

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Отделение материаловедения Направление подготовки:
Оптомехника

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы Разработка светового прибора для освещения угольного карьера

УДК- 628.977.1:622.33

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В51	Клименко Карина Денисовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гриценко Борис Петрович	Доктор технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Степанов Сергей Александрович	к.ф. – м.н		

Томск – 2019 г.

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 12.03.02 «Оптотехника»
Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП «Оптотехника»
ОМ ИШНПТ

_____ Степанов С.А.
(подпись) (дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4В51	Клименко Карина Денисовна.

Тема работы:

Разработка светового прибора для освещения угольного карьера	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ :

Исходные данные к работе <i>(определение предмета исследования или проектирования; производительность; режим работы вид изделия или вид материала, требования к продукту, изделию 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>	Материалы по расчету и проектированию световых приборов, программный продукт SolidWorks, LightTools. Интернет ресурсы
---	---

<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>Аналитический обзор литературы по существующим конструкциям, оптической части осветительных приборов светодиодных источников света; разработка оптической части осветительного прибора, расчёт световых характеристик. Разработка светового прибора для освещения угольного карьера.</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Результаты проведенных расчетов (3D модели осветительного прибора, распределение теплового расчета, КСС.)</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Николаенко Валентин Сергеевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Скачкова Лариса Александровна</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>28.09.2018</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Профессор</p>	<p>Гриценко Борис Петрович</p>	<p>Доктор технических наук</p>		<p>17.10.18</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4В51</p>	<p>Клименко Карина Денисовна</p>		<p>17.10.18</p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
4B51	Клименко Карина Денисовна

Школа	ИШНПТ	Отделение	ОМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.04.02 «Оптотехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>В исследовании задействовано 2 человека. Стоимость одного светового прибора составило – 42503,03.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы рабочего времени, выполнения исследования</i>
3. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды от ФОТ – 27,1%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведение НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>1. Потенциальные потребители НТИ 2. Разработка структуры проекта</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Определение: цели и результата проекта, организационной структуры проекта и ограничений, и допущении проекта</i>
3. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета, определение рисков</i>
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка экономической эффективности проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B51	Клименко Карина Денисовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4B51	Клименко Карине Денисовне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	12.04.02 «Оптотехника»

Тема ВКР:

Разработка светового прибора для освещения угольного карьера	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом проектирования является светодиодный прожектор, используемый для освещения угольного карьера. Данный световой прибор устанавливается на мачте, при помощи кронштейна.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	-Рабочее место инженера проектировщика должно соответствовать ГОСТ 12.2.032-78, -Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) -ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	При эксплуатации светодиодного светового прибора на людей могут воздействовать следующие вредные факторы: 1. Пульсация освещенности 2. Показатель дискомфорта К опасным факторам относится электрический ток.
3. Экологическая безопасность:	Источниками света разрабатываемого прожектора служат светодиоды. Светодиодные источники света не содержат токсичных веществ и являются экологически безопасными.

	Непосредственная утилизация светодиодного прожектора происходит по стандартной схеме утилизации твердых бытовых отходов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятной ЧС при эксплуатации светодиодного прожектора является пожар. Причиной возникновения пожара при работе прожектора может стать короткое замыкание, превышение допустимого напряжения, перегрузка блока питания.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B51	Клименко Карина Денисовна		

*Планируемые результаты обучения по ООП 12.03.02
Оптомехника (бакалавриат)*

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области оптомехники	Требования ФГОС (ПК-1, ОПК-8, ОК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий	Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-4, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Применять полученные знания для решения задач, возникающих при эксплуатации новой техники и технологий оптомехники	Требования ФГОС (ПК- 4, 6, 10, 12, 18 ОПК-2), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования световой, оптической и лазерной техники, оптических и светотехнических материалов и технологий	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК- 1, 4, 5, ОПК-7), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Владеть методами проведения фотометрических и оптических измерений и исследований, включая применение готовых методик, технических средств и обработку полученных результатов	Требования ФГОС (ПК-2, 3, ОПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач	Требования ФГОС (ПК-4, 7, 8, 9, 5, 19,20,21), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области оптомехники	Требования ФГОС (ПК-14,17, ОК-7). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	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 деятельности	Требования ФГОС (ОК-5,6, ПК-22) Критерий 5 АИОР (пп. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P9	Уметь эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС (ОК-5,ПК-10,13,15,16,23). Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научной, педагогической и производственной деятельности	Требования ФГОС (ОК-2,3,6,10 ОПК-4,9). Критерий 5 АИОР (1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК- 4,7,8, ОПК- 1, 2,6, ПК- 5,13) Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 70 с., 38 рис., 16 табл., 16 источников.

Ключевые слова: световой прибор, светодиоды, КСС, освещенность, отражатель, сила света, прожектор, наружное освещение.

Объектом разработки является светодиодный прожектор, используемый для освещения угольного карьера г. Экибастуз.

Целью работы является разработка энергоэффективного и надежного светодиодного прожектора с улучшенными характеристиками, который будет наиболее удобен в использовании.

Методология проведения работы расчет оптической системы прожектора был проведен в программе LightTools. Для моделирования системы теплового расчета прожектора использовался модуль Flow Simulation, интегрируемый в систему SolidWorks.

Полученные результаты – оптическая система из 8 светодиодов ХНР-35 с параболическим отражателем, позволяющая формировать световой пучок с требуемыми светотехническими характеристиками.

Область применения – освещение угольного карьера.

Определения, обозначения, сокращения

В работе использованы следующие обозначения и сокращения:

КПД – коэффициент полезного действия;

КСС – кривая силы света;

ИС- источники света;

ДРЛ-ртутная газоразрядная лампа;

СП-световой прибор;

ОУ-осветительная установка;

ОП-осветительный прибор

Оглавление

Введение.....	12
Глава 1. Исследование и проектирование систем наружного освещения	13
1.1 Обзор конструкций осветительных приборов на основе светодиода	13
1.2 Обзор оптической части светодиодного осветительного прибора	16
1.3 Обзор охладителей светодиодных источников света	18
1.4. Выводы.....	23
Глава 2. Объект и способы проектирование	24
2.1 Объект проектирование.....	24
2.2 Анализ существующего освещения на угольном карьере г. Экибастуз	24
2.3. Сравнение источников света и световых приборов для освещения угольного карьера.....	25
2.4. Организация участка освещения	26
2.4. Выводы.....	30
Глава 3. Проектирование светового прибора для освещения угольного карьера..	31
3.1 Расчет оптической системы прожектора.....	31
3.2. Оптическая система со светодиодами XHP35	31
3.3 Расчет температур светового прибора.....	35
3.4. Электрическая часть светового прибора	37
Глава4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	38
Введение.....	38
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности, ресурсосбережения.....	38
4.1.1 Потенциальные потребители результатов НТИ	39
4.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
4.3 SWOT-анализ НТИ	41
4.4 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования	43
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	43
4.4.2. Определение трудоемкости выполнения НИ	45
4.4.3.Разработка графика проведения научного исследования.....	47
4.5. Расчет бюджета для научно-технического исследования.....	49
4.5.1.Расчет материальных затрат	49
4.5.2.Расчет полной заработной платы исполнителей	50
4.5.3.Дополнительная заработная плата исполнителей темы	52
4.5.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	53

4.5.5. Накладные расходы	54
4.5.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	54
4.5.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	55
Глава 5. Социальная ответственность	57
Введение.....	57
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57
5.2 Производственная безопасность	60
5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов	61
5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов	62
5.2 Экологическая безопасность	63
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
Вывод	66
Заключение	67
Список использованной литературы	68

Введение

Актуальность работы определяется необходимостью повышения эффективности освещения на территории угольного карьера. Вопрос безопасности людей в ночное время суток был и остается важным. В темное время суток на 30% увеличивается количество происшествий. Поэтому разработка энергоэффективных и качественных систем освещения является актуальным. Используемые сегодня световые приборы для освещения угольного карьера оборудованы малоэффективными источниками света, что приводит к большим энергозатратам, и требуют частого и дорогостоящего технического обслуживания.

Светодиодные ИС находят применение не только в приборах, предназначенных для освещения жилых и производственных помещений, улиц, фасадов и спортивных сооружений, но и в специализированных системах освещения, где эксплуатационные характеристики, большой срок службы и эффективность имеют крайне важное значение. Примером таких систем могут служить СП для освещения больших участков, в частности угольного карьера.

Используемые сегодня световые приборы оборудованы малоэффективными источниками света, что приводит к большим энергозатратам, и требуют частого и дорогостоящего технического обслуживания. На данный момент на угольном карьере г. Экибастуз используются приборы с ДРЛ лампами. Лампы часто выходят из строя, за месяц происходит 20-40 замен. Поэтому разработка энергоэффективного и надежного светодиодного прожектора является актуальной работой.

Целью работы является разработка энергоэффективного и надежного светодиодного прожектора с улучшенными характеристиками, который будет наиболее удобен в использовании, предназначенный для освещения угольного карьера.

Практическая значимость результатов ВКР. Разработанный светодиодный прожектор может использоваться для освещения угольного карьера.

Глава 1. Исследование и проектирование систем наружного освещения

Для нужного подхода к решению обозначенных вопросов требуется изучение и характеристики действующих осветительных установок (ОУ). Главными факторами по разработке ОП является эффективное использование электроэнергии, соблюдение нормируемых показателей освещенности и равномерность освещенности.

1.1 Обзор конструкций осветительных приборов на основе светодиода

Существует огромное количество световых приборов прожекторного типа, которые могут быть эксплуатированы на территории с большой площадью, в нашем случае для освещения угольного карьера.

Более универсальным является световой прибор, предложенный в патенте [11], от фирмы LV-PRO HARD, в прожекторе, содержащем прозрачный защитный элемент, с белыми светодиодами, часть которых помещена в фокусы плоских линз Френеля, изготовленных в шахматном порядке на прозрачной пластмассовой пластине, мощностью 12 и 24 Вт. Световой прибор подходит для подвижной техники (шагающего экскаватора), а также в местах, где нет стационарных электросетей, повышенная влажность. Корпус светильника выполнен из алюминия и стали с полимерным покрытием, материал радиатора выполнен методом экструзии. Главной чертой патента является улучшенный теплоотвод, моментальная разборка конструкции. При необходимости замена светодиодного модуля. Достоинством осветительного прибора рис 1.1. является защищенный компактный корпус с надёжно прикрепленными компонентами. Недостаток предлагаемой конструкций это наличие радиатора, в котором будет скапливаться пыль и грязь.

Таблица 1. Технические характеристики прожектора LV-PRO HARD

Потребляемая мощность, Вт	От 28 до 378
Рабочая температура, °С	-40...60
Степень защиты от внешних воздействий	Корпус IP67
Габаритные размеры, мм	Прожектор 460x233
Масса, кг	16
Светоотдача светильника	100 — 125 Лм/Вт



Рис.1.1. Внешний вид прожектора LV-PRO HARD

Добыча угля на карьерах ведется круглосуточно. Для того, чтобы обеспечить эффективность работы ночной смены, используют световые приборы на стрелы экскаватора, которые удобны в креплении рис.1.2. Светильник по изобретению имеет отличительное преимущество в том, что внедрение зеркального отражателя дает управлять отраженным светом, от источника к рассеивателю.

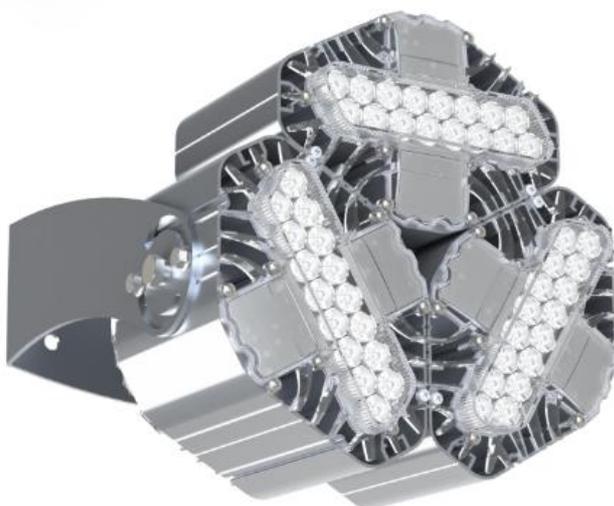


Рис.1.2. Внешний вид прожектора L-lego II 165 banner

Таблица 2. Технические характеристики прожектора L-lego II 165 banner

Потребляемая мощность, Вт	135
Рабочая температура, °С	-40...60
Степень защиты от внешних воздействий	Корпус IP66
Габаритные размеры, мм	Прожектор 216×348×236
Масса, кг	6,7
Световая отдача	100 — 110 Лм/Вт

Данный световой прибор имеет интеллектуальную систему диммирования. Предназначен для освещения промышленных производств, спортивных площадок, мест, где ведется разработка и добыча угля. Корпус выполнен методом экструзии, материал-алюминий. [12] Обтекаемая форма корпуса обеспечивает защиту от охлаждений, защищает от пыли, а т., к. прибор будет освещать угольный карьер, то высокая защита от пыли необходима, это исключит нужду периодической очистки светового прибора. Уменьшенный вес и габариты. Крепление баннерное. Состоит всего из одной детали, что способствует еще более уменьшенному весу СП. Драйвер был разработан специально для L-lego II 165 banner, срок эксплуатации СП предполагает примерно 100000 часов. Так же драйвер защищает светильник от импульсных помех и перегрева. Установлено светорассеивающее стекло из поликарбоната. Недостатком данного СП является концентрированная КСС.

Еще один вариант светового прибора, рис 1.3. L-lego II 330 banner [13], так же оснащен интеллектуальной системой диммирования, система была разработана для регулирования яркости. Модульный светильник мощностью 270 Вт, предназначен для освещения территории с высокими требованиями к освещенности, к ним относятся: стадионы, карьеры, промышленные объекты. Монтаж для СП стал более усовершенствован. Гладкий корпус не дает возможности травмироваться при установке. Уменьшенные габариты оптимизируют затраты на перевозку светового прибора. Цветовая температура от 4000-5000К. Габаритные размеры 364×385×188. Высокий уровень защиты корпуса светильника IP 66.

Таблица 3. Технические характеристики прожектора L-lego II 330 banner

Потребляемая мощность, Вт	135
Рабочая температура, °С	-40...60
Степень защиты от внешних воздействий	Корпус IP66
Габаритные размеры, мм	Прожектор 216×348×236
Масса, кг	6,7
Световая отдача	100 — 110 Лм/Вт

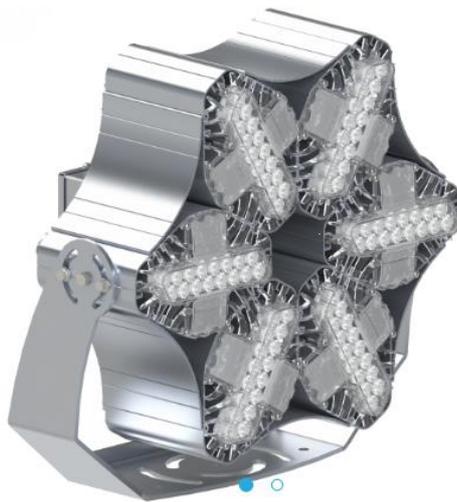


Рис.1.3. Внешний вид прожектора L-lego II 330 banner

1.2 Обзор оптической части светодиодного осветительного прибора

Главная задача оптической системы – это формирование необходимого распределений света в среде при одновременном сохранении светового потока, исходящего от источников света. Большинство современных светильников используют рассеиватели и отражатели (рисунок 1.4).



а)



б)

Рисунок 1.4 – Прожекторы, с отражателем (а), с рассеивателем (б)

Отражатель необходим для направления света, за счет него происходит перераспределения в среде при помощи многократного отражения. Форма отражателя может быть разной, это зависит от функции самого СП. Отражатель бывает зеркальный (направленный), диффузный и смешанный (направленно-диффузный) [13].

Важным параметром материалов отражателя является коэффициент отражения и кривая распределения отраженного потока света в среде, в цветных материалах важным показателем является спектральное распределение коэффициента отражения. В направленных и направленно-диффузных отражателях, материалы обрабатываются разными методами, покрытие осуществляется металлом на неметаллической основе, в основном из жёстких пластиков.

Направленно-диффузные отражатели (смешанные) обычно изготавливают из белого блестящего материала, к ним относится силикатный материал (силикатная эмаль), не пропускающая свет.



Рисунок 1.5 – а) Зеркальное отражение; б) Рассеянное отражение

Направленное отражение может дать необходимую распределению кривую силы света, в то время, как диффузное отражение может быть только ламбертовским, смешанное отражение является и диффузным, и направленным. Самый высокий коэффициент отражения из металлов имеет серебро, но из-за высокой цены почти не применяется, заменой является алюминий. Коэффициент отражения алюминия равен 0,8. Имеет свойства быстро окисляться в среде. Для защиты от окисления применяется альзакирование и анодирование. Альзакирование - процесс нанесения тонкой пленки двуокиси кремния на алюминиевую поверхность. Анодирование – процесс создания оксидной плёнки на поверхности некоторых металлов и сплавов путем их анодной поляризации в проводящей среде. [14]

Таблица 4 – Коэффициенты отражения различных металлов [15]

Металл	Коэффициент отражения, %
Серебро	91,5
Алюминий	73,8
Висмут	71,7
Цинк	56,0
Железо	55,0
Олово	54,0
Медь	47,7

У алюминий хороший коэффициент отражения в УФ области и высокий коэффициент отражения в видимом и ближнем ИК спектральном диапазоне. Для изготовления различных материалов с диффузным отражением применяется краски и эмали из белых пигментационных фрагментов, таких как цинковые окиси, титановая двуокись и др. Эмали покрывают поверхность отражателей способом распыления сжатым воздухом. Коэффициент отражение качественных эмалей составляют около 0,85 [16]

1.3 Обзор охладений светодиодных источников света

Благодаря высокой световой отдаче, долгому сроку службы и за свою экологическую чистоту СП на основе светодиодов является очень конкурентоспособным решением. Мощность излучения, световой поток, долговечность и эффективность светодиодов зависит от температуры в среде р-п перехода. Это делает выбор системы теплоотвода и тепловой расчет весьма важным этапом проектирования осветительных систем на основе светодиодов. Необходимо знать, что при росте температуры КПД снижается. Большая часть (70-80%) преобразуется в тепло. На рисунке 1.6. изображена зависимость величины относительного светового потока от температуры для светодиодов компании CREE [17]. Как видно из графика с увеличением температуры перехода светодиода величина светового потока уменьшается, и наоборот – при хорошем охлаждении поток возрастает.

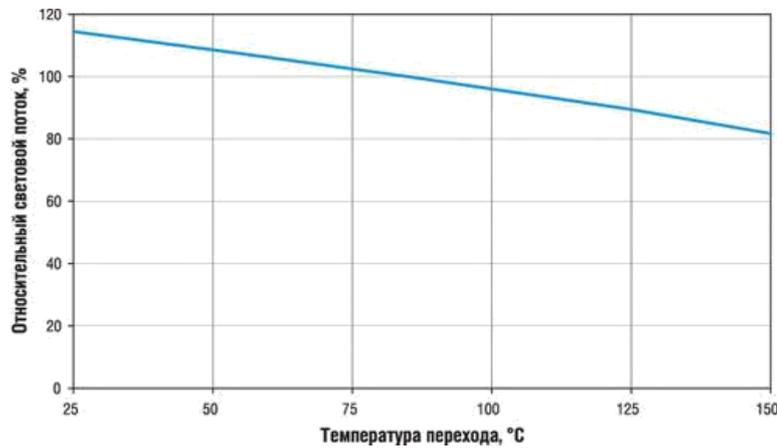
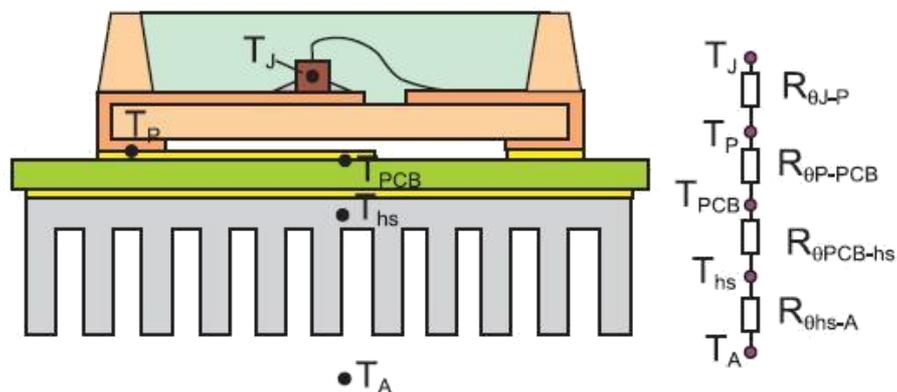


Рис.1.6. Зависимость светового потока от температуры перехода на примере светодиода компании CREE.

Механизм отвода тепла в атмосферу у светодиодов более сложен. Систему охлаждения светодиодов можно представить в виде эквивалентной схемы последовательно и параллельно подключенных тепловых сопротивлений. В качестве примера для составления эквивалентной цепи возьмем один светодиод, установленный на печатной плате, прикрепленной к радиатору (рис 1.7).

Рис.1.7. – Модель теплового сопротивления для одиночного светодиода.



Путь отвода тепла образуется множеством тепловых сопротивлений: «р-n переход (Температура) – корпус», «корпус – печатная плата», «печатная плата – радиатор», «радиатор – воздух».

Рассмотрим подробнее, какой вклад вносят в общее тепловое сопротивление такие элементы как печатная плата, теплопроводящие материалы и радиатор.

1. Печатная плата. Большинство светодиодов компании CREE необходимо устанавливать на печатную плату. От выбора материала печатной платы зависит тепловое сопротивление. Цена на стеклотекстолит низкая, но имеет большое сопротивление, в сравнении с металлическими платами. Стеклотекстолит FR-4 один из наиболее часто используемых материалов при изготовлении печатных плат. На рисунке 1.8. приведена структура ПП из FR.

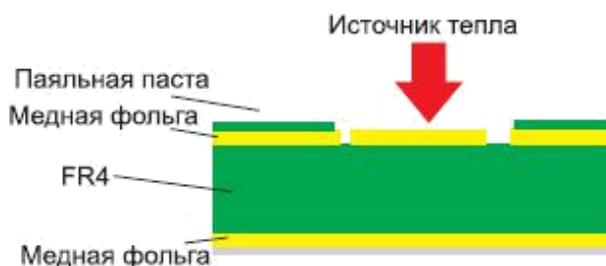


Рисунок 1.8. – Структура печатной платы из стеклотекстолита FR-4

Таблица 5.— Значения материала для печатной платы и стеклотекстолита FR-4

Материал слоев	Толщина, мкм	Теплопроводность, Вт/м*К
Паяльная паста SnAgCu	75	58
Верхняя фольга Cu	70	398
Стеклотекстолит FR-4	1588	0,2
Нижняя фольга Cu	70	398

Еще один вариант печатной платы из фольгированного алюминия (МСРСВ) состоит из четырех слоев: паяльная маска, слой медной фольги, теплопроводящий. Часто в качестве металлической основы используется алюминий, реже медь, сталь.

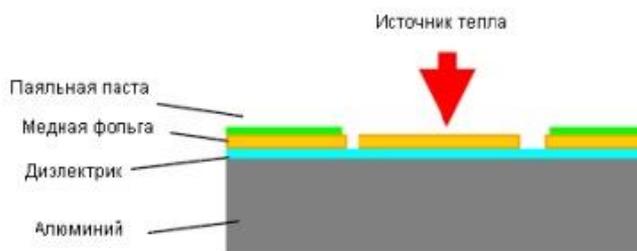


Рис.1.9.– Структура печатной платы из фольгированного алюминия

Таблица 6.– Значения материала для печатной платы из фольгированного алюминия (МСРСВ)

Материал слоев	Толщина, мкм	Теплопроводность, Вт/м*К
Паяльная паста SnAgCu	75	58
Верхняя фольга Cu	70	398
Диэлектрик	100	2,2
Алюминий	1588	150

Теплопроводящие материалы нужны для создания контакта между радиатором и платой или радиатором и светодиодом. Некоторые теплопроводящие материалы, могут выполнять функцию изоляции узлов схемы или механического крепления. К основным теплопроводящим материалам относятся термопасты, гели, термоклей, медь, алюминий.

2. Радиатор –самый важный элемент в системе охлаждения светового прибора; радиатор отводит тепло от печатной платы и рассеивает тепло в воздухе. Материал радиатора должен быть с высоким показателем теплопроводности, обладать высоким коэффициентом излучения, для рассеяния тепла в виде теплового излучения. Так же радиатор может выполнять другие функции, например, выступать в роли самого корпуса, либо держателя. Для изготовления радиатора обычно используется прессованный алюминий, потому что алюминий хорошо отводит тепло и имеет небольшой вес. Самым теплопроводящим металлом является медь, у меди теплопроводность в два раза больше, чем у алюминия, но в сравнении с алюминием, медь имеет большой удельный вес и плохую податливость. Можно выделить два вида радиаторов, которые наиболее популярны: игольчатые и ребристые.

Для эффективного охлаждения часто радиатор дополняют вентилятором. Данный метод охлаждения применяется только тогда, когда отсутствует большие запыленности участков. Главный минус вентиляторов-шум. Для преодоления шума и снижение размеров системы охлаждения была разработана струйная система обдува радиатора [18]. Струйная система обладает низким уровнем генерируемого звукового шума и малым размером. Струйная система обладает низким уровнем генерируемого звукового шума и малым размером.



Рисунок 1.10 – Вентиляторы для активного охлаждения [19]

1.4. Выводы

1. Мощные осветительные приборы применяемые в общем освещении реализованы с применением пассивных и активных охлаждений.

2. Самыми оптимальными материалами для отражателей является – слой из алюминия в качестве зеркального отражения, коэффициент отражения, которого может достигать 0,95 и жесткий ПК пластик в качестве основного материала для снижения стоимости и веса отражателя. Самым лучшим материалом для отражателя является эмаль из белых пигментационных фрагментов (цинковые окиси и др.).

3. В нашем осветительном приборе радиатор не требуется, т.к. достаточно теплоотвода за счет корпуса.

Глава 2. Объект и способы проектирование

2.1 Объект проектирование

Объектом проектирование является световой прибор для освещения угольного карьера, находящегося в г. Экибастуз. Сегодня существует два принципиальных решения светотехнической оптической системы для СП на светодиодах. Это отражатели и линзы с эффектом полного внутреннего отражения. В нашем прожекторе целесообразно использовать отражатели. Это связано с тем, что такое решение отличается надёжностью, легкостью обслуживания и дешевизной. А именно эти качества являются наиболее важными для освещения промышленных участков. В данном осветительном приборе будут использоваться параболические отражатели, для формирования пучка с необходимым КСС и для равномерного распределения освещенности по площадке.

2.2 Анализ существующего освещения на угольном карьере г. Экибастуз

Для освещения угольного карьера, находившегося в г. Экибастуз на сегодняшний день, используются световые приборы с ДРЛ источниками света. На стрелу шагающего экскаватора устанавливают ДРЛ лампы. За месяц происходит от 20 до 40 замен. Использовать в качестве источника света ДРЛ лампы крайне невыгодное и опасное решение. К одним из недостатков относится интенсивное образование озона при их использовании. Ртутные газоразрядные лампы имеют низкую цветовую температуру. Если напряжение в сети упадет на 20%, лампа может погаснуть. Высокий коэффициент пульсации мешает рабочему персоналу, это может привести к быстрой утомляемости и снижению зрения.



Рис. 2.1. Освещение угольного карьера с ДРЛ источниками света

2.3. Сравнение источников света и световых приборов для освещения угольного карьера

Для уличного освещения (УО) целесообразно применение эффективных источников света (ИС), эффективность в данном случае определяется высоким значением световой отдачи и сроком службы. В таблице приводится сравнение ламповых ИС (сюда входят ДРЛ и светодиодных (LED)).

Таблица. 7 Сравнение ИС, применяющихся в освещение угольного карьера.

Тип ИС / Характеристики	ДРЛ	LED
Световая отдача, лм/Вт	30-60	До 160
Срок службы, ч	до 10 000	До 50 000
Индекс цветопередачи	40-59	Более 90
Наличие ртути	75-350 мг	Не имеется
Возможность диммирования	нет	есть

Исходя из данных, можем сделать вывод, что наиболее благоприятным источником света является – светодиодные источники. Во-первых, у светодиодных источников большая световая отдача.

Во-вторых, большой срок службы, что приводит к большей экономии. Огромный плюс сыграет то, что у светодиодных источников не имеется ртуть. Т.к. мы разрабатываем источник света для угольного карьера, наличие ртути может привести к неприятным ситуациям и повлиять на здоровье людей.

2.4. Организация участка освещения

Общее освещение будет осуществляться при помощи перевозных мачт. Высота подвеса регулируется от 3-9 м. На одну мачту может быть зафиксировано до 4 световых приборов. Мачты освещения выпускаются с генератором, генератор может быть бензиновым или дизельным. Но прогресс не стоит на месте, и в продаже уже появляются мачты, оборудованные аккумуляторными солнечными батареями. В качестве подъемного механизма мачты применяют лебедку либо гидроцилиндр. Чем больше суммарная мощность осветительных приборов, тем большую площадь они освещают. Голова ОУ имеет поворотный механизм, это позволяет направлять освещение в нужном направлении. Светодиодные источники света дадут мягкий, рассеянный белый свет, который не будет слепить работников. Светодиодные источники света не чувствительны к перепадам напряжения, работают в широком диапазоне температур. Мачта оснащена комплектом растяжек для устойчивости к ветру, эта опция необходима для работы на открытых участках.



Рис 2.2. Перевозная мачта освещения

Так как нам необходимо освещать локальное место добычи угля, освещаемую площадь мы рассчитываем по параметрам шагающего экскаватора. Вылет стрелы шагающего экскаватора равен 30 м, стрела может опускаться на глубину 20 м. Исходя из этих данных можно предположить, что требуемая площадь освещения должна равняться 20×20м.

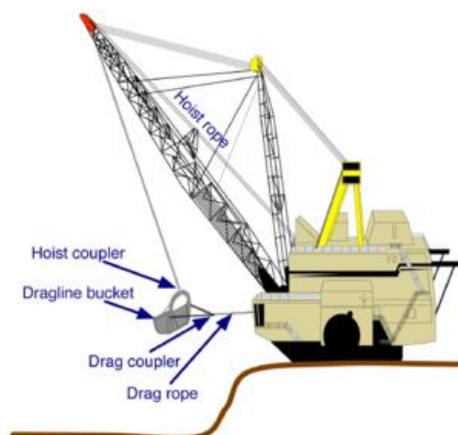


Рис 2.3. Шагающий экскаватор с вылетом стрелы 30 м

2.3. Методика исследования и обоснование используемых программных

Для расчета светотехнических характеристик был использован программный пакет LightTools, предназначенный для автоматизированного расчета оптических систем. Программный пакет LightTools предназначен для трехмерного моделирования оптических и световых приборов. При расчете оптической системы учитываются все возможные преобразования света, такие как отражение, преломление, рассеяние, дисперсия, дифракция, полное внутренне отражение [20].

Так же при помощи LightTools можно создать ies-файл, который в дальнейшем можно использовать в таких программах, как Dialux, Lightscape и т.д. Тогда для реализации поставленной задачи необходимы численные методы. Программный комплекс SolidWorks широко применяется для проектирования новых образцов техники в современной инженерной практике. Это объясняется функциональными возможностями 3D моделирования и наличием полного набора средств инженерного анализа, ориентированных как на рядовых инженеров – проектировщиков, так и на профессиональных расчетчиков.

SolidWorks – разработка компании SolidWorks Corporation (США), система автоматизированного проектирования (САПР) в трехмерном измерении. Разработана специально для работ с 3D моделями. Обладает достаточно простым интерфейсом. Твёрдотельная модель СП создавалась с помощью программы SolidWorks Version 2016.

SolidWorks Simulation для формирования расчетной модели использует геометрическую модель или сборку SolidWorks, а для проведения анализа используется метод конечных элементов. Метод конечных элементов является численным методом анализа конструкций; универсальным и пригодным для работы на компьютерах. При использовании метода конечных элементов модель делится на малые части (создание сетки) с простыми формами (элементы), которые эффективно заменяют сложную задачу простыми. [19].

Светодиод, как и любой другой электронный прибор, не обладает значением КПД 100%, а это значит, что часть потребляемой мощности преобразуется в тепло. Современные светодиоды обладают КПД порядка 40...50%, то есть в среднем 50...60% потребляемой мощности преобразуется в тепло. При проектировании световых приборов со светодиодными источниками света требуется проводить моделирование теплового расчета.

Flow simulation – программное обеспечение, интегрированное в SolidWorks для расчёта жидкостных и газовых потоков модели, как внутри, так и снаружи. В состав семейства входит базовый пакет Flow Simulation и дополнительные прикладные модули Electronics Cooling Module и HVAC (Heat Ventilating Air Conditioning) Module.

Особенностью Flow Simulation является то, что при назначении физических свойств моделей их можно импортировать из SolidWorks, имеющего обширные библиотеки материалов. Это упрощает и ускоряет процесс моделирования, особенно в случае сложных систем со множеством объектов, обладающих различными тепловыми характеристиками. В процессе вычислений для их контроля можно в реальном времени строить графики показаний датчиков, а также срезные эпюры температур, давления, скоростей и т. д.

Вычисление можно прерывать, сохраняя при этом промежуточный результат, что позволит продолжить расчет позже. Для визуализации результатов расчета Flow Simulation обладает полным набором инструментов, ставшим уже стандартом для расчетных программ такого рода. Есть возможность экспорта полученных данных в формат Microsoft Excel, что позволяет использовать его математический аппарат для анализа полученного решения [19].

2.4. Выводы

1. Объектом работы являлась разработка прожектора для освещения угольного карьера.

2. Для светотехнического расчета было использовано программное обеспечение LightTools. Твёрдотельная модель прожектора создавалась с помощью программы SolidWorks. Тепловой расчет был проведен в модуле Flow Simulation, интегрируемом в систему SolidWorks.

3. Применение СП для освещения участка только на стреле шагающего экскаватора крайне неудобно, т.к. работающему человеку видно лишь только небольшую площадь участка. Наш СП будет разработан для общего освещения, вместе с рабочим

4. Использовать осветительные мачты хорошее решение, во-первых, потому что будет освещена большая площадь, это поможет избежать несчастных случаев, во-вторых, белый свет, не будет вызывать усталости глаз и будет плодотворно влиять в целом на работу человека.

Постановка задачи:

– Разработать конструкцию для светового прибора и отражателя, обеспечивающую защиту от пыли и влаги. (IP60).

– Разработать оптическую систему светового прибора отраженным светом с качественным освещением.

Глава4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Темой выпускной работы является разработка светового прибора для освещения угольного карьера. В этом разделе будет рассматриваться финансовые данные для проектируемого светильника со светодиодными источниками света, предназначенные для освещения угольного карьера.

Целью раздела «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент» является оценка эффективности и возможности проведения данного исследования, оценки рисков и затрат, а также решение задач.

Поставим задачи для данного раздела:

- Оценить перспективность исследования;
- Составить план выполнения исследования;
- Рассчитать необходимые затраты для исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности, ресурсосбережения

Перспективность исследований определяется не столько значимостью и глобальностью открытия, которые будет сложно оценить на начальных этапах проекта, а именно коммерческой оценкой. Оценка коммерческой ценности – обязательно условие, необходимое для поиска источников финансирования и, следовательно, для успешного проведения научного исследования.

Опыт мировых практик показывает, что недостаточная оценка рынков сбыта производимой продукции является одной из главных причин несостоятельности многих проектов. Необходим тщательный анализ спроса на продукцию, которую предполагается выпускать, определить, в каких объемах и по какой цене его купят.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов НТИ

Потенциальными потребителями данного научно технического исследования являются угольные карьеры, места рудниковой разработки.

Таблица 9 – Карта сегментирования рынка

Отрасли, занимающиеся световыми приборами				
	Научные институты	Внедренческие организации	Заводы-изготовители	Компании, занимающиеся 3D печатью металлами
Разработка оптической, тепловой, электрической части светового прибора на основе светодиода	x		x	
Освоение новых методов создания светового прибора на основе светодиода	x	x		x
Изучение свойств светодиода	x		x	
Анализ характеристик светодиода	x	x		
Продажа светового прибора	x	x	x	
Продажа результатов исследований и анализов светового прибора	x			
Использование светового прибора в промышленных целях			x	x

Как видно из карты сегментирования, научные институты выполняют наибольший цикл работ, связанных с световыми приборами. Основным сегментом данного рынка являются научные институты, производящие и изучающие световые приборы. Сегментом, на который ориентирована цель магистерской диссертации, является проектирование оптической, тепловой, электрической части светового прибора на основе светодиода и отражателя,

изучение свойств и их анализ. В будущем предполагается применение проектированных результатов во многих институтах и компаний, занимающихся разработкой светового прибора.

4.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Конкурентом предложенной ОУ (осветительных установок) со светодиодными источниками света (ИС) является ОУ с ламповыми ИС. Для того, чтобы в этом убедиться составим оценочную карту (табл. 2)

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Ламповые источники	LED	Ламповые источники	LED
1	2	3	5	6	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышенная производительность труда пользователя	0,09	1	4	0,09	0,36
Удобство в эксплуатации	0,09	2	4	0,18	0,36
Надежность	0,09	3	2	0,27	0,18
Уровень шума	0,09	1	2	0,09	0,18
Безопасность	0,09	1	3	0,09	0,27
Простота эксплуатации	0,09	1	4	0,09	0,36
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,09	3	2	0,27	0,18
Уровень проникновения на рынок	0,09	3	1	0,27	0,09
Цена	0,09	4	1	0,36	0,09
Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	3	5	0,27	0,45
Послепродажное обслуживание	0,09	3	5	0,27	0,45
Итого:	1	25	33	2,25	2,97

ОУ на светодиодных прожекторах – это будущее светотехники. Заинтересовать потребителя меньшей стоимостью услуг не получится, но показав возможности энергоэффективности и отсутствия дополнительных работ (замена ламп и обработка поверхности выходного окна прожектора) возможно будет эффективным способом привлечения потребителей.

4.3 SWOT-анализ НТИ

Для того чтобы оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта, был произведен SWOT – анализ проекта.

Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта приведены в таблице 11.

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1.Актуальность проводимого исследования С2.Уникальность исследования С3.Обширная сфера применения С4.Освоение продвинутых проектирующих программ	В1.Анализ существующих приборов и разработка новых систем освещения для потребителей В2.Применение отражателя в новых направлениях В3.Развитие отношений с зарубежными производителями и потребителями и укрепление конкурентности
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1.Большие финансовые, производственные затраты на реализации проекта Сл2.Требуется деталей и материалов сложных форм, разрешаемым за счет приобретения у других стран Сл3. Техническая сложность в эксплуатации	У1.Развитие конкуренции в сфере исследований комбинированных светильников с отражателями У2.Продукция мало востребована У3.Слабые стороны проекта может стать преимуществом для конкурентов, обладающих более развитыми технологиями и низкими издержками

Следующий этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Результаты анализа SWOT – матрицы проекта представлены в таблице 12.

Таблица 12– SWOT-анализ итоговой матрицы

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Актуальность проводимого исследования 2. Уникальность исследования 3. Обширная сфера применения 4. Освоение продвинутых проектирующих программ 	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Большие финансовые, производственные затраты на реализации проекта 2. Требуется деталей и материалов сложных форм, разрешаемым за счет приобретения у других стран 3. Техническая сложность в эксплуатации
<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ существующих приборов и разработка новых систем освещения для потребителей 2. Применение отражателя в новых направлениях 3. Развитие отношений с зарубежными производителями и потребителями и укрепление конкурентности 	<p>Проект реализуется в условиях развитой производственной и научной инфраструктуры, который будет развивать и разработать системы освещения такого рода.</p> <p>Уникальность и неоднородность проекта может дать толчок в развитии отношений другими производителями</p>	<p>Возможность наличия партнерских отношений с зарубежными производителями с целью создания и развития систем освещения подобного типа;</p>
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Развитие конкуренции в сфере исследований комбинированных светильников с отражателями 2. Прибор мало востребована 3. Слабые стороны проекта может стать преимуществом для конкурентов, обладающих более развитыми технологиями и низкими издержками 	<p>С развитием партнерских отношений с другими производителями, издержки на реализации проекта минимизируются и дает возможность снизить стоимость, увеличить доступность, устранить слабые стороны разработки который повышает конкурентоспособность проекта.</p>	

Таким образом, самой большой угрозой для проекта является мало востребованность разработки, а также и увеличение конкуренций учитывая слабых сторон проекта, что на данном этапе не прогнозируется, поскольку с развитием партнерских отношений с другими производителями, издержки на реализации проекта минимизируются и дает возможность снизить стоимость, увеличить доступность, который повышает конкурентоспособность продукта.

4.4 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ выполняется поэтапно:

1. определение структуры работ в рамках научного исследования;
2. определение участников каждой работы;
3. установление продолжительности работ;
4. построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научного исследования собирается два человека – это научный руководитель и студент. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном пункте составлен перечень работ в рамках проведения научного исследования и распределены исполнители по видам работ. Порядок приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание исследовательской части работ	Содержание технической части работ	Должность исполнителя
Ознакомительная часть	1	Изучение существующих прожекторов	Обзор литературы, сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, изучения характеристик существующих приборов.	Студент
	2	Рассмотрение вопросов конструирования световых приборов	Обзор светотехнических характеристик существующих приборов.	Руководитель
	3	Календарное планирование работ по теме	Составление графика выполнения работ на всех этапах.	Студент
Проектная часть	4	Освоение программ “Lighttools”, “Solidworks”	Обзор методических указаний по светотехническому расчету и проектированию деталей в 3д форме.	Студент
	6	Разработка оптической части светильника	Моделирование и расчет зеркальных, диффузных отражателей в программе “Lighttools”	Студент
	7	Разработка корпуса	Моделирование корпуса и применение его в компоновке светильника в программе “Solidworks”	Студент
	8	Расчет электрической части	Выбор электрических драйверов для комфортно работы светильника	Студент
Оформление отчета	10	Составление пояснительной записки	Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов.	Студент
	11	Архивация полученных выводов	Написание выводов о проделанной работе.	Руководитель, Студент

4.4.2. Определение трудоемкости выполнения НИ

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.дн.

i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел. Для удобства построения календарного плана-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

Где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности, рассчитываемый по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{k_{\text{кал}} - k_{\text{вых}} - k_{\text{пр}}}{365} = 1,27 \text{ кал. дн.},$$

Где $k_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$k_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$k_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году

Рассчитанные по этим формулам параметры для каждой из работ сведены в таблицу ниже:

Таблица 14– Временные показатели научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ, чел-дни						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$, Чел-дни		Науч.рук-ль	Студент	Науч.рук-ль	Студент
	Науч.рук-ль	Студент	Науч.рук-ль	Студент	Науч.рук-ль	Студент				
Составление и утверждение технического задания	1	-	4	-	1,9	-	3	-	3	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	5	-	3,7	-	4	-	5
Освоение программ «lighttools», «SolidWorks»	-	7	-	12	-	6,7	-	8	-	9
Разработка оптической части светильника	-	5	-	10	-	5	-	6	-	8
Разработка корпуса светового прибора	3	15	5	29	4,2	17	2	26	2	28
Расчёт электрической части светового прибора	-	20	-	35	-	28	-	31	-	33
Оценка эффективности Полученных результатов	3	8	5	15	7,2	6	3	7	4	8

Составление пояснительной записки	-	5	-	12	-	7,8	-	8	-	9
Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	2	-	7	-	4,2	-	2	-	3	-
Подготовка к защите ВКР	1	3	2	4	1,4	2,8	2	3	3	4

4.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках научного исследования, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 7 строим план-график проведения работ.

Таблица 15 – Диаграмма Ганта

п/п	Наименование работ	Исполнители	, дн.	Продолжительность выполнения работ, дн																								
				окт		нояб			дек			январ			февр			март			апр			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и выдача технического задания	Науч. рук.	3	—																								
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	5	■																								
3	Освоение программ «lighttools», «SolidWorks»	Студент	9		■	■																						
4	Разработка оптической части СП	Студент	8			■	■																					
5	Разработка корпуса СП	Науч. рук.	2																									
		Студент	28																									
6	Расчет электрической светового прибора	Студент	33							■	■				■	■												
7	Оценка эффективности полученных результатов	Науч. рук.	4																									
		Студент	8																									
8	Составление пояснительной записки	Студент	9																									
9	Проверка ВКР руководителем	Науч. рук.	3																									
10	Подготовка к защите ВКР	Науч. рук.	3																									
		Студент	4																									
ИТОГО		Науч. рук.	15																									
		Студент	104																									

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 16 декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составит 119 дней. Из них:

104 дня – продолжительность выполнения работ студентом;

15 дней – продолжительность выполнения работ руководителем;

4.5. Расчет бюджета для научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета НТИ используется группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных исследований;
- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.5.1. Расчет материальных затрат

Финансовые затраты на материалы и комплектующие изделия, применяемые при конструировании модернизированного локомотивного прожектора приведены в таблице.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.)

Таблица 16 – материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество, штук	Цена за единицу, руб.	Сумма руб.
Светодиод	ХНР –35	24	165,88	3984
Диммируемый блок питания для СД	Драйвер LED 120 Вт	3	1000	3000
Параболоидный отражатель алюминиевый	под заказ	24	1000	24000
Печатная плата на алюминиевой основе	452x150x109 мм	1	2343,3	2343,3
Защитное стекло	452x150x109 мм	1	2400	2400
Корпус, несущие кронштейны	под заказ	1	5976	5976
Крепежные элементы		40	20	800
Всего				42 503,3
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				1632,4
Итого				40871,3

4.5.2. Расчет полной заработной платы исполнителей

таблица 17– расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящ. на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего Заработн. плата по тарифу (оклад), тыс. руб.
1	Исследование литературы	Студент	9	665,0	6019,0
2	Ознакомление с программами	Студент	5	667,0	3335,0
3	Проведение экспериментов	Науч. рук-ль	4	1410,0	5640,0
		Студент	14	667,0	9338,0

4	Анализ полученных данных	Науч. рук-ль	7	1410,0	9870,0
		Студент	14	667,0	9338,0
Итого:					43524,0

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} ,$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) исполнителя рассчитывается исходя из трудоемкости работ и квалифицированных исполнителей по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p ,$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}$$

Где - Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течении года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
– выходные дни	14	14
– праздничные дни		
Потери рабочего времени –отпуск –невыходы по болезни	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	275	275

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-05;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент равный 1,3 (для Томска).

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Научный руководитель	1	19148	0,3	0,2	1,3	37338	1001	25	25025
Студент	1	1906	0,3	0,2	1,3	3716	490	50	24500
Итого $Z_{\text{осн}}$									49525

4.5.3.Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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 выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

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

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

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

Научный руководитель: $Z_{\text{доп}} = 25025 \cdot 0,12 = 3003$ руб.

Студент: $Z_{\text{доп}} = 24500 \cdot 0,12 = 2940$ руб.

4.5.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (13)$$

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

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	25025	3003
Студент	24500	2940
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	0,271	
Итого	15031	

4.5.5. Накладные расходы

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

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.5.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 21 – расчет бюджета затрат НИИ

Наименование	Сумма, руб	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	5170	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	49525	Суммарная величина обоих исполнителей
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5943	Суммарная величина обоих исполнителей
4. Отчисления во внебюджетные фонды	15031	
5. Накладные расходы	12107	16% от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НИИ	87776	Сумма ст. 1-5

4.5.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной школе оценивая.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1.Качество светодиодов и отражателей	0,25	4
2.Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	5
3.Производительность	0,20	4
4.Экономичность	0,20	5
5.Экологичность	0,10	5
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 5 + 0,10 \cdot 5 = 4,55$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает достаточно неплохой результат (4,55 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.

Высокое значение интегрального показателя говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности и надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы.