодоступных для частой замены местах.

3.1 SWOT- анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

Он проводится в несколько этапов.

1) Первый этап - матрица SWOT (таблица 1). Он 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.

Таблица 1 - Матрица SWOT

	Сильные стороны светодиодных ламп: С1–энергоэффективная; С2– экологичность технологии; С3– длительный срок службы; С4 – не требует дополнительного оборудования при замене; С5 – широкая область применения; С6– простота конструкции;	Слабые стороны светодиодных ламп: Сл1 – высокая стоимость; Сл2 – неравномерная яркость; Сл3 – высокая ослепленность;
Возможности: В1 – снижение затрат, на используемые материалы; В2 – повышение спроса; В3 – улучшение температурного режима работы.		
Угрозы: У1 – отсутствие спроса; У2 - введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3 – появление новых более энергоэффективных источников света.		

2) Второй этап

Второй этап - интерактивная матрица проекта (таблица 2). Выявление соответствия сильных и слабых сторон ЛСС внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

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

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе.

Таблица 2 – Интерактивная матрица «сильные стороны и возможности»

	Сильные стороны						
Возможности		С1	С2	С3	С4	С5	С6
	В1	0	-	-	+	-	+
	В2	+	+	+	+	+	+
	В3	-	-	+	-	+	-

Таблица 3 – Интерактивная матрица «слабые стороны и возможности»

	Слабые стороны			
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	0	0
	В2	+	+	+
	В3	+	-	-

Таблица 4 – Интерактивная матрица «сильные стороны и угрозы»

	Сильные стороны						
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5	С6
	У1	-	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-	-

Таблица 6 – Интерактивная матрица «слабые стороны и угрозы»

	Слабые стороны			
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	-
	У2	0	-	-
	У3	+	-	-

3) Третий этап

Третий этап – итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 7).

Таблица 7 - SWOT-анализ

	Сильные стороны светодиодных ламп: С1–энергоэффективная; С2– экологичность технологии; С3– длительный срок службы; С4 – не требует дополнительного оборудования при замене; С5 – широкая область применения; С6– простота конструкции;	Слабые стороны светодиодных ламп: Сл1 – высокая стоимость; Сл2 – высокая яркость; Сл3 – плохо реализован теплоотвод;
Возможности: В1 – снижение затрат, на используемые материалы; В2 – повышение спроса; В3 – улучшение температурного режима работы.	Изменить конструкцию радиатора. Минимизировать габариты лампы. Разработать уникальную конструкцию лампы.	Замена светодиодов. Замена материала оптического рассеивателя.
Угрозы: У1 – отсутствие спроса; У2 - введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3 – появление новых более энергоэффективных источников света.	Реклама на различных информационных ресурсах. Участие на конференциях и ярмарках. Участие в тендерах по освещению.	Расчет и доработка оптического рассеивателя. Изменение всей конструкции лампы.

3.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации будут описаны изначальные цели и содержание. Показаны внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта. Основные моменты устава проекта будут описаны ниже по пунктам.

1) Цели и результаты проекта

Данные раздела сведены и представлены в таблице 2 и таблице 3.

Таблица 2 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ТУСУР НИИ светодиодные технологии	Подтверждения результатов исследования по модернизации светодиодной лампы на основе светодиодных излучающих элементов
ООО «РУСЛЕД»	Готовая конструкция светодиодной лампы с разными светодиодными излучающими элементами

Таблица 3 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Модернизация светодиодной лампы общего назначения
Ожидаемые результаты проекта:	Улучшение характеристик светодиодной лампы
Критерии приемки результатов:	Световое поле, тепловое поле
Требование к результату проекта	Требования:
	Равномерное распределение силы света
	Температура на светодиодах в пределах допустимого
	Большой срок службы

2) Организационная структура проекта

На данном этапе работы были решены следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определены роли каждого участника проекта, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и трудозатраты в проекте. Данные по организационной структуре описаны в таблице 4.

Таблица 4 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Вилисов А.А. НИ ТПУ, профессор	Руководитель проекта	Руководить, координировать	10
2	Солдаткин В.С. ТУСУР, ст. преподаватель	Эксперт проекта	Консультировать, направлять	20
3	Неверовский К.А. НИ ТПУ, студент	Исполнитель проекта	Выполнение работ по проекту	45
4	Постолова Е.О. НИ ТПУ, студент	Исполнитель проекта	Выполнение работ по проекту	45
ИТОГО:				120

3) Ограничения и допущения проекта

Все имеющиеся данные по ограничениям и допущениям описаны и сведены в таблице 6

Таблица 6 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1 Сроки проекта:	
3.1.1 Дата утверждения плана управления проектом	05.01.2016
3.1.2 Дата завершения проекта	15.05.2016

3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

3.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. Представлена на рисунке 3.1.

Рисунок 3.1 – Иерархическая структура работ по проекту

3.3.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела определялись ключевые события проекта, их даты и полученные результаты, по состоянию на эти даты. Эта информация сведена в таблицу 7.

Таблица 7 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Обработка литературы	10.02.2016	Постановление задач на исследование
2	Изготовление макетов ламп	15.03.2016	Начало первый фазы эксперимента
3	Исследование светового поля	05.04.2016	Начало второй фазы эксперимента
4	Исследование теплового поля	15.05.2016	Получен достаточный объем данных в исследовании
5	Обработка данных	20.05.2016	Составлен отчет о результатах исследования

3.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длитель-ность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Исследование литературы	36	05.01.2016	10.02.2016	Неверовский К.А.
2	Изготовление макетов ламп				Постолова Е.О. Неверовский К.А Солдаткин В.С.
2.1	Сборка линеек со светодиодами	3	10.02.2016	13.02.2016	
2.2	Заливка линеек люминофором	6	14.02.2016	20.02.2016	
2.3	Сборка макетов ламп	24	20.02.2016	15.03.2016	Неверовский К.А
3	Проведение эксперимента				
3.1	Построение светового поля	2	15.03.2016	05.04.2016	Неверовский К.А Постолова Е.О

3.2	Построение теплового поля	41	05.04.2016	15.05.2016	Неверовский К.А Постолова Е.О
4	Анализ полученных данных				
4.1	Построение диаграмм зависимостей	2	15.05.2016	17.05.2016	Неверовский К.А Вилисов А.А.
4.3	Отчет по работе	3	17.05.16	20.05.2016	Неверовский К.А.
Итого:		117	05.01.2016	20.05.2016	

Таблица 9 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	$T_{к}$, кал, дн.	Продолжительность выполнения работ									
				январь		февраль		март		апрель		май	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Исследование литературы	Исполнитель	36										
2.1	Сборка линеек со светодиодами	Исполнитель, консультант	3										
2.2	Заливка линеек люминофором	Исполнитель, консультант	6										
2.3	Сборка макетов ламп	Исполнитель	24										
3.1	Построение светового поля	Исполнитель	2										
3.2	Построение теплового поля	Исполнитель	41										
4.1	Построение диаграмм зависимостей	Руководитель, исполнитель	2										
4.2	Отчет по работе	Исполнитель	3										

– руководитель – исполнитель –консультант

3.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям.

1) Сырье, материалы, покупаемые изделия и полуфабрикаты

Результаты по данной статье записаны в таблице 10.

Таблица 10 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Люминофор	Е 560, 50 г	3	1000	3000
Оформление документации	Лист А4	45	2	90
Всего за материалы				3090
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				155
Итого по статье $C_м$				3245

2) Специальное оборудование для научных работ

Результаты по данной статье записаны в таблице 11.

Таблица 11 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования/Аморт отчисления, тыс.руб.
1	Ультразвуковая сварка	1	870	870
2	Сушильная печь	2	50	50

3) Основная заработная плата

Таблица 12 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Исследование литературы	Исполнитель	36	600	21600
2	Изготовление макетов ламп	Исполнитель	33	600	19800
		Консультант	9	1300	11700
3	Проведение эксперимента	Исполнитель	23	600	13800
		Исполнитель	20	600	12000
4	Анализ полученных данных	Руководитель	2	1300	2600
		Исполнитель	3	600	1800
		Исполнитель	3	600	1800
Итого:					74300

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

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

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

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

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

$Т_р$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 12);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д}, \quad (3)$$

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

М – количество месяцев работы при отпуске в 48 раб. дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни. (таблица 13).

Таблица 13 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Консультант	Исполнитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	104 14	104 14	104 14	104 14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	24	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_б \cdot (k_{пр} + k_д) \cdot k_р, \quad (4)$$

где $З_б$ – базовый оклад, руб.;

$к_{пр}$ – премиальный коэффициент , (определяется Положением об оплате труда);

$к_д$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

Таблица 14 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб.	$к_р$	$к_д$	$к_{пр}$	$З_м$, руб	$З_{дн}$, руб.	$Т_р$, раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	23264	1,3	0	0	30243	1300	2	2600
Консультант	23264	1,3	0	0	30243	1300	9	11700
Исполнитель	11000	1,3	0	0	14300	600	95	57000
Исполнитель	11000	1,3	0	0	14300	600	23	13800

4) Дополнительная заработная плата

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

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

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (5)$$

где $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$к_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 15 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 15 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Консультант	Исполнитель	Исполнитель
Основная зарплата	2600	11700	57000	13800
Дополнительная зарплата	312	1404	6840	394
Зарплата исполнителя	2912	13104	63840	14194
Итого по статье $С_{зп}$	94050			

5) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0{,}271 \cdot 94050 = 25487 \quad , \qquad (6)$$

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

6) Накладные расходы

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0{,}7 \cdot 94050 = 65835\,, \qquad (7)$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости исследования очагов воздействия лазерного излучения на поверхности углеродистой стали. Все данные по статьям сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Группировка затрат по статьям

Наименование статьи затрат	Размер затрат, р.
Прямые материальные затраты (сырье, комплектующие)	3245
Спецоборудование для научных работ	50000
Основная заработная плата	74300
Дополнительная заработная плата	8950
Отчисления на социальные нужды	25487
Прочие накладные расходы	65835
Итого плановая себестоимость	227817

Список публикаций студента

1. Неверовский К.А. Оптическое моделирование светодиодной лампы/ К.А. Неверовский, Е.О. Постолова, К.Н. Афонин, Ю.В. Ряполова// Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника: материалы межд. науч.- техн. конф./Научная сессия ТУСУР. – 2016

2. Неверовский К.А. Тепловое моделирование светодиодной лампы/ К.А. Неверовский, Е.О. Постолова, К.Н. Афонин, Ю.В. Ряполова// Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника: материалы межд. науч.- техн. конф./Научная сессия ТУСУР. – 2016

3. Неверовский К.А. Оптическое моделирование светодиодной лампы/ К.А. Неверовский, Е.О. Постолова, К.Н. Афонин, Ю.В. Ряполова// IT-технологии и электроника: материалы межд. конф./Перспективы развития фундаментальных наук. – 2016. – 30(39)/7. – С. 96-99.