



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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 12.03.02 Опотехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

Анализ и проработка проектного решения по
модернизации
уличного освещения ул. Герцена, г.
Томск

УДК 628.971.6:625.712-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В91	Синицына Евгения Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ ИШНПТ	Гречкина Татьяна Валерьевна	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и
ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально- историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У) -10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики оптических измерений
ОПК(У)-4	Способен использовать современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке текстовой, проектной и конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико- электронных приборов, комплексов и их составных частей
ПК(У)-2	Способность к математическому моделированию процессов и объектов оптоэлектроники и их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
ПК(У)-3	Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оптоэлектроники на схематехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования
ПК(У)-4	Способность к разработке технологических процессов и технической документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль механических, оптических, оптико- электронных блоков, узлов и деталей
ПК(У)-5	Способность к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества изделий оптических, оптико- электронных систем, приборов, деталей, элементов и оптических покрытий различного назначения
ПК(У)-6	Способность к проектированию оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией изготовления оптических и оптико- электронных приборов, комплексов и их составных частей
ПК(У)-7	Способность к организации контроля качества выпускаемой оптической продукции

	<p>предложений по модернизации.</p> <p>2. Проработка проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнить компьютерное 3D моделирование уличного пространства ул. Герцена; – подбор и расстановка светотехнического оборудования; – проектное решение по визуализации проекта освещения уличного пространства; – формулировка и описание хода проведения работы и предложений по модернизации.
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – фотоматериал, графики (таблицы) по результатам наблюдений и проведению измерений освещения на объекте исследования; – проектирование 3D модель объекта, план расположения уличных светильников, демонстрация осветительной установки текущего состояния освещения и проектного решения по модернизации, визуализация сцен освещения (при необходимости).

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.10.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гречкина Т.В.	к.ф.-м.н.		03.10.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В91	Синицына Е.С.		03.10.2022 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4В91	Синицына Евгения Сергеевна

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение школы (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.02 Опотехника

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>Бюджет проекта – не более 290444 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 128737 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 2,6 баллов из 4,85</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30,2 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Структура работ Определение трудоемкости Разработка графика проведения исследования Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Интегральный финансовый показатель Интегральный показатель ресурсоэффективности Интегральный показатель эффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В91	Синицына Евгения Сергеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 4В91		ФИО Синицына Евгения Сергеевна	
Школа	Инженерная Школа Новых Производственных Технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	12.03.02 Опотехника

Тема ВКР:

Анализ и проработка проектного решения по модернизации уличного освещения ул. Герцена, г. Томск	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<i>Объект исследования: <u>Улица Герцена города Томск</u> Область применения: <u>модернизация улиц</u> Рабочая зона: <u>офис/полевые условия</u> Размеры помещения: <u>15 м²/2,6 км</u> Количество и наименование оборудования рабочей зоны: <u>персональный компьютер, люксметр</u> Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: <u>работа за</u> <u>персональным компьютером, работа с люксметром.</u></i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:	ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 21889-76 Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:	Вредные производственные факторы: Отсутствие или недостаток искусственного и естественного освещения Колебания погодных условий Повышенная пульсация светового потока Опасные производственные факторы: Электрический ток Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Средства защиты от поражения электрическим током
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	<i>Воздействие на селитящую зону: <u>нет воздействия</u> Воздействие на литосферу: <u>утилизация бумажных справочных материалов</u> Воздействие на гидросферу: <u>городские сточные воды</u> Воздействие на атмосферу: <u>световое загрязнение</u></i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: <u>обрушение зданий, пожары, бури</u> Наиболее типичная ЧС: <u>пожар, короткое замыкание</u>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В91	Синицына Евгения Сергеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 88 страниц содержит 28 таблиц и список использованных источников из 20 наименований.

Ключевые слова: уличное освещение, светодиодное освещение, световой прибор, проектирование освещения, модернизация.

Объектом исследования является улица Герцена города Томска.

Целью настоящей работы является анализ и проработка проектного решения по модернизации уличного освещения.

В процессе исследования проводились оценочные мероприятия по качеству освещения на объекте исследования. Был создан проект осветительной установки со светодиодными светильниками.

Область применения: световая городская среда, благоустройство уличного освещения.

Полученные результаты и новизна: проведение исследования уличного пространства, проектирование 3D модели объекта (DIALux evo), с учетом наблюдений и результатов измерений, и выполнение нового проекта по модернизации освещения.

Экономическая эффективность/значимость работы: учет параметров анализа по состоянию и благоустройству уличного освещения, пересмотр и внедрение осветительного оборудования с улучшенным качеством и характеристиками при модернизации.

В будущем планируется опубликование полученных данных в рецензируемых изданиях по тематике исследований.

Оглавление

Введение.....	11
1. Уличное освещение в структуре городской среды.....	13
1.1 Освещение улиц и магистралей.....	13
1.2 Нормы и правила уличного освещения.....	15
1.3 Световые приборы для уличного освещения.....	21
1.4 Примеры уличного освещения по замене или модернизации освещения.....	24
1.5 Формирование системы уличного освещения Томска.....	26
2. Анализ уличного освещения ул. Герцена г. Томск и вопросы по его модернизации.....	28
2.1 Историческая справка объекта.....	28
2.2 Исследование уличного пространства и территории ул. Герцена.....	28
2.3 Результаты измерений и анализ данных по освещению.....	32
2.4 Знакомство с номенклатурой изделий уличных светильников в формате объекта, файла, конструкции.....	40
2.5 Компьютерное 3D моделирование, предложение по модернизации.....	42
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	49
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и и ресурсосбережения.....	49
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	49
3.1.2. SWOT- анализ.....	50
3.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	57
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	57
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	58
3.2.3 Разработка проведения научного исследования.....	59
3.3 Бюджет научно-технического исследования.....	63

3.3.1	Расчет материальных затрат научно-исследовательской работы...	64
3.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ...	64
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	65
3.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	67
3.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды.....	67
3.3.6	Накладные расходы.....	67
3.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	68
3.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	70
4.	Социальная ответственность.....	74
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	75
4.1.1	Правовые нормы трудового законодательства.....	75
4.1.2	Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны.....	75
4.2	Производственная безопасность при разработке проектного решения.....	77
4.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	78
4.2.1.1	Отсутствие или недостаток искусственного и естественного освещения.....	78
4.2.1.2	Колебания погодных условий.....	78
4.2.1.3	Повышенная пульсация светового потока.....	79
4.2.1.4	Электрический ток.....	79
4.3	Экологическая безопасность при разработке проектного решения...	81
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения.....	83
	Заключение.....	85
	Список использованной литературы.....	87

Введение

Наружное освещение Томска прошло путь развития от калильной до современной светодиодной светотехники: уличные светильники начиная от факелов и масляных ламп дошли до современных интеллектуальных систем освещения с использованием светодиодов, работающих самостоятельно или же включаемых в общую систему «умного города» [1]. Наружное освещение как научная проблема развивалась на основе выдающихся изобретений человека, а экономичность, надежность и безопасность всегда были приоритетами в его организации [2].

Современные реалии замены газоразрядных ламп на светодиоды кроме технических преимуществ имеют также и общественно политический характер. На государственном уровне к 2030 году [2] планируется прекратить производство, продажу и использование ртутьсодержащего оборудования, включая источники света. Эти обстоятельства еще больше усиливают безальтернативность светодиодного освещения.

