

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

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 12.04.02 Опотехника
 Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Проектирование системы освещения для музейного комплекса

УДК 628.973.4:727.7(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ01	Пясталов Вячеслав Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ	Коржнева Т.Г.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОСГН	Гасанов М. А. о.	Д.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ООД	Антоневич О.А.	К.Б.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОМ	Полисадова Е.Ф.	д.ф.-м.н.		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код	Результат освоения ООП
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен представлять современную картину мира научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований для разработки оптической техники, оптических материалов и технологий оптического производства
ОПК(У)-2	Способен организовать проведение научного исследования и разработку, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с научными исследованиями в области оптической техники, оптико-электронных приборов и систем
ОПК(У)-3	Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к анализу состояния научно-технической проблемы, формированию технического задания и постановке цели и задач в сфере проектирования оптических и оптико-электронных приборов, систем и комплексов, в области исследования оптических материалов и технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников
ПК(У)-2	Способность к моделированию работы оптико-электронных приборов и светотехнических устройств на основе физических процессов и явлений, выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи
ПК(У)-3	Способность к выбору оптимального метода и разработке программ экспериментальных исследований, проведению оптических, фотометрических и электрических измерений с выбором технических средств и обработкой экспериментальных данных
ПК(У)-4	Способность к разработке и внедрению фотонных и оптических технологий, к разработке методов контроля качества материалов и изделий, составлению

	программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.
ПК(У)-5	Способность конструировать и проектировать отдельные узлы и блоки для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерной техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов, осветительных и облучательных установок различного назначения.
ПК(У)-6	Способность применять современную элементную базу электротехники, электроники и микропроцессорной техники при разработке и проектировании оптических и светотехнических систем, приборов деталей и узлов оплотехники;
ПК(У)-7	Способность проводить научные исследования и опытно-конструкторские работы в области оптического приборостроения, оптических материалов и технологий
Профессиональные компетенции университета	
ДПК (У)-1	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	освещённость на экспонатах. 4. Обзор светового оборудования для музеев и выставочных залов. Разработка светового прибора в SolidWorks, Zemax. 5. Проведение светотехнического аудита осветительной установки объекта исследования. Обработка данных. 6. Светотехнических расчет с результатами моделирования в программном комплексе DiaLux Evo.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Светотехнический раздел: расчет светотехнических параметров осветительной установки с помощью программного комплекса DiaLux. Электрическая часть проекта и раздела систем управления в Autodesk Autocad.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна
Раздел ВКР на иностранном языке	Матвеевко Ирина Алексеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Глава 1. Свет в музее	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ	Коржнева Татьяна Геннадьевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ01	Пястало Вчеслав Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
4ВМ01		Пясталов Вячеслав Владимирович	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	12.04.02 Опотехника

Тема ВКР:

Проектирование системы освещения для музейного комплекса	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> выставочный зал картинной галереи</p> <p><i>Область применения:</i> создание оптимальной световой среды</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 5x5 м²</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> компьютер, люксметр</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> теоретическая составляющая работы проводится за компьютером, практическая связана с измерением освещенности в выставочном зале картинной галереи, также с изучением и обработкой полученных результатов и проектированием освещения в выставочном зале</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации в галерее</p> <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. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25 февраля 2022 года) (редакция, действующая с 1 марта 2022 года); 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; 3. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования; 4. ПНСТ 392-2020 Музейное освещение светодиодами; 5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий.;
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Опасные факторы: производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий</p> <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения 2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 3. Повышенная пульсация светового потока; 4. Отклонение показателей микроклимата в помещении. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной</p>

	защиты от выявленных факторов: защитное заземление, вентиляция помещения, отопление, кондиционирование воздуха, источники света Расчет уровня вредного производственного фактора будет проведен по уровню освещенности рабочей зоны.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	Воздействие на селитебную зону: в случае пожара или взрыва могут пострадать соседние корпуса Воздействие на литосферу: твердые отходы в случае поломки ПЭВМ, бытовые отходы Воздействие на гидросферу: отсутствуют Воздействие на атмосферу: отсутствуют
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	Возможные ЧС на объекте: пожар, взрыв Наиболее типичная ЧС: пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОБД	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ01	Пясталов Вячеслав Владимирович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ01	Пясталову Вячеславу Владимировичу

Школа	ИШНПТ	Отделение	Отделение материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	12.04.02 Опотехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Расчёт денежного потока
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ01	Пясталов Вячеслав Владимирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 87 листов, 28 рисунков, 39 источников, 2 приложения

Ключевые слова: светодиодные источники света, освещение, источник света, 3D модель, проект реконструкции освещения, цветопередача в музее.

Объектом исследования является: выставочный зал картинной галереи города Томска на ул. Карташова 12 А.

Целью данной работы является: Анализ существующей системы освещения картинной галереи и разработка светотехнического проекта с использованием светового прибора собственной разработки.

Научная новизна исследования заключается:

- в подборе оптимальной цветопередачи для создания светотехнического проекта для музейных комплексов.

В результате исследования был предложена реконструкция системы внутреннего освещения в картинной галерее при помощи разработанного акцентного светового прибора.

Степень внедрения: проведено исследование, сделаны рекомендации.

Область применения: проектирование систем внутреннего освещения.

Экономическая эффективность: Данная работа послужит для компьютерного проектирования внутреннего и наружного освещения.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, программных комплексах: DIALux evo, SolidWorks, Zemax.

Оглавление:

Введение.....	13
Глава 1. Свет в музее.....	15
1.1 Анализ нормативных документов.....	15
1.2 Влияние индекса цветопередачи в музейном освещении.....	17
1.3 Влияние коррелированной цветовой температуры.....	19
1.4 Влияние распределения яркости в поле зрения зрителя.....	21
1.5 Влияние средней освещённости на экспонатах.....	22
1.6 Выводы по главе 1.....	23
Глава 2. Световые приборы в музейном освещении.....	24
2.1 Обзор современного светового оборудования для музеев и выставочных залов.....	24
2.2 Разработка светового прибора.....	27
2.2.1 Разработка конструкции светового прибора в SolidWorks.....	27
2.2.2 Выбор источника света.....	30
2.2.3 Тепловой расчёт.....	32
2.2.4 Светотехнический расчёт в Zemax OpticStudio.....	33
2.3 Выводы по главе 2.....	35
Глава 3. Разработка дизайн проекта внутреннего освещения картинной галереи.....	36
3.1 Энергоаудит существующей системы освещения.....	36
3.2 Светотехническое проектирование освещения картинной галереи.....	37
3.3 Выводы по главе 3.....	40
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	41
4.1 Предпроектный анализ.....	41
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	41
4.1.2. Анализ конкурентных решений.....	42

4.1.3.	SWOT-анализ	44
4.1.4.	Оценка готовности проекта к коммерциализации	46
4.1.5.	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	47
4.2	Инициация проекта.....	48
4.2.1.	Цели и результаты проекта	48
4.2.2.	Организационная структура проекта	49
4.3.	Планирование управления научно-техническим проектом.....	50
4.3.1.	Иерархическая структура работ проекта.....	50
4.3.2.	План проекта.....	51
4.4	. Бюджет научного исследования.....	54
4.4.1.	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)	54
4.4.2.	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	54
4.4.3.	Основная заработная плата	55
4.4.4.	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	57
4.4.5.	Отчисления на социальные нужды	58
4.4.6.	Накладные расходы.....	58
4.4.7.	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.	59
4.5.	Организационная структура проекта.....	59
4.6.	План управления коммуникациями проекта.....	60
4.7.	Реестр рисков проекта.....	60
4.8	. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
4.8.1.	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	63
4.8.2.	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	65
4.9.	Заключение по главе 4	68

Глава 5. Социальная ответственность	69
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
5.2. Производственная безопасность.....	73
5.3. Экологическая безопасность.....	80
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
5.5. Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	81
Список литературы:.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	92

Введение

Картинные галереи являются учреждениями, где хранятся, демонстрируются и продаются различные произведения искусства в основном это произведения изобразительного искусства.

Посещение таких мест дает представление о различных современных авторах в изобразительном искусстве. Продвижение многих локальных художников позволяет сохранить многообразие культуры у нас в стране.

Состав картинной галереи полностью определяет какие светотехнические решения необходимо использовать.

Только при достижении определенного уровня освещения картины, раскрывают себя наиболее полно и интересно. Учитывая вышесказанное можно утверждать, что световое оформление является одной из значимых проблем в галереях, музеях и выставках.

Актуальность темы: Освещение в музейных комплексах является одной из определяющих задач, так как от него зависит восприятие экспонатов, комфорт посетителей и работников.

Цель работы: Анализ существующей системы освещения картинной галереи и разработка акцентного светового прибора для светотехнического проекта. Для реализации поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих комплексных решений для освещения музейных экспонатов;
2. Разработать акцентный световой прибор
3. Провести энергоаудит ОУ картинной галереи города Томска на улице Карташова;
4. Разработать светотехнический проект для внутреннего освещения нескольких залов в картинной галерее.

Методология и методы исследования: в данной работе проведен анализ информации по вопросу исследований освещения музеев, галерей, на примере картинной галереи города Томска на улице Карташова.

С помощью программы 3D моделирования SolidWorks и светотехнической программы Zemax была разработана модель светового прибора, впоследствии с помощью светотехнической программы Dialux EVO был разработан проект внутреннего освещения картинной галереи с получением соответствующих стандартам, значений светотехнических параметров.

Научная новизна исследования заключается в подборе оптимальных параметров для создания светотехнического проекта внутреннего освещения.

Глава 1. Свет в музее

1.1 Анализ нормативных документов

Распространено два вида искусственного освещения для внутренних помещений картинной галереи и различных музеев. Общее освещение – выполняет функцию освещения коридоров, и помещения, где находятся выставочные экспонаты. Акцентное освещение – непосредственно освещение экспонатов.

По классификации из ПНСТ музейные экспонаты делятся на четыре группы [18]:

Таблица 1.1 - Классификация музейных материалов/предметов по светостойкости [18]

Индекс группы	Наименование группы	Характеристика материалов группы	Пример материалов/предметов
I	Нечувствительные	Материалы, не претерпевающие изменения при воздействии на них света	Большинство металлов, большинство разновидностей стекла, натуральная керамика, эмаль, большинство минералов
II	Малочувствительные	Долговечные материалы, слабочувствительные к воздействию света	Масляная живопись и живопись темперой, фрески, некрашеная кожа и шерсть, рог, кость, слоновая кость, лак, некоторые виды пластмасс
III	Средне-чувствительные	Недолговечные материалы, умеренно чувствительные к воздействию света	Костюмы, акварели, пастели, гобелены, гравюры и рисунки, рукописи, миниатюры, картины клеевой краской, обои, гуашь, крашеная кожа и большинство натуральных исторических

			объектов, включая ботанические образцы, мех и перья
IV	Высоко-чувствительные	Материалы, очень чувствительные к воздействию света	Шелк, очень недолговечные

Освещенность нормируется следующей таблицей из ПНСТ:

Таблица 1.2 - Значения средней освещенности на поверхности музейного экспоната Еср [18]

Группа музейного экспоната по светостойкости	Еср, не более, лк
I - нечувствительные	Без ограничений
II - малочувствительные	200
III - среднечувствительные	50
IV - высокочувствительные	

Равномерность освещенности на поверхности экспоната, т.е. отношение минимального значения освещенности к ее среднему значению, должна быть не менее чем 0,7 (предпочтительно - 0,9 или более), а неравномерность освещенности на поверхности экспоната, т.е. отношение максимального значения освещенности к ее среднему значению, должна быть не более чем 1,3 (предпочтительно - 1,1 или менее) [18].

Общий индекс цветопередачи при освещении экспонатов должен составлять не ниже, чем 85, а если цветопередача имеет особо важное значение, например при освещении произведений искусства, этнографических, естественных или исторических экспонатов, он должен быть не ниже, чем 95 [18].

Исходя из описанных выше требований ПНСТ 392-2020, мой световой прибор должен выполнять следующие требования:

1. Так как разрабатываемый световой прибор будет освещать малочувствительные экспонаты, средняя освещенность на поверхности картины должна составлять не более 200 лк.

2. Равномерность освещенности на поверхности экспоната должна быть не менее 0,7, неравномерность освещенности должна быть не более чем 1,3

3. Общий индекс цветопередачи должен составлять не менее 95

1.2 Влияние индекса цветопередачи в музейном освещении

Индекс цветопередачи показывает, насколько передается натуральный цвет, который имеют предметы при освещении. Эталоном принято считать солнечный свет, CRI которого равен 100.

Основным минусом метода CRI является использование ненасыщенных цветов и усреднение частных индексов, из-за чего индекс цветопередачи может оказаться завышенным.

Методика CQS предполагает использование пятнадцати образцов только насыщенных цветов, сильно подверженных цветовым сдвигам, что убирает главный недостаток первого метода. Однако данный метод так же не лишён недостатков. 14 образец красного цвета является менее насыщенным цветом по сравнению с 9 образцом из метода CRI и поэтому подвержен меньшим изменениям.

Сейчас широко распространено мнение, согласно которому применительно к СД источникам света качество освещения уже нельзя оценивать только при помощи традиционных показателей, таких как коррелированная цветовая температура и общий индекс цветопередачи МКО. В настоящее время на уровне Международной комиссии по освещению рассматривается вопрос введения новых показателей цветопередачи – индекса точности воспроизведения цвета (Fidelity Index) и индекса цветовой гаммы (Gamut Index) [2]. Ценность этих новых критериев оценки цветопередачи была подтверждена, в частности, исследованием, проведённым Техническим университетом Ильменау и компанией OSRAM Opto Semiconductors и показавшим, что наблюдается сильная корреляция между индексом точности

воспроизведения цвета и воспринимаемыми цветовым различием и сдвигом цвета и между индексом цветовой гаммы и насыщенностью цвета [3].



Рисунок 1.1. – Пример влияния индекса цветопередачи на качество освещения картины [6]

Индекс точности (Fidelity Index) используется для измерения близости источника света к эталонному источнику, как описано в методе CRI. Шкала составляет от 0 до 100 и использует 99 образцов оценки цвета. Использование 99 цветовых образцов вместо восьми позволяет получить более статистически репрезентативный и надежный показатель, показывающий, насколько точно будут отображаться цвета. 99 цветов в индексе точности были выбраны из объектов реального мира. Они были рассортированы на 7 групп:

- Природа
- Цвета кожи
- Текстиль
- Краски
- Пластмассы
- Печатный материал
- Цветовые системы

Благодаря такой сортировке инженер-светотехник может выбрать световой прибор под свои задачи, опираясь на категории, которые ему необходимо осветить.

Индекс гаммы (Gamut Index) используется для измерения увеличения или уменьшения цветности источника света. Цветность — это качество чистоты, интенсивности или насыщенности цвета. Например, цвет красной пожарной машины — это красный цвет с высокой насыщенностью, а нейтральный серый — цвет с низкой насыщенностью. Показатель Rg около 100 означает, что источник света может воспроизводить цвета с таким же уровнем насыщенности, как солнце при дневном свете (примерно 5600К/6500К). При рассмотрении светодиодов, чтобы получить приемлемое качество цвета, оценка должна быть между 80 и 120; более высокие баллы представляют более высокие уровни насыщенности (интенсивности цвета). Когда оценка выше 100, цвет будет более интенсивным, чем его естественный цвет на солнце.

1.3 Влияние коррелированной цветовой температуры

Величина цветовой температуры определяет, каким человек видит цвет тех или других поверхностей. В зависимости от оттенка световые приборы могут использоваться для освещения различных объектов:

- Теплый белый свет с цветовой температурой в диапазоне 2700-3200 К. Наиболее комфортный диапазон для человека. При такой цветовой температуре мышцы глаз расслаблены и человек чувствует себя спокойно. Самый известный источник излучения такой цветовой температуры это - лампы накаливания.

- Дневной белый свет с цветовой температурой в диапазоне 3500-5000 К. Нейтральный цвет свечения. При такой цветовой температуре человеку легче концентрироваться. Чаще всего используется в учебных заведениях, нежилых помещениях, офисах.

- Холодный белый свет с цветовой температурой 5000-7000 К. Световые приборы с такой цветовой температурой чаще всего используют, в лечебных учреждениях, лабораториях. Так же диапазон подходит для уличного освещения парков, аллей.

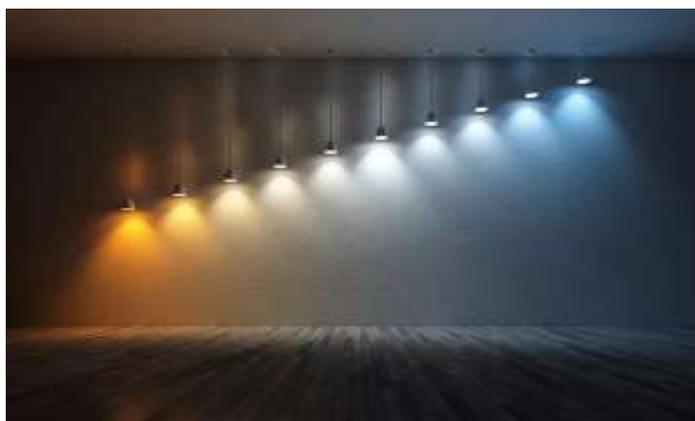


Рисунок 1.2 – Диапазон цветовой температуры от 1800 К до 6600 К [7]

Коррелированная цветная температура особенно важна при освещении экспонатов. Наиболее подходящее для картин освещение дают ИС с $T_{ц} = 5500–5700$ К, но большинство хранителей музеев предпочитают тепло-белый свет источникам света с $T_{ц}$, не более 3500 К. Требование отсутствия УФ и ИК излучений так же накладывают ограничение на цветовую температуру, однако хранители музеев требуют минимизации синего излучения, так как в нём содержится энергия фотонов ненамного меньше энергии УФ излучения, что существенно влияет на распространение световых приборов с коррелированной цветовой температурой 5500–5700 К[8].

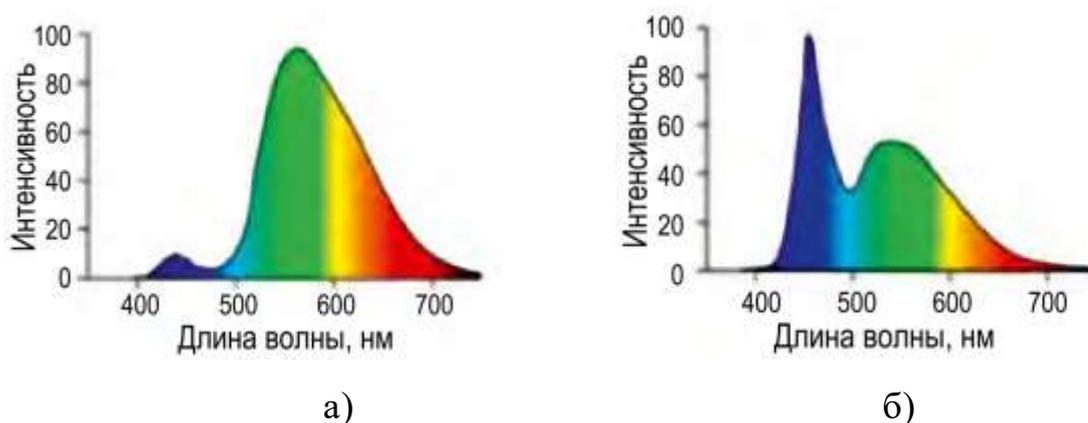


Рисунок 1.3 – Спектральные характеристики СД с различной коррелированной цветовой температурой. а) светодиод тепло-белого света б) светодиод холодно-белого света [4]

Сравнивая спектральные характеристики из рисунка 1.3, мы понимаем, что при тепло-белом свете доминирует зелено-желтый спектр, а при холодно-белом доминирует синяя составляющая спектра, что негативно сказывается на картине.

1.4 Влияние распределения яркости в поле зрения зрителя

Неправильное освещение может нарушить и исказить цветовой баланс художественной работы. Каждый экспонат должен быть освещён индивидуально, погружая посетителя в ту или иную историческую и культурную эпоху, воздействуя на эмоциональное восприятие человека. Для оценки качества освещения в музеях необходимо учитывать экспозицию, цветопередачу, распределение яркости в поле зрения наблюдателя [5]. Правильное распределение яркости в поле зрения наблюдателя обратит внимание и наиболее полно раскроет экспонаты. Однако, если яркость будет слишком высокой это может привести к нагреву и быстрому устареванию картины.



Рисунок 1.4 – Примеры освещения залов Государственной Третьяковской галереи – фотографии и цветояркие изображения залов. а – зал № 25 (живопись и скульптура второй половины XIX века); б – зал № 41 (живопись рубежа XIX–XX веков) [8]

Согласно рекомендациям, предложенным в ВНИИПИ «Тяжпромэлектропроект»: ограничение яркости источников света и

осветительных приборов в поле зрения наблюдателей до 30° выше уровня глаз значением $1000-1500$ кд/м²[10].

Из рисунка 1.4 видно, что на картинах сосредоточено порядка $25-40$ кд/м². Отсутствует резкий перепад яркости в помещении, яркость распределена равномерно.

1.5 Влияние средней освещённости на экспонатах

Сохранность живописных экспонатов музеев обеспечивается нормами освещённости. В отличие от производственных, учебных и других помещений, где устанавливаются нижние допустимые показатели, для музеев определяются верхние границы норм, которые не должны превышать ни при каких условиях. Для каждого типа экспонатов установлены свои уровни освещённости [9].

При освещении требуется исключить или свести к минимуму присутствие в спектре ОП агрессивных составляющих – УФ и ИК излучения, так как первое оказывает прямое разрушительное действие, а второе косвенно способствует старению материалов, ускоряя химические реакции посредством увеличения температуры. Причём опасность УФ излучения усугубляется тем, что оно обладает так называемым кумулятивным эффектом – свойством накапливания результатов его воздействия.

Всё это имеет значение в случае естественного освещения либо при использовании ОП с традиционными источниками света – лампами накаливания, галогенными лампами накаливания, люминесцентными или металлогалогенными лампами, но теряет актуальность при переходе на светодиодные источники света. Однако на смену «вредным» для арт-объектов традиционным источникам света сегодня приходят получившие широкое распространение достаточно мощные белые светодиоды, доля УФ и ИК излучения в спектре которых сведена до безопасных для всех видов красителей значений или устранена совсем.

Это означает что при использовании современных СД в световых приборах есть возможность использовать более высокие уровни освещённости, но при

этом освещение должно быть равномерным и с высоким индексом цветопередачи.

Если освещение на экспонате будет неравномерным и с низкой цветопередачей, это может оттолкнуть зрителя, и ухудшить восприятие.

1.6 Выводы по главе 1

1. Средняя освещенность на малочувствительных экспонатах должна составлять не более 200 лк, равномерность средней освещенности должна составлять не менее 0,7. Индекс цветопередачи при освещении экспонатов изобразительного искусства должен составлять не менее 95.

2. Светодиодные источники света могут полноценные заменить традиционные источники света в музейном освещении. Для сохранности картин нужно учитывать долю УФ и ИК излучения. По наличию УФ составляющей излучения, нагреву экспонатов, изменению влажности и прочих связанных с ИС вредных воздействий на светочувствительные материалы светодиодные источники света имеют преимущества перед традиционными источниками света. Кроме того, светодиодные источники света потребляют гораздо меньше энергии, чем традиционные источники света.

3. Так как большинство картин пишутся при естественном свете, наиболее подходящее для картин освещение дают ИС с $T_u = 5500\text{--}5700\text{К}$, но так как эта цветовая температура содержит большое количество синего спектра, музеи опасаются использовать световые приборы с такой цветовой температурой и предпочитают светильники с $T_u = 3500\text{ К}$. Это означает, что спектр излучения ИС с $T_u = 3500\text{ К}$, следует оптимизировать так, чтобы цвета освещаемых этим ИС красок, по возможности, совпадали с цветами этих красок при освещении их ИС с $T_u = 5500\text{ К}$.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Проект представляет собой реконструкцию существующей системы освещения для выставочного помещения.

Исходя из особенностей проекта, можно судить о основных потребителях потенциально будут заинтересованы. Целевым рынком нынешней разработки являются музеи, где есть произведения живописи, основной деятельностью которых является проведение экскурсий, выставка и продажа картин. Все организации, нуждающиеся в качественном освещении картин, будут заинтересованы в такого рода проекте.

Сегментировать рынок можно по степени потребности использования данного проекта реконструкции. Результат сегментирования представлены на таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка использования

		Сфера применения продукта			
		Арт-музеи	Выставки	Гос. музеи	Пешеходные экскурсии
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				
		Arlight		Erco	LEDIng

4.1.2. Анализ конкурентных решений

Данная разработанное решение можно оценивать по нескольким параметрам, таким как, удобство в эксплуатации, качество цветопередачи, энергоэффективность, коэффициент пульсации, коэффициент равномерности освещения. В качестве конкурентов были рассмотрены похожие решения от крупных производителей. К примеру, решение от компании Arlight освещение при помощи светильника Zeus. В конечном итоге, в качестве конкурирующих решения были выбраны следующие продукты:

1. Решение от компании Arlight [10];
2. Решение от компании Erco [10];
3. Решение от компании LEDIng [10].

Экспертная оценка основных технических характеристик данных продуктов представлена в таблице 1.2. Представленные критерии оценки выбраны с учётом технических и экономических особенностей исследования. Позиции оценены экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Таблица 4.2 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

№	Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
			Бф	Бк1	Бк2	Бк3	Кф	К1	К2	К3
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности										
1	Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	2	2	3	1	0,4	0,4	0,6
2	Качество цветопередачи	0,15	5	3	2	4	0,75	0,45	0,3	0,6
3	Энергоэффективность	0,03	4	3	4	5	0,12	0,09	0,12	0,15
4	Коэффициент пульсации	0,01	4	5	5	4	0,04	0,05	0,05	0,04
5	Коэффициент равномерности освещения	0,07	4	3	3	5	0,2	0,15	0,15	0,25
6	Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	3	4	4	3	0,15	0,2	0,2	0,15
7	Простота эксплуатации	0,1	5	1	1	2	0,5	0,1	0,1	0,2
8	Количество потребляемой энергии	0,1	5	2	2	4	0,5	0,2	0,2	0,4
Экономические критерии оценки эффективности										
1	Конкурентоспособность продукта	0,01	5	2	2	4	0,05	0,02	0,02	0,04
2	Уровень проникновения на рынок	0,01	1	4	3	1	0,01	0,04	0,03	0,01
3	Цена	0,09	4	2	2	2	0,36	0,18	0,18	0,18
4	Послепродажное обслуживание	0,08	5	2	2	4	0,4	0,16	0,16	0,32
5	Финансирование научной разработки	0,04	5	5	4	3	0,2	0,2	0,16	0,12
6	Срок выполнения проекта	0,01	4	5	5	5	0,04	0,05	0,05	0,05
	Итого	1	59	43	41	49	4,32	2,36	2,12	3,11

Из таблицы 4.2 можно сделать вывод, что основная уязвимость конкурентных светотехнических решений связана, с сложностью эксплуатации

и высоким количеством потребляемой энергии, и недостаточным индексом цветопередачи.

Наиболее сильным конкурентом можно считать прибор от компании «LEDIng». Его основными преимуществами являются высокая энергоэффективность и высокая равномерность освещения, но, как и предыдущие конкуренты, данный световой прибор является неудобным и сложным прибором в эксплуатации. Так же этот прибор является очень дорогостоящим, что так же ограничивает сферу его применения.

Преимуществами собственной разработки помимо высокого индекса цветопередачи, являются простота в эксплуатации и низкое потребление энергии. Так же за счёт разработанной конструкции световой прибор нагревается до 60°C, из-за чего световой поток не будет снижаться в течение нескольких лет.

4.1.3. SWOT-анализ

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

В качестве первого этапа был произведен анализ сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT представлена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	Сильные стороны: С1. Уникальность конструкции. С2. Простота эксплуатации. С3. Надежность и безопасность. С4. Экономия электроэнергии. С5. Высокая цветопередача	Слабые стороны: Сл1. Низкая эффективность использования светового потока. Сл2. Высокое количество потребляемой электроэнергии. Сл3. Отсутствие российских аналогов комплектующих для светового прибора.
--	---	---

<p>Возможности: В1. Внедрение новой конструкции. В2. Выход на мировой рынок. В3. Низкая конкуренция в области бюджетных световых решений для музеев.</p>	<p>В1В3С1С2С3 Уникальность конструкции, простота эксплуатации, безопасность и надежность конструкции светового прибора позволит быстрее внедрить технологию в производство и займет своё место на рынке В2С1С2С3С4 За счет сильных сторон проект будет конкурентоспособным на мировом рынке.</p>	<p>В1В2Сл1Сл2Сл3 Из-за низкой эффективности использования светового потока, высокого энергопотребления и отсутствия российских аналогов комплектующих будет усложнено внедрение и выход на мировой рынок. В3Сл3 Отсутствие специально оборудованного помещения для создания и модернизации светильников не позволит расширить ассортимент.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Снижение спроса на световые приборы вследствие экономического кризиса. У3. Увеличение срока выхода на рынок при неудовлетворительных результатах испытаний.</p>	<p>У1С2 Простота эксплуатации и хорошая презентация проекта позволит снизить степень недоверия потребителей к новой технологии. У3С1С2С3 Дополнительные проверки соответствия заявленным характеристикам позволят избежать неудовлетворительных результатов испытаний.</p>	<p>У2Сл1Сл2 Снижение спроса на световые приборы приведет к снижению интереса потребителей к покупке энергозатратного прибора. У3Сл3 Отсутствие российских аналогов комплектующих для светильников увеличит время изготовления и срок модернизации.</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Соотношения параметров представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	+	+	+	-	-
	В2	+	+	+	+	0
	В3	+	+	+	0	-
Угрозы проекта	У1	-	+	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	-	+	-	-
		Слабые стороны проекта				

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	0	-	+
	B2	+	0	-
Угрозы проекта	B3	-	-	+
	У1	+	+	0
	У2	-	-	-
	У3	-	-	+

Таким образом, на таблицы 4.4 были представлены проблемы, имеющиеся у разрабатываемого проекта. Эти проблемы обусловлены сильными и слабыми сторонами проекта, а также внешними угрозами и возможностями. Согласно этому можно обозначить основные стратегические направления по улучшению положения работы над устройством в ближайшем будущем:

1. Усовершенствование конструкции прибора для снижения энергопотребления и повышения эффективности использования светового потока.

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Важно также оценить степень готовности проекта к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее завершения. Для этого необходимо заполнить специальную таблицу, которая содержит показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 5.5.

Таблица 4.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
4.8.1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	5
4.8.2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
4.8.3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4

4.8.4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4
4.8.5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	2
4.8.6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
4.8.7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
4.8.8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	3
4.8.9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	4
4.8.10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	3
4.8.11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
4.8.12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	1
4.8.13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
4.8.14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	2
4.8.15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	36	45

Значения проработанности научного проекта и знания у разработчика находятся пределах от 30 до 44, что говорит, что данный проект имеет среднюю перспективность. В настоящий момент учтены не все аспекты вывода продукта на рынок, путей сбыта и послепродажного обслуживания. В таком случае необходимы затраты на дополнительные исследования и консультации у специалистов.

4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок [15]:

1. Торговля патентными лицензиями.
2. Передача ноу-хау.
3. Инжиниринг.

4. Франчайзинг.
5. Организация собственного предприятия.
6. Передача интеллектуальной собственности.
7. Организация совместного предприятия, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.
8. Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

В соответствии со спецификой данного проекта, которая заключается в разработке проекта на основе собственных световых приборов для, наиболее интересным и перспективным вариантом с учетом текущей степени проработанности проекта будет передача интеллектуальной собственности действующей компании, имеющей схожую специфику производства.

4.2. Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта [15].

4.2.1. Цели и результаты проекта

Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 4.6:

Таблица 4.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Пользователь	Простота в использовании продукта, низкое энергопотребление
Разработчик	Получение прибыли со своего продукта
Научный руководитель, студент	Выполненная выпускная квалификационная работа

Цели и результат проекта представлены в таблице 5.7:

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработать техническое задание 2. Спроектировать акцентный световой прибор. 3. Провести светотехническую и энергетическую оценку разработки. 4. Разработать светотехнический проект по освещению картинной галереи 5. Провести расчет себестоимости разработки. 6. Создать акцентный светотехнический прибор. 7. Провести тестирование. 8. Внедрить разработку.
Ожидаемые результаты проекта:	Успешное внедрение разработки в соответствующие предприятия.
Критерии приемки результата проекта:	Успешное тестирование функционала в соответствии с функциональным требованием.
Требования к результату проекта:	<p>Требование:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Доказана эффективность применения прибора. • Разработанный прибор полностью соответствует заявленным требованиям. • Создан светотехнический прибор

4.2.2. Организационная структура проекта

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Пясталов В.В., студент	Исполнитель	1. Подбор и изучение материалов по теме	80
			2. Разработка акцентного светового прибора для картин	100
			3. Проведение светотехнической и энергетической оценки разработки.	40
			4. Оценка полученных результатов	30
			5. Создание проекта освещения	50
			6. Оценка эффективности проекта	30
			6. Создание светодиодного светового прибора и тестирование	200

			7. Проведение маркетингового исследования	70
			8. Проработка механизма реализации	50
2	Коржнева Т.Г., доцент ОМ	Научный руководитель	1. Создание научно-технического задела по теме исследования	200
			2. Выбор направления исследования, составление и утверждение технического задания	10
			3. Оценка результатов экспериментального исследования	20
			4. Оценка результатов проектирования, внесение корректив	50
ИТОГО:				930

Таблица 4.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
1. Бюджет проекта	170 000 рублей
1.1 Источник финансирования	НИТПУ
1.2 Сроки проекта	01.01.2022 – 31.05.2022
2.1 Фактическая дата утверждения плана управления проектом	06.12.2021
2.2 Плановая дата завершения проекта	31.05.2022
3. Прочие ограничения и допущения	–

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

4.3.1. Иерархическая структура работ проекта

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы [15]:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке №2 представлен шаблон иерархической структуры [15].

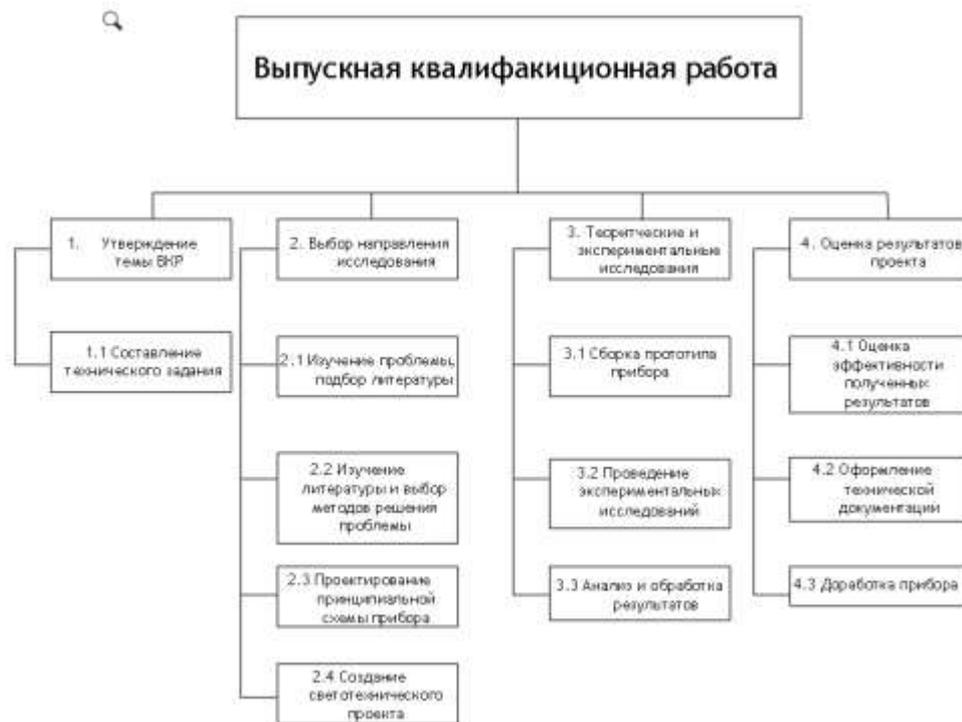


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура по ВКР

4.3.2. План проекта

Диаграмма Ганта — это инструмент управления проектами, иллюстрирующий план проекта. Обычно она состоит из двух частей: в левой части приведен список заданий, а в правой — временная шкала с полосами, которые изображают работу.[16]

График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.10 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Утверждение темы ВКР	1	01.01.22	01.01.22	Коржнева Т.Г.
1.1	Составление технического задания	1	03.01.22	03.01.22	Коржнева Т.Г.
2	Выбор направления исследования	1	04.01.22	04.01.22	Коржнева Т.Г.
2.1	Изучение проблемы и подбор литературы	14	06.01.22	18.01.22	Пястало В.В.

2.2	Изучение литературы и выбор методов решения проблемы	7	20.01.22	27.01.22	Пясталов В.В.
2.3	Проектирование принципиальной схемы прибора	7	26.01.22	02.02.22	Пясталов В.В.
2.4	Создание светотехнического проекта для картинной галереи	7	02.02.22	09.02.22	
3	Теоретические и экспериментальные исследования	49	09.02.22	06.04.22	Пясталов В.В.
3.1	Сборка прототипа прибора	21	09.02.22	02.03.22	Пясталов В.В.
3.2	Проведение экспериментальных исследований	21	02.03.22	23.03.22	Пясталов В.В.
3.3	Анализ и обработка результатов	7	23.03.22	30.03.22	Пясталов В.В., Коржнева Т.Г.
4	Оценка результатов проекта	7	31.03.22	07.04.22	Пясталов В.В., Коржнева Т.Г.
4.1	Оценка эффективности результатов	7	07.04.22	13.04.22	Пясталов В.В., Коржнева Т.Г.
4.2	Оформление технической документации	19	14.04.22	03.05.22	Пясталов В.В., Коржнева Т.Г.
4.3	Доработка прототипа	19	04.05.22	31.05.22	Пясталов В.В., Коржнева Т.Г.
Итого:		139	01.01.22	31.05.22	

Таблица 4.11 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Тк, дн.	Продолжительность выполнения работ															
				Янв.			Фев.			Март			Апр.			Май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Утверждение темы ВКР	Р	1																
1.1	Составление технического задания	Р	1																
2	Выбор направления исследования	Р	1																
2.1	Изучение проблемы и подбор литературы	С	14																

4.4. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

4.4.1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены).

Материалы для изготовления 1 светового прибора представлены в таблице Таблица 4.12 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты.

Наименование	Марка, размер	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Светодиод	CREE	1	900	900
Блок питания	Arlight	1	1 500	1 500
Алюминиевый корпус	Вектор	1	2 000	2 000
Печатная плата	Интэкопро	1	2 500	2 500
Отражатель	Feron	1	1 000	1 000
Торцевая крышка алюминиевая	Вектор	2	1 000	1 000
Припой	ПМП	1 шт.	850	850
Всего за материалы:				9 750
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%):				293
Итого по статье С_м				10 043

4.4.2. Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме [15].

Таблица 4.13 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Системный блок	1 шт.	70 000	70 000
2	Монитор	1 шт.	13 000	13 000
3	Мультиметр	1 шт.	10 000	10 000
4	Источник напряжения	1 шт.	20 000	20 000
5	Спектрофотометр	1 шт.	96 000	96 000
6	Паяльная станция	1 шт.	15 000	15 000
7	SolidWorks	1 шт.	90 000	90 000
8	Microsoft Windows	1 шт.	12 000	12 000
9	Microsoft Office	1 шт.	7 000	7 000
10	Zemax	1 шт.	90 000	90 000
Всего за оборудование				314 000
Затраты на доставку и монтаж (15%)				47 100
Итого по статье				361 100

4.4.3. Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводится в табл. 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., руб	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Выбор темы и направления ВКР, составление технического задания, анализ и	Руководитель	13	1 789	19 617

	оценка полученных результатов, оформление технической документации, доработка прототипа				
2	Изучение проблемы, подбор методов решения проблемы, подбор литературы, создание принципиальной схемы, создание светотехнического проекта, сборка прототипа, проведение экспериментов, анализ полученных результатов, оформление КД, доработка прототипа	Студент-магистр	98	135	13 230
Итого:					30 217

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.1)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ руководителя рассчитывается по следующей формуле:

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

где $T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = (Z_m \cdot M) / F_d \quad (4.3)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 45 раб. Дней; $M=10,4$ месяца, 6 - дневная неделя; при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная

неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях).

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot K_p, \quad (4.4)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 4.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	82
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	28
- невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	229	219

Таблица 4.16 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	30 300	1.3	39 390	1789	13	23 257
Магистр			2 650	135	98	13 230
Итого по статье $Z_{осн}$:						36 487

4.4.4. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [15].

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.5)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 4.17 – Зарботная плата исполнителей ВКР, руб

Зарботная плата	Руководитель	Магистр
Основная зарплата	23 257	2650
Дополнительная зарплата	2 790	–
Зарплата исполнителя	26 047	2650
Итого	28697	

4.4.5. Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

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

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 28697 = 8\,609 \text{ руб.}$$

4.4.6. Накладные расходы

В эту статью относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [15].

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (4.7)$$

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

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 28\,697 = 4\,592 \text{ руб.}$$

4.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 4.18 – Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Полные расходы
10 043	361 100	30 217	2 790	8 609	4 592	417 351

В результате было получено, что бюджет затрат составляет 417 351 руб. При этом затраты у конкурентов составляют 700000 рублей, из чего можно сделать вывод что конечный продукт будет дешевле, чем у конкурентов.

4.5. Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры воспользуемся табл. 4.19.

Таблица 4.19 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Исходя из разрабатываемого проекта, наиболее подходящей форм организационных структур будет функциональная организационная структура.

4.6. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 4.20 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и контрольных точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.7. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты [15].

Произведем оценку рисков. Определение рисков является одним из важнейших моментов при создании проекта. Учет рисков поможет при реализации проекта избежать опасных факторов. Далее производится оценка важности рисков. При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления (P_i). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10 - балльной шкале b_i [17].

Таблица 4.21– Социальные риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Низкая квалификация персонала	50	1	0,1	5
2	Непросвещенность компаний в области светодиодных осветительных приборов	50	8	0,4	20
3	Бюрократические проволочки на стадии регистрации	75	6	0,1	7,5
4	Несоблюдение техники безопасности	100	4	0,1	10
5	Увеличение нагрузки на персонал	0	2	0,2	0
6	Отсутствие корпоративных стандартов	25	1	0,1	2,5
	Сумма		22	1	45

Таблица 4.22– Экономические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Инфляция	90	8	0,1	9
2	Экономический кризис	50	4	0,05	2,5
3	Недобросовестность поставщиков	80	6	0,2	16
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	7	0,15	7,5
5	Снижение уровня спроса на продукцию	50	10	0,15	7,5
6	Сложность выхода на мировой рынок вследствие монополизированности рынка	75	7	0,15	10,5
7	Колебания рыночной конъюнктуры	40	8	0,05	2
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	2	0,05	1,25
9	Низкие объемы сбыта	50	10	0,1	5
	Сумма		62	1	61,5

Таблица 4.23– Политические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Снижение приоритета Правительства РФ в области промышленных технологий	70	9	0,3	21
2	Смена власти	0	1	0,2	0
3	Угроза национализации	0	1	0,1	0
4	Отсутствие поддержки со стороны чиновников	50	8	0,4	20
	Сумма		19	1	41

Таблица 4.24 – Технологические риски.

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	возможность поломки оборудования	75	8	0,4	30
2	низкое качество поставленного оборудования	75	9	0,4	30
3	неправильная сборка оборудования	75	6	0,15	11,25
4	опасность для работающего персонала и аппаратуры	25	2	0,05	1,25
	Сумма		25	1	72,5

Таблица 4.25 – Научно-технические риски.

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	развитие конкурентных технологий	50	7	0,3	15
2	создание новых источников света	25	9	0,4	10
3	риск невозможности усовершенствования технологии	50	5	0,1	5
4	отсутствие результата в установленные сроки	50	4	0,05	2,5
5	получение отрицательного результата при внедрении в производство	50	9	0,05	2,5
6	несвоевременное патентование	75	7	0,1	7,5
	Сумма		41	1	42,5

Таблица 4.26 – Общие риски

№ п/п	Риски	P_i	b_i	w_i	$b_i * w_i$
1	Социальные	54	0,1	45	4,5
2	Экономические	80	0,4	61,5	24,6
3	Политические	30	0,1	41	4,1
4	Технологические	60	0,2	72,5	14,5
5	Научно-технические	48	0,2	42,5	8,5
Итого			1		56,2

Расчет общих рисков дает общую оценку в 56,2 это означает что проект имеет достаточно высокие риски.

Для того чтобы избежать риски или минимизировать их воздействие на проект необходимо проводить мероприятия по борьбе с рисками. Рекомендуемые мероприятия приведены ниже:

1. писать статьи в научно-популярных изданиях, проводить работу с инвесторами;
2. затратить время на поиск квалифицированного персонала;
3. применять информационные стенды и сообщения, обязательное получение допуска по ТБ, ведение журнала ТБ;
4. закладывать в бюджет дополнительные потери финансовых средств от инфляции;
5. закладывать в бюджет и план работ дополнительные расходы;
6. прогнозирование экономической ситуации;
7. поиск добросовестных и проверенных поставщиков;
8. искать и рассматривать всевозможные пути оптимизации;

9. проведение рекламной кампании за рубежом, поиск опытных экономистов;

10. назначать ответственных за написание и оформление патентных документов.

4.8. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.8.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cash flow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности инноваций в качестве основных показателей используются [15]:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- потребность в дополнительном финансировании;
- срок окупаемости;
- индексы доходности затрат и инвестиций и др.

Прямые материальные затраты обусловлены закупкой материалов для изготовления прибора. Для одного устройства требуются закупить компоненты на сумму 10 043 руб. Продажа 1 устройства будет происходить за 13 000 руб. С учетом этого изначальное капиталовложение составит 417 351 руб. + 9 x 10 043 руб. = 507 738 руб. Таким образом, на старте производства будет изготовлено 10 световых приборов.

Таблица 4.27 – План денежных потоков.

№	Показатель, тыс.руб	Номер шага (периода)расчета (t)					
		0	1	2	3	4	5
Операционная деятельность							
1	Выручка без НДС	0	1000	1200	1500	1800	1800
2	Полные текущие издержки, в том числе:	0	-559,15	-260,55	-283,05	-283,05	-283,05
3	прямые материальные затраты	0	-461,53	-100,43	-100,43	-100,43	-100,43
4	ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды	0	-41,6	-41,6	-41,6	-41,6	-41,6
5	Силовая энергия	0	-5	-7,5	-10	-10	-10
6	Общепроизводственные расходы	0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0
7	Общехозяйственные расходы	0	-5	-5	-5	-5	-5
8	Коммерческие расходы	0	-30	-90	-110	-110	-110
9	Прочие расходы	0	-7	-7	-7	-7	-7
10	Денежный поток от производственной (операционной) деятельности (п.1-п.2)	0	440,85	939,45	1216,95	1516,95	1516,95
Инвестиционная деятельность							
11	Поступление инвестиций	0	0	0	0	0	0
12	Капиталовложения, обслуживание инвестиций	-507,74	0	0	0	0	0
13	Сальдо от инвестиционной деятельности (п.11+п.12)	-507,74	0	0	0	0	0

14	Сальдо суммарного потока (п.10+п.13)	-507,74	440,85	939,45 4	1216,95	543,17	543,17
15	Сальдо накопленного потока	-507,74	-66,884	872,57	2089,52	2632,7 0	3175,87
16	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
17	Дисконтированное сальдо суммарного потока (п.14*п.16)	-507,74	400,74	775,99	913,93	370,99	1972,21
18	Дисконтированные инвестиции (п.12*п.16)	-507,74	0	0	0	0	0

Определим срок окупаемости:

$$tt = \frac{-C_{н2}}{C_{сум3}} = \frac{66,884}{913,93} = 0,07 \text{ периода}, \quad (4.8)$$

где $C_{н2}$ - сальдо накопленного потока 2 периода, $C_{сум3}$ - сальдо суммарного потока 3 периода.

Таким образом, окупаемость данного производства составит 3,07 года при отсчете от начала нулевого периода или 2,07 года если же отсчитывать его от начала операционной деятельности (конец нулевого периода). Для такого типа предприятия это значение является приемлемым.

4.8.2. Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения [15].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.9)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;
 Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;
 Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.10)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (табл. 4.28)

Таблица 4.28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Соответствие существующим нормам экспозиционного освещения	0,4	5	2	3

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	4	3
3. Безопасность	0,2	3	2	4
4. Энергосбережение	0,1	5	3	4
5. Надежность	0,2	4	3	3
ИТОГО	1	24	14	17

$$I_T^p = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,4$$

$$I_T^{a1} = 0,4 \cdot 2 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 3,1$$

$$I_T^{a2} = 0,4 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,3$$

Интегральный показатель эффективности разработки.

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (4.11)$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_T^p}{I_\phi^p} = \frac{4,4}{0,15} = 29,33$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_T^{a1}}{I_\phi^{a1}} = \frac{3,1}{0,28} = 11,071$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{I_T^{a2}}{I_\phi^{a2}} = \frac{3,3}{0,23} = 14,34$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (4.12)$$

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{29,33}{11,071} = 2,65$$

$$\mathcal{E}_{cp2} = \frac{29,33}{14,34} = 2,045$$

Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности, можно сделать вывод, что разрабатываемое исполнение научно-технического проекта является более эффективным вариантом для проектирования с позиции ресурсосбережения.

4.9. Выводы по главе 4

В рамках данного раздела ВКР была проведена оценка направленности и конкурентоспособности разработки акцентного светового прибора для проекта освещения картинной галереи.

В начале раздела было проведено сегментирование рынка, которое показало нацеленность разработки на компании низкого и среднего размера. После сегментирования рынка был произведен анализ конкурентных технических решений, который показал, что в мире низкая конкуренция в сфере бюджетных решений для картинных галерей и музеев.

Для определения перспективности разработки был произведен SWOT-анализ, который позволил определить проблемы, мешающие реализации проекта. Согласно этому были обозначены основные стратегические направления по улучшению положения проекта в ближайшем будущем.

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации. Интегральный показатель ресурсоэффективности проекта равен 4,4.

Данный проект может быть реализован, если будут найдены инвесторы. В экономической части данного проекта были определены основные и требуемые технико-экономические показатели, такие как количество исполнителей, сроки исполнения, себестоимость проектировочной и исследовательской работы и эффективность проекта в целом. По предварительным расчетам себестоимость ВКР составила 417 351 рублей. Полученные показатели свидетельствуют о средней перспективности проекта.