Достижения в области генерации световой отдачи позволили значительно увеличить ее у светодиодных источников света. Для последующего роста эффективности потребовались новые решения, ориентированные на рациональное использование световой энергии. Решения лежат в области электронных информационных систем. Например, существует целый арсенал разработок с различными функциями, начиная от контроля и управления осветительными установками и заканчивая преобразованием сетей наружного освещения в единую городскую информационно-аналитическую систему. Также разрабатываются системы автоматической регулировки наружного освещения, которые отслеживают движение пешеходов и транспорта и автоматически регулируют уровень освещенности для оптимизации затрат на освещение [2].

Выбор освещения для автомобильных дорог, включая магистрали и кварталные улицы, для пешеходных зон и дворовых территорий существенно влияет на инфраструктуру и на вид современного города, на комфорт

проживания в нем людей, создание безопасности на дорогах и передвижение пешеходов в ночное время и на многие другие факторы жизни общества. Например, исследование в Польше продемонстрировало, что при прогулке по неосвещенному месту почти три четверти участников опасались за свою безопасность [3]. Поэтому применение белого света выводит удобство и безопасность на новый уровень, он помогает различать объекты, цвета, формы и другие детали. Такой свет также обеспечивает наиболее сбалансированное освещение без опасных теневых областей.

Актуальность настоящей работы заключается в создании проектного решения по модернизации для уличного пространства, где будут задействованы светодиодные световые приборы с высокой энергоэффективностью и качественной цветопередачей для формирования хорошей видимости и повышению качества освещения на этом объекте.

Объект исследования: улица Герцена, г. Томск (проезжая автомобильная дорога, пешеходная зона).

Предмет исследования: осветительная установка для уличного освещения.

1. Уличное освещение в структуре городской среды

1.1 Освещение улиц и магистралей

Уличное освещение городской инфраструктуры сочетает утилитарные и эстетические функции. Дорожные модели осветительного оборудования направляют световой поток строго вниз. В зависимости от месторасположения оно бывает:

Дорожное основное для магистралей и дополнительное- для второстепенных улиц и автомобильных дорог.

Для пешеходных зон осветительные системы располагают вдоль тротуаров и в жилых районах для безопасного перемещения и ориентации пешеходов.

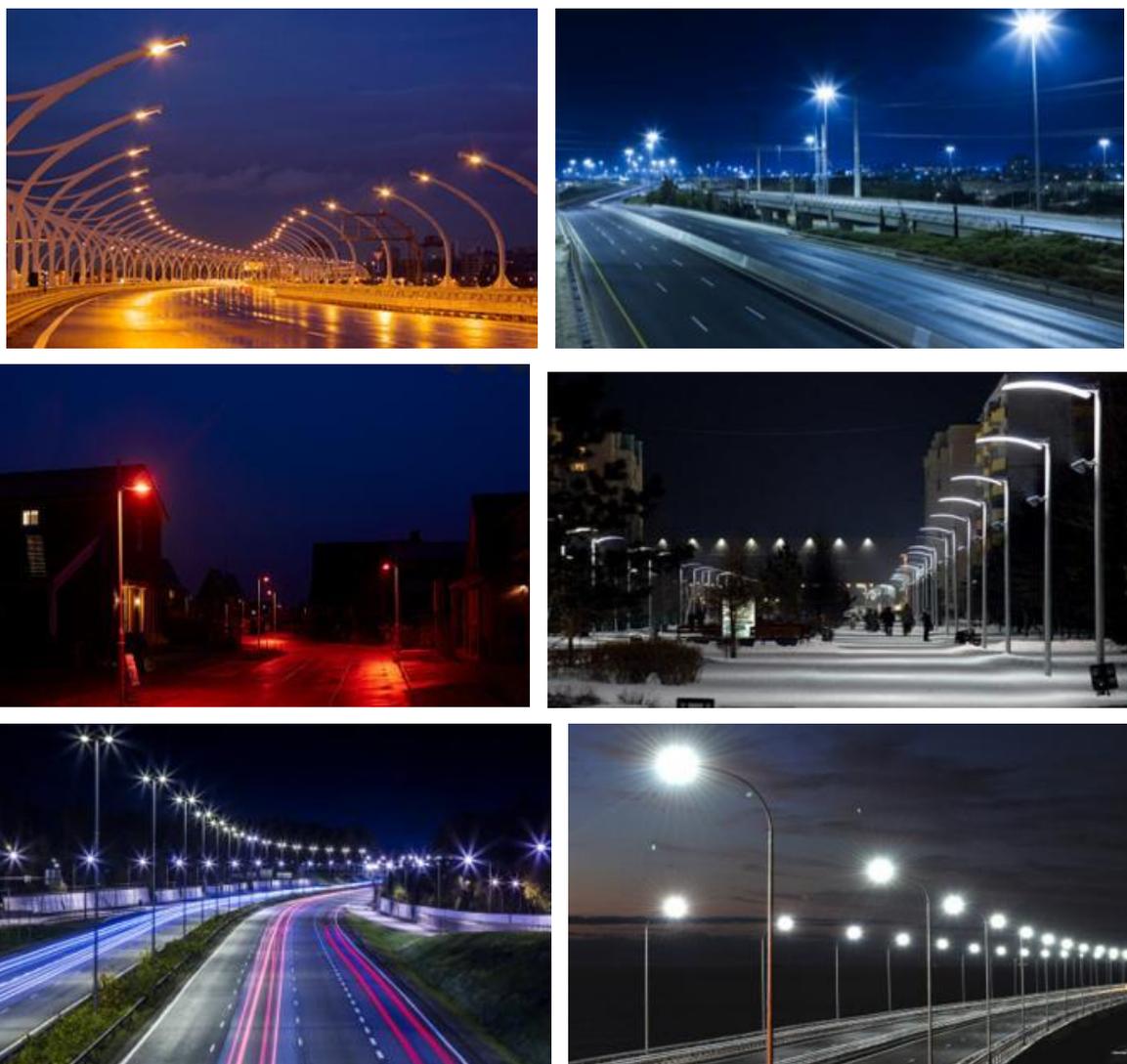


Рисунок 1- Освещение улиц и дорог



Рисунок 2 - Освещение пешеходных зон

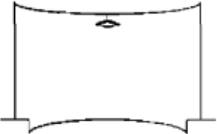
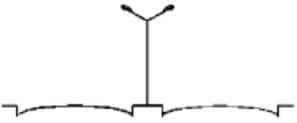
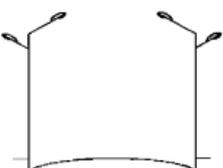
В таблице 1 приведены основные схемы расположения осветительных приборов. По условиям обеспечения нормируемой равномерности распределения яркости дорожного покрытия рекомендуется применять схемы:

1. односторонняя - при ширине проезжей части до 12 м;
2. осевая - при ширине проезжей части от 12 до 18 м;
3. двухрядная шахматная - при ширине проезжей части от 24 до 36 м (в отдельных случаях до 48 м);
4. двухрядная прямоугольная - при ширине проезжей части от 24 до 36 м (в отдельных случаях до 48 м);
5. двухрядная по оси улицы - при ширине проезжей части от 24 до 36 м.

Таблица 1- Типовые схемы расположения осветительных приборов

Номер и наименование схемы	Схема	Ширина проезжей части, м	Способ установки ОП
1. Односторонняя		Менее 12	На опорах с одной стороны проезжей части
2. Двухрядная шахматная		18-24	На опорах с двух сторон проезжей части в шахматном порядке
3. Двухрядная прямоугольная		24-48	На опорах с двух сторон проезжей части напротив друг друга

Продолжение таблицы 1

4. Осевая		12-18	На тросах по оси улицы или дороги
5. Двухрядная прямоугольная по оси улицы или дороги		18-24	На опорах, установленных на разделяющей полосе
6. Четырехрядная шахматная или прямоугольная		48 и более	На опорах с двух сторон проезжей части в шахматном или прямоугольном порядке согласно схемам 2 и 3 с дополнительными кронштейнами для освещения тротуаров и параллельных проезжих частей
7. Смешанная в шахматном или прямоугольном порядке		18-24	На опорах или стенах зданий с двух сторон проезжей части в шахматном порядке.

Приведенные в таблице 1 рекомендуемые значения ширины проезжей части для каждого вида размещения светильников являются ориентировочными и не исключают необходимости поверочного расчета равномерности распределения яркости или освещенности по проезжей части [4].

1.2 Нормы и правила уличного освещения

Требования согласно СП 52.133430.2016 «Естественное и искусственное освещение» по освещению улиц, дорог и площадей [5]:

- Классификация улично-дорожной сети городов проводится в соответствии с таблицей 2.

- Для проезжей части участков городских улиц и дорог со стандартной геометрией и асфальтобетонным покрытием нормируют: среднюю яркость дорожного покрытия L_{cp} , общую U_0 и продольную U_i равномерности яркости дорожного покрытия, среднюю освещенность дорожного покрытия E_{cp} , равномерность освещенности U_h , пороговое приращение яркости Tl согласно таблицей 3.
- При нормируемой средней яркости L_{cp} более 0,80 кд/м² или средней освещенности E_{cp} более 15 лк для проезжей части городских улиц, дорог и площадей допускается в ночное время снижение этих норм отключением части светильников или понижением их мощности на 30% и 50% при уменьшении интенсивности движения до 1/3 и 1/5 максимального значения соответственно. Не допускается в ночное время частичное отключение светильников при их установке по одному на опоре.

Таблица 2- Классификация городской улично-дорожной сети

Категория объекта		Класс объекта	Основное назначение объекта	Транспортная характеристика	Расчетная скорость, км/ч	Число полос движения в обоих направлениях	Пропускная способность, тыс. ед/ч
А.	За пределами и центра города	A1	Транспортные и функциональные оси крупных городов. Выходы на внешние федеральные автомагистрали	Все виды транспорта; движение скоростное, непрерывное; пересечения в разных уровнях; наличие центральной разделительной полосы	100	6-8	Свыше 10

Продолжение таблицы 2

		A2	Основные транспортные каналы города, в том числе имеющие выходы на внешние автомагистрали и скоростные дороги	Все виды транспорта; движение непрерывное или регулируемое; пересечение с магистралями в одном или разных уровнях	80-100	6-8	7-9
	В центре города	A3	Транспортные и функциональные оси исторического центра города. Центральные магистрали, связующие улицы с выходом на магистрали A1 и A2	Все виды транспорта кроме грузового, не связанного с обслуживанием центра; движение регулируемое; пересечение с магистралями в одном уровне; интенсивное пешеходное движение	90	6-8	4-7
		A4	Основные транспортные каналы исторического центра города, обеспечивают внутренние	То же	80	4-6	3-5
Б. Магистрали и улицы районного значения	За пределами и центра города	Б1	Основные оси районов города. Обеспечивают связи в пределах жилых районов и производственных зон, а также между ними	Все виды транспорта; движение регулируемое; пересечения в одном уровне	60-70	4-6	3-5
	В центре города	Б2	Оси функционально - планировочных зон исторического центра города. Обеспечивают его внутренние связи. Имеют выход на магистральные улицы общегородского и районного значения	Все виды транспорта кроме грузового, не связанного с обслуживанием центра; движение регулируемое; пересечения в одном уровне	60	3-6	2-5

Продолжение таблицы 2

В. Улицы и дороги местного значения	Жилая застройка за пределами и центра города	B1	Транспортные и пешеходные связи в пределах жилых районов и выход на магистрали, за исключением улиц с непрерывным движением транспорта	Легковой, специальный и обслуживающий район грузовой транспорт, в отдельных случаях допускается общественный пассажирский транспорт; движение регулируемое; пересечения в одном уровне	60	2-4	1,5-3
	Жилая застройка в центре города	B2	Транспортные и пешеходные связи в пределах жилых районов и микрорайонов, выход на магистральные улицы	Легковой, специальный и обслуживающий район грузовой транспорт; движение регулируемое; пересечения в одном уровне	60	2-4	1,5-3
	В городских промышленных, коммунальных и складских зонах	B3	Транспортные связи в пределах производственных и коммунально-складских зон	Все виды транспорта; движение регулируемое; пересечения в одном уровне	60	2-4	0,5-2

Таблица 3-

Нормируемые показатели освещения улиц и дорог городских поселений с регулярным транспортным движением с асфальтобетонным покрытием

Категория объекта	Класс объекта	Общая равномерность яркости дорожного покрытия U_0 не менее	Продольная равномерность яркости дорожного покрытия U_l не менее	Пороговая приращенность яркости TI, % не более	Средняя освещенность дорожного покрытия $E_{ср}$ лк, не менее	Равномерность освещенности дорожного покрытия U_h не менее	Максимальная относительная удельная мощность при нормируемой освещенности, D_p мВт · м ⁻² · лк ⁻¹ , не более	Средняя яркость дорожного покрытия $L_{ср}$, кд/м ² , не менее
-------------------	---------------	---	--	--	---	--	--	--

Продолжение таблицы 3

А(магистральные дороги и улицы общегородского значения)	A ₁	0,40	0,70	10	30,0	0,35	60	2,00
	A ₂			10	20,0		50	1,60
	A ₃			12	20,0		48	1,40
	A ₄			12	20,0		45	1,20
Б(магистральные и улицы районного значения)	B ₁	0,40	0,60	12	20,0	0,35	45	1,20
	B ₂			15	15,0		53	1,00
В(улицы и дороги местного значения)	V ₁	0,40	0,50	15	15,0	0,25	50	0,80
	V ₂			15	10,0		50	0,60
	V ₃							

- Для надежной ориентации водителей и пешеходов в темное время суток светильники в ряду следует располагать так, чтобы образуемая ими линия однозначно указывала направление дороги или улицы [5].

Требования к измерениям согласно ГОСТ Р 55707-2013 «Освещение наружное утилитарное: методы измерений нормируемых параметров» [6]:

Способы измерений:

Измерения яркости или освещенности дорожного покрытия проводят стационарным или мобильным способом.

При стационарном способе средства измерения (яркомер или люксметр) в момент фиксации показаний или яркостных изображений неподвижны.

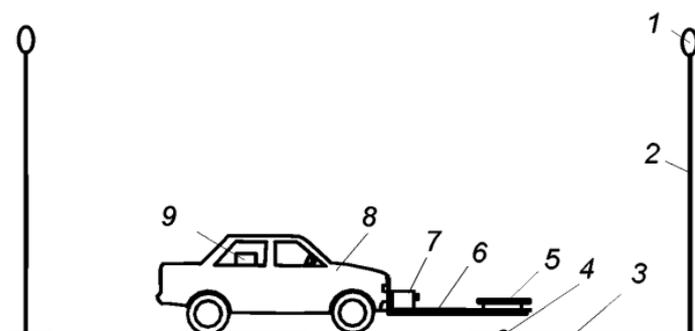


Рисунок 3- Мобильный способ

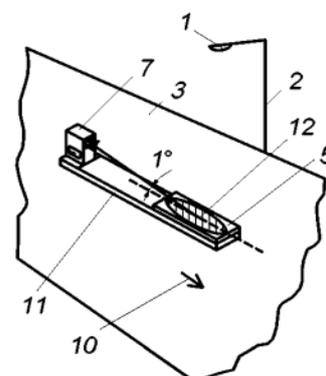


Рисунок 4- Стационарный способ

1 - светильник; 2 - опора; 3 - покрытие контрольного участка; 4 - точка измерения; 5 - тест-образец покрытия; 6-консоль; 7-яркомер; 8 - автомобиль; 9-

устройство управления; 10 -направление движения; 11-общее основание измерительного устройства; 12- измерительное поле яркомера (заштриховано)

При мобильном способе яркомер или люксметр устанавливают на транспортное средство, а показания или яркостные изображения фиксируют в заданные моменты времени при движении. Применение мобильного способа позволяет не перекрывать движение транспорта на испытуемом участке дороги при проведении измерений.

В данной работе был использован стационарный способ измерения освещенности.

Условия проведения измерений:

1. Измерения проводят при относительной влажности не более 90% и отсутствии атмосферных осадков, тумана и задымления.

2. Участок для проведения измерений распределения яркости дорожного покрытия должен быть прямолинейным в плане, горизонтальным или с небольшим постоянным уклоном, не иметь пересечений с другими освещаемыми дорогами, длиной не менее 60 м плюс три пролета между опорами. Дорожное покрытие должно быть сухим, чистым (без пятен и луж), однородным (без заплаток и трещин) и быть в эксплуатации не менее полугода (накатанным).

3. Измерения следует проводить в темное время суток, когда естественная освещенность составляет не более 10 % от минимальной освещенности на контрольном участке.

4. При проведении измерений принимают меры по исключению или ограничению постороннего света. Если это затруднительно или невозможно, то влияние этого фактора учитывают при обработке результатов измерений. Наличие любых факторов, создающих посторонний свет, должно быть отражено в протоколе измерений.

5. Для проведения измерений выбирают участок, не затененный деревьями, припаркованными автомобилями, элементами обустройства дороги. Наличие затеняющих объектов фиксируют в протоколе измерений.

При стационарном способе измерения освещенности используют люксметр с дистанционным управлением или люксметр, фотометрическая головка которого имеет кабель достаточной длины для соединения с регистрирующим прибором для исключения затенения света от ОП (осветительный прибор) персоналом [6].

1.3 Световые приборы для уличного освещения

Существуют разные световые приборы под разные задачи и условия эксплуатации. Основные варианты светового оборудования [7]:

- 1) Консольные светильники размещаются на фонарных столбах с помощью консоли – кронштейна, имеющего Г-образную форму.



Рисунок 5- Внешний вид консольного светильника

У осветительного прибора способ установки состоит в его посадке на ствол консоли. В основании корпуса имеется посадочное отверстие диаметром до 60 мм, которое превышает диаметр ответной части кронштейна. Консольное крепление светильника фиксируется болтовым соединением, надежно удерживающим осветительное устройство при любой ветровой нагрузке.

Консоль (Г-образный кронштейн) может крепиться на столбе, опоре или же на

стене четырьмя разнообразными способами:

а) На обечайке – деталь в форме цилиндра с резьбовыми отверстиями для ее фиксирования.



Рисунок 6- Пример крепления консоли на обечайке

б) На фланце – ограничительное кольцо, на которое опирается основание кронштейна. Для его фиксации предусмотрены двухрядные резьбовые отверстия. Боковой - предназначен для монтажа на плоскую вертикальную поверхность, например, фасад здания. Крепеж выполнен в виде двух пластин.



Рисунок 7- Пример крепления консоли на фланце и крепление сбоку

в) Накладной – реализуется посредством соединения хомутами различного форм-фактора. Хомут фиксируется шпильками или болтами.



Рисунок 8- Пример накладного крепления консоли

2) Светильники-столбики - внешне схожи с классическими уличными фонарями на опорах. Монтаж выполняется на подготовленных основаниях или фундаментах.



Рисунок 9 -Светильники-столбики до 1,5 м

3) Настенные уличные светильники - монтаж выполняется накладным или встраиваемым способом. Выпускаются модели со встроенным датчиком движения и освещенности.



Рисунок 10 - Настенные уличные светильники

Настенные световые приборы могут устанавливаться на угол дома, над дверью, для освещения стен. Существуют очень компактные модели, есть и громоздкие, но все они удобно закрепляются при помощи настенного крепления к любой вертикальной поверхности.

1.4. Примеры уличного освещения по замене или модернизации освещения

В настоящем разделе представлены примеры по реализации и воплощению уличного освещения на улицах разных городов и стран. Примеры, где продемонстрированы объекты с качественно лучшим по цветопередаче решением замены исходных источников света или модернизации в целом.

На улице Тверской в г. Москве в 2017 году была проведена реконструкция освещения. Проектом предусматривалось создание нескольких уровней освещения. Для освещения пешеходных и проезжих частей установлены фонари, определенные регламентом, разработанным в рамках программы «Моя улица» [8].

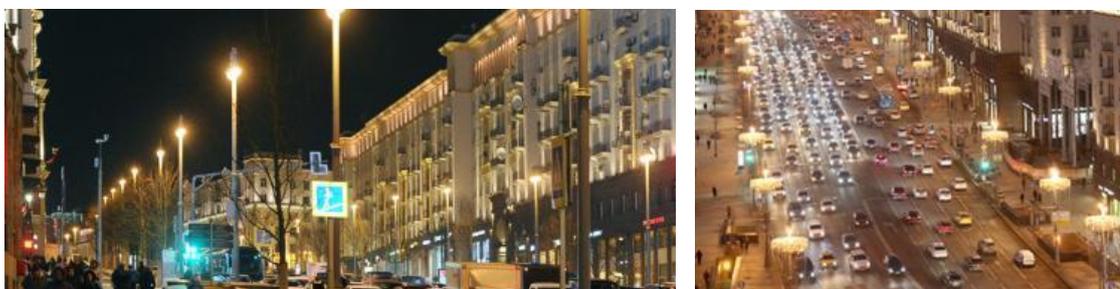


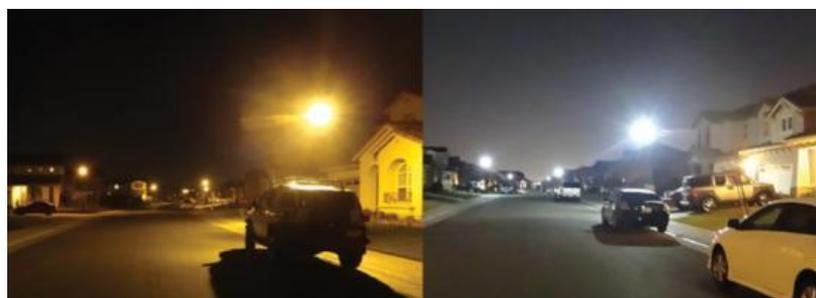
Рисунок 11- Улица Тверская г. Москва

Примеры по замене или модернизации уличного освещения широко распространены в разных регионах страны и мира (рис. 12, 13). Тенденции светодиодного освещения набирают обороты и становятся всё более востребованным и энергоэффективным способом решения вопроса освещения улиц городов и населенных пунктов.



Рисунок 12 -Великобритания. Южный Глостершир

Замена городских светильников на светодиодные была произведена в разных городах США (см. рис.13). Лос-Анджелес экономит в год 8 миллионов долларов, в результате замены 150 тысяч городских светильников на светодиодные. Аналогичные меры в Нью-Йорке по замене 250 тыс. светильников сохранили городскому бюджету 6 миллионов долларов по расходу электроэнергии и ещё 8 миллионов долларов с обслуживания световых точек.



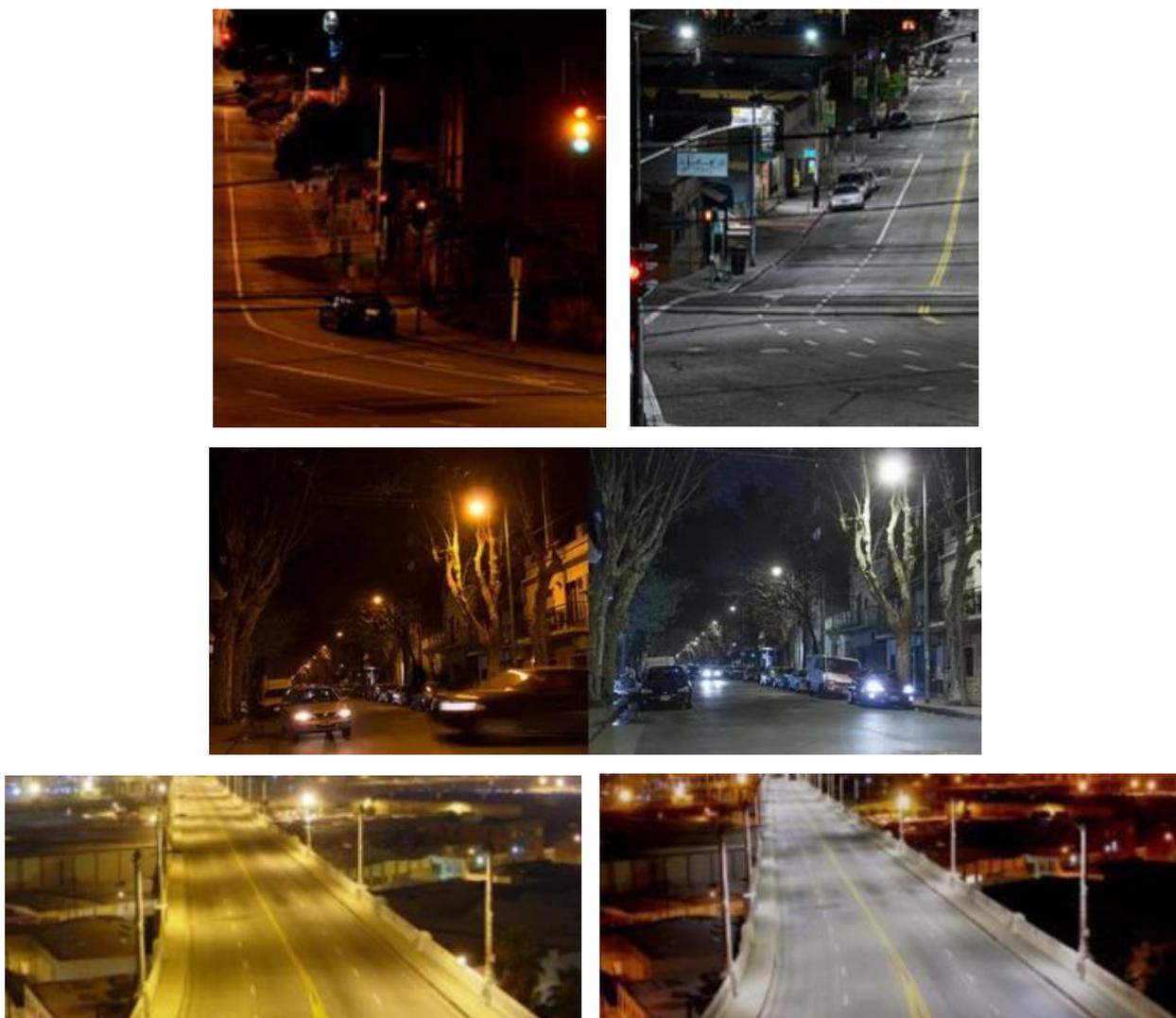


Рисунок 13- Примеры по реконструкции освещения в городах США

Эти и много других примеров показывают заметную разницу на улицах при их освещении до и после изменений. Прежде всего улучшение цветопередачи способствует более комфортному и благоприятному освещению в темное время суток на представленных объектах.

1.5 Формирование системы уличного освещения Томска

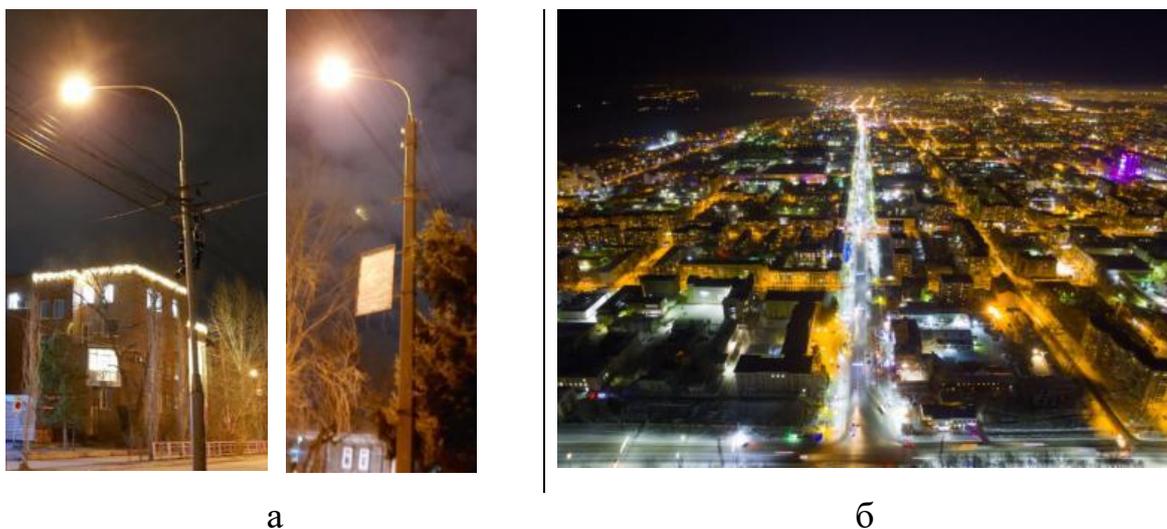
В 1832 году было реализовано первое масштабное освещение улиц в г. Томске. По решению Томской городской думы было установлено 89 уличных фонарей для освещения улицы с использованием масла в качестве источника света [9]. Внутри стеклянного четырехгранного колпака находилась емкость с горючим и с нитяным фитилем. Свет от такого фонаря был тусклым, он может сравниться со светом от двух свечей. Фонари были установлены на равном

расстоянии друг от друга. Опоры были деревянные с пирамидальной формой. Фонари зажигались весной и осенью и только в безлунные ночи [10].



Рисунок 14- а) цилиндрические опоры; б, в) многогранные опоры.

На улицах Томска устанавливают два вида опор. Первый - в виде цилиндра (рис. 14 а). Фонари на таких опорах стоят на большинстве улиц города. Эти опоры используются не только как фонарные столбы, но и для монтажа контактной сети троллейбусов и трамваев. Второй вид — многогранные (рис.14 б,в). Они стоят на Пушкинской развязке, Путепроводе, ул. Кулагина. Такие опоры делали по заказу в Санкт-Петербурге [9].



а

б

Рисунок 15- Ночной город и свет фонарей, г. Томск, а (2023 г.), б (2016 г.)

Улицы современного ночного Томска раскрашены в разные цвета (рис.15), ещё большая часть из них принадлежит газоразрядным источникам света, с традиционными опорами и цветом ламп. Однако тенденции светодиодного уличного освещения также присутствуют, что связано с благоустройством городской среды, вопросами энергосбережения и комфорта жителей нашего города.

2. Анализ уличного освещения ул. Герцена г. Томск и вопросы по его модернизации

Общая протяженность улицы Герцена составляет 2,6 км.

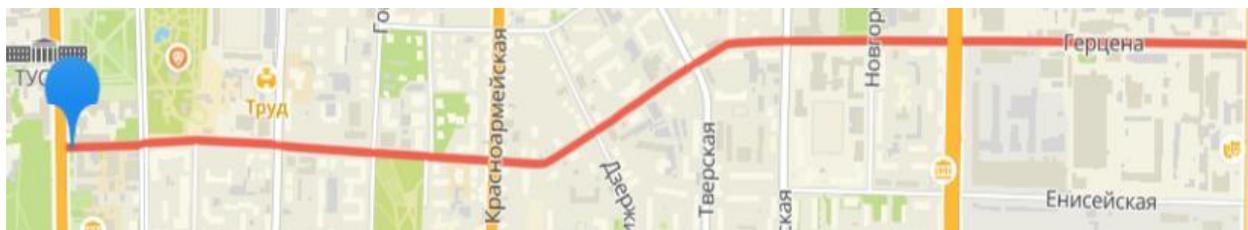


Рисунок 16- Фрагмент карты города, ул. Герцена отмечена красным маркером

Траектория движения начинается от проспекта Ленина и идёт с запада на восток, в основном параллельно проспектам Фрунзе и Кирова, за исключением трёх кварталов между улицами Красноармейской и Киевской, в которых она отклоняется к северо-востоку (становится ближе к пр. Фрунзе). Заканчивается улица пересечением с улицей Шевченко.

2.1 Историческая справка объекта

Изначальное название улицы по одной из версий связано с государем-императором Александром II, по другой - с фамилией местного жителя Александрова [11].

В 1886 году в Томске был заложен Городской сад (современный адрес – ул. Герцена, д. 6). Инициатором создания был томский губернатор Герман Августович Тобизен. Протяженность сада была около 2 га. В 1907 году на противоположной стороне был создан сад «Буфф».

В 1903 году в конце улицы началось строительство здания Учительского института. В 1920 году улица была переименована в Герценовскую, из-за 50-й годовщины смерти А. И. Герцена. Современный вариант названия улицы можно было увидеть в разных источниках уже с 1930 года.

2.2 Исследование уличного пространства и территории ул. Герцена

Объектом исследования в работе является проезжая автомобильная

дорога улицы Герцена и состояние ее освещения в вечерние и ночные часы. На проезжей части наибольшее количество транспортных средств- от перекрестка с проспектом Ленина до перекрестка с улицей Красноармейской и потому как этот участок чаще используется населением, то при таком освещении снижается уровень безопасности. На рисунках 17-20 представлены фото участков дороги, видов проезжей части и других фрагментов улицы в дневное время.

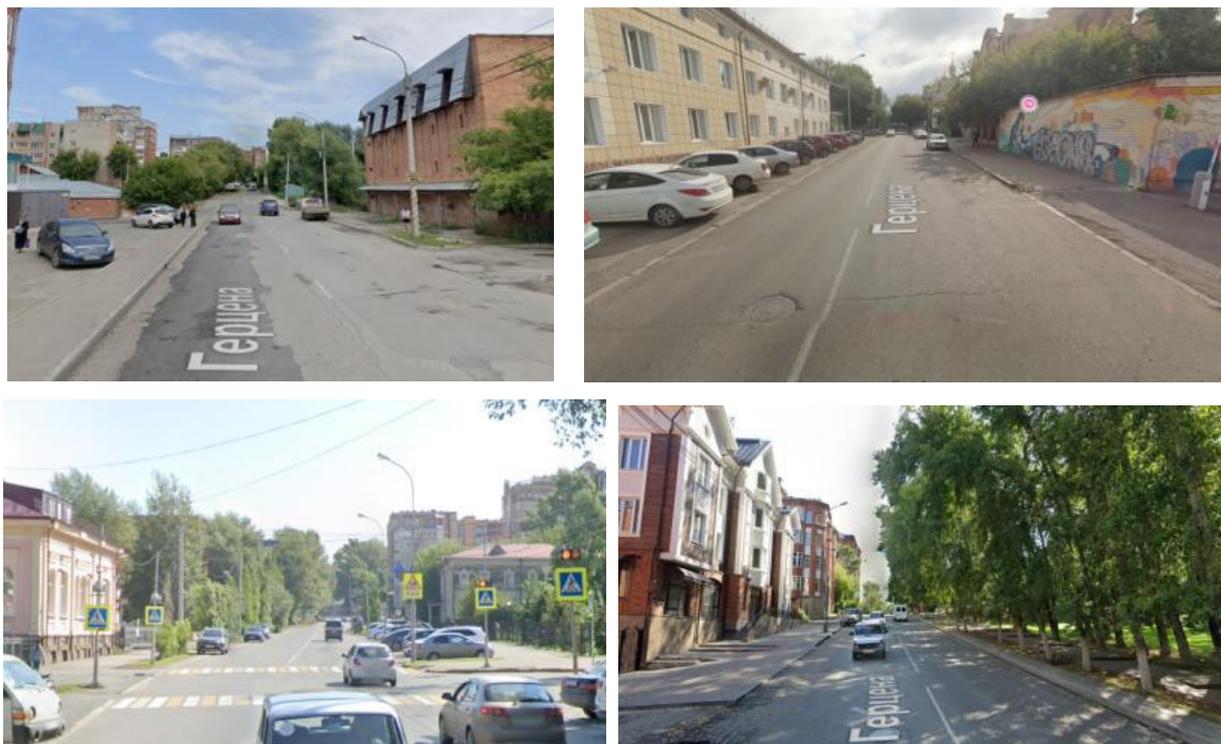


Рисунок 17- Фото участков проезжей части дороги



а

б

в

Рисунок 18- Участок дороги по адресам ул. Герцена 38(а), 40 (б), 26(в), соответственно

Если сравнивать три участка дороги, то из наблюдений можно заметить различие по расстоянию между опорами, которое варьируется в пределах от 38 до 46 метров, что сказывается на отсутствии общей равномерности освещения улицы.

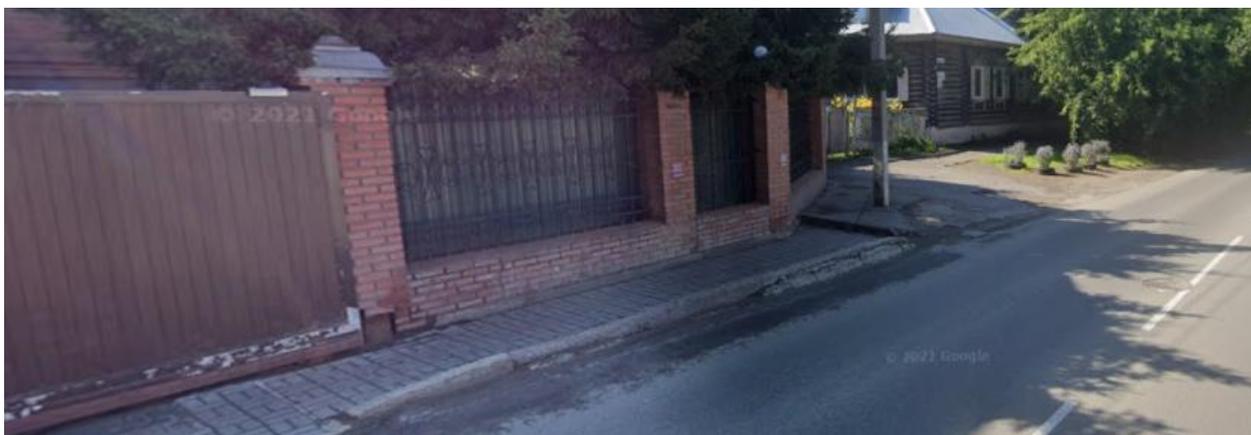


Рисунок 19- Фото улицы с тротуарными дорожками

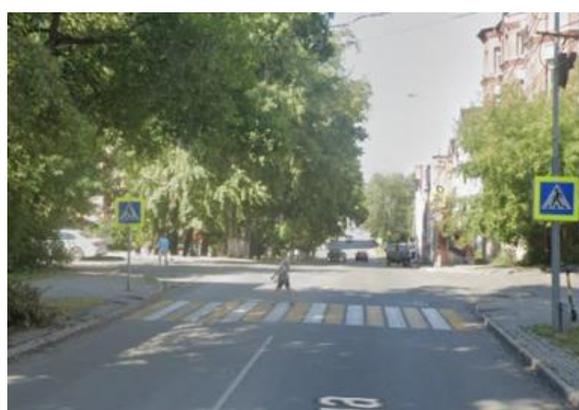


Рисунок 20 -Фото улицы с организацией пешеходного движения

Для уличного освещения протяженностью 2,6 километра улицы Герцена предназначено 72 световых прибора. На рисунках 21-23 показаны участки дороги и виды проезжей части в условиях искусственного освещения в

периоды вечернего или ночного наблюдений. На рис.21 показано как выглядит участок дороги и тротуара в ночное время:

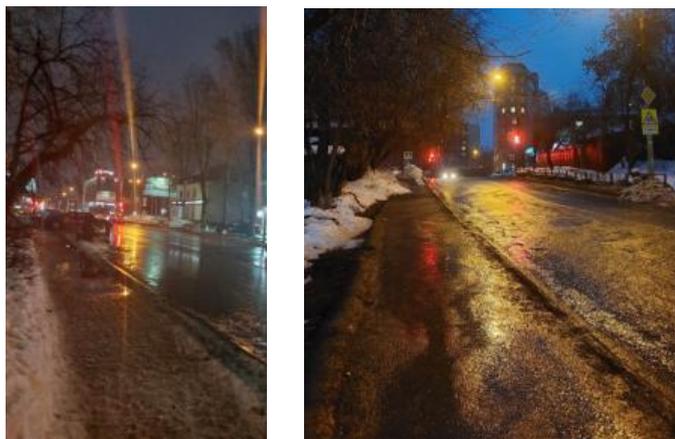


Рисунок 21- Фото участка улицы с фрагментов тротуара

Освещение пешеходного перехода обеспечивается наличием двух типов источников света: газоразрядным (свет уличного фонаря) и светодиодным (дополнительный светодиодный световой прибор), что сопровождается улучшенным качеством освещения на данном участке в темное время суток.

Однако тротуар и проезжая часть в этом месте имеют недостаточную освещенность и нуждается в пересмотре и замене освещения.



Рисунок 22- Свет от фонарей с разными источниками света

Схема расположения осветительных приборов согласно таблице 1 на улице Герцена преимущественно двухрядная шахматная.

При осмотре и наблюдении за состоянием освещения улицы в вечерние и ночные часы было выявлено 5 световых приборов в нерабочем состоянии, но через некоторое время их может оказаться больше, так как за 3 месяца перестал работать световой прибор по ул.Герцена 21 (рис. 23).

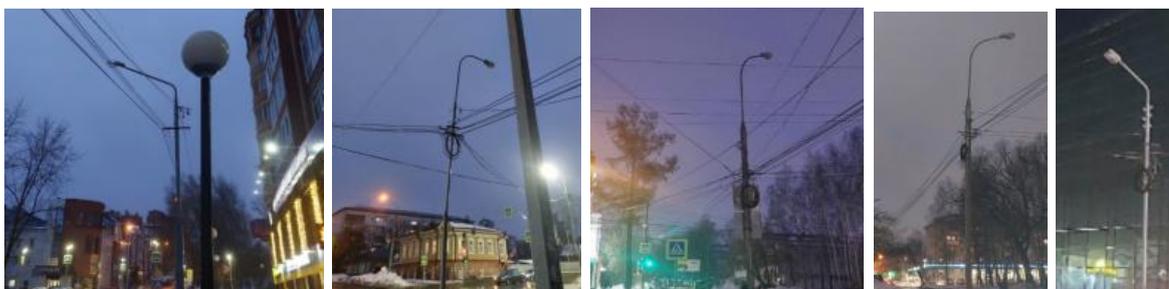


Рисунок 23- Примеры фонарей в нерабочем состоянии (фото от 24.02. 2023 г.)

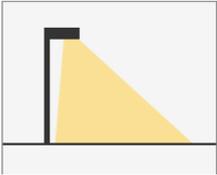
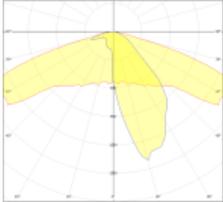
Для того, чтобы обеспечить комфортную световую городскую среду на исследуемом объекте, в данной работе выполнен анализ уличного пространства и предложено световое решение по модернизации освещения. В проекте предусматривается выбор и замена осветительного оборудования на светодиодные источники света с высокой энергоэффективностью и качественной цветопередачей, что сопровождается улучшением видимости, общим благоприятным состоянием и энергосберегающими свойствами осветительной установки.

2.4 Знакомство с номенклатурой уличных светильников в формате объекта, файла, конструкции

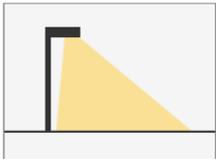
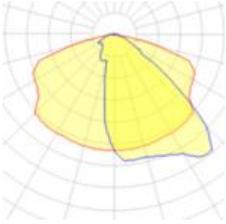
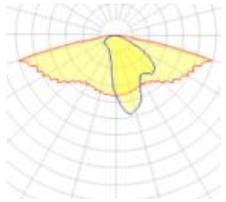
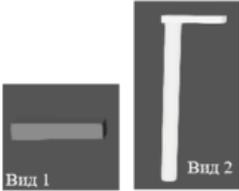
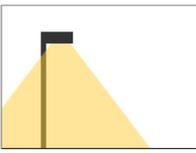
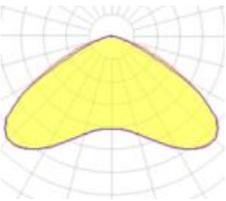
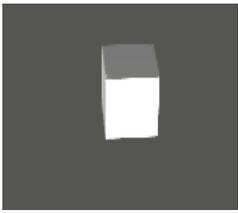
При знакомстве и выборе световых приборов для уличного освещения в программе DIALux evo, столкнулись с тем, что 3D модель объекта может выводиться по-разному: идентично заявленной модели по фото из каталога продукции или с некоторыми «нарушениями», устранить которые позволяет «достройка» композиции объекта светового прибора до нужного вида.

Так по результатам анализа и обращения с данными (см. табл. 7) следует сделать вывод о том, что встречаются такие модели светильников, где требуется частичная или полная доработка конструкции, что желательно учитывать при постройке объекта и визуализации данных по его деталям, в частности внешнему виду светового прибора.

Таблица 7- Этапы преобразования 3D модели объекта светового прибора

Консольный ассиметричный прямой светильник	Кривая силы света	Внешний вид светового прибора	3D модель светового прибора в DIALux evo	Доработка конструкции
				<p>доработки не требуется, идентичная конструкция</p>

Продолжение таблицы 7

				требуется доработка: частичная или полная доработка композиции модели светового прибора
				
				

В случаях, когда световая часть является составной частью светового прибора требуется использование нескольких световых частей для конструкции на одной опоре. Общая готовая конструкция может выглядеть так, как показано на рис. 29.

пример 1



доработка конструкции до светового прибора на одной опоре с 2-мя световыми частями.

пример 2



доработка конструкции до светового прибора на одной опоре с 6-ю световыми частями.



Рисунок 29- Готовая конструкция световых приборов с достройкой до 2-х (пример 1) и 6 (пример 2) световых точек

Такого вида приборы, например, можно увидеть на парковочных местах торговых центров и на скоростных дорогах. При компоновке и визуализации конструкции светового прибора до цельной конструкции здесь произведена достройка опоры, дополнительных соединительных кронштейнов (пример 1). На примере 2 демонтируется достройка конструкции до светового прибора на одной опоре с 6-ю световыми частями.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

При планировании научно-исследовательского проекта необходимо проанализировать конечный продукт, чтобы создать преимущество над конкурентами, востребованность продукта. Так же необходимо рассчитать бюджет проекта, цену продукта, окупаемость, время окупаемости и время исполнения проекта.

В данном разделе планируется выполнить следующие задачи:

- Оценить коммерческий потенциал проекта и ресурсную экономическую эффективность научно-исследовательской работы;
- Составить календарный план научно-исследовательской работы;
- Оценить стоимость материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов для исполнения проекта.

Цель данной ВКР – провести анализ и проработать проектное решение по модернизации уличного освещения улицы Герцена города Томск, предложить проектное решение по замене световых приборов на светодиодные.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для успешного проектирования продукта необходимо изучать аналоги и учитывать опыт других людей. Изучение разработок конкурентов и сравнительный анализ позволяют исследовать слабые стороны собственного продукта и найти конкурентное преимущество.

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В данном разделе с технической и экономической точек зрения исследовано освещение улицы Герцена города Томск.

Рассмотрим два конкурентных решения:

Первое конкурентное решение – проект с заменой на новые

газоразрядные источники света, спроектированный в DIALux evo по нормам.

Второе конкурентное решение – освещение улицы в данный момент с помощью газоразрядных источников света.

Для сравнения конкурентных технических решений составим оценочную карту.

Таблица 10 –

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэффективность	0,20	5	3	3	1	0,6	0,6
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
3. Надежность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Уровень шума	0,04	4	2	2	0,16	0,08	0,08
5. Безопасность	0,11	3	2	2	0,33	0,22	0,22
6. Простота эксплуатации	0,10	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
2. Цена оборудования	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Итого:	1	36	26	27	4,09	2,95	3,05

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научно-исследовательской разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По результатам анализа конкурентоспособности, представленной в таблице 1, выявлено превосходство выбора современных светодиодных светильников. Конечно, заинтересовать потенциального потребителя низкими ценами на продукцию не получится, но показав возможности энергоэффективности и длительный срок службы данных источников света, возможно это и будет эффективным способом привлечения внимания потребителей.

3.1.2 SWOT- анализ

SWOT-анализ позволяет провести оценку сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта.

На первом этапе составляется SWOT матрица, в которую вносятся слабые и сильные стороны проекта, возможности и угрозы при его реализации. Матрица представлена в таблице 2.

Таблица 11- Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Большой срок службы светового прибора.	Сл1. Вероятность выхода из строя осветительных приборов.
С2. Высокий уровень качества освещения	Сл2. Относительно высокая цена.
С3. Создание безопасной и комфортной атмосферы для людей.	Сл3. Чувствительность осветительных приборов к перепадам напряжения.
С4. Экологичность технологии	Сл4.Трудоемкость процесса обработки данных.
С5. Высокий класс энергоэффективности	Сл5. Непроверенные временем поставщики.

Продолжение таблицы 11

Возможности	Угрозы
<p>В1. Внедрение проектного решения в область модернизации.</p> <p>В2. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ.</p> <p>В3. Появление потенциального спроса на новое проектное решение.</p> <p>В4. Качественное освещение для потребителя.</p> <p>В5. Безопасность на дороге и улице в ночное время суток.</p>	<p>У1. Отсутствие спроса на реализацию подобных проектных решений.</p> <p>У2. Высокая конкуренция.</p> <p>У3. Увеличение цены из-за высокого спроса.</p> <p>У4. Снижение стоимости разработок конкурентов.</p> <p>У5. Отсутствие понимания у потребителя необходимости качественного света.</p>

Следующий этап состоит из выявления сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. В матрице факторы обозначаются знаком «+» - сильное соответствие сильных сторон возможностям, «-» - слабое соответствие, «0» - степень соответствия не ясна.

Таблица 12-
Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	В1	+	+	+	+	+
	В2	-	-	-	-	-
	В3	+	+	-	+	+
	В4	+	-	-	-	+
	В5	-	+	+	-	-

Таблица 13-

Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	+	-	+	-
	B5	-	-	-	-	-

Таблица 14 –

Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	+	+	-	+	+
	У3	-	+	-	+	+
	У4	-	-	-	0	-
	У5	-	-	-	-	-

Таблица 15 –

Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	-	-	+
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	+	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 16.

Таблица 16 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Большой срок службы светового прибора. С2. Высокий уровень качества освещения С3. Создание безопасной и комфортной атмосферы для людей. С4. Экологичность технологии С5. Высокий класс энергоэффективности</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Вероятность выхода из строя осветительных приборов. Сл2. Относительно высокая цена. Сл3. Чувствительность осветительных приборов к перепадам напряжения. Сл4. Трудоемкость процесса обработки данных. Сл5. Непроверенные временем поставщики.</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 16

<p>Возможности:</p> <p>V1. Внедрение проектного решения в область модернизации.</p> <p>V2. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ.</p> <p>V3. Появление потенциального спроса на новое проектное решение.</p> <p>V4. Качественное освещение для потребителя.</p> <p>V5. Безопасность на дороге и улице в ночное время суток.</p>	<p>V1C1C2C3C4C5. При помощи таких достоинств как большой срок службы светового прибора, высокий уровень качества освещения, создание безопасной и комфортной атмосферы для людей, экологичность технологии и высокий класс энергоэффективности проектное решение может быть внедрено в область модернизации.</p> <p>V3C2.C3. Цель в обеспечении высокого по уровню качества освещения и создание безопасной и комфортной атмосферы для людей создаст потенциальный спрос на проектное решение.</p> <p>V4C1C5. При помощи высокого срока службы светового прибора и высокого класса энергоэффективности можно получить качественное освещение для потребителя.</p> <p>V5C2C3. Высокий уровень качества освещения и комфортная атмосфера для людей создаст безопасность на дороге и улице в ночное время суток.</p>	<p>V4C2C4. Во время проекта существует трудоемкость процесса обработки данных и относительно высокая цена на световые приборы, но все это поможет создать качественное освещение для потребителя.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на реализацию подобных проектных решений.</p> <p>У2. Высокая конкуренция.</p> <p>У3. Увеличение цены из-за высокого спроса.</p> <p>У4. Снижение стоимости разработок конкурентов.</p> <p>У5. Отсутствие понимания у потребителя необходимости качественного света</p>	<p>У2C1C2C4C5. Большой срок службы светового прибора, высокий уровень качества освещения, экологичность технологии и высокий класс энергоэффективности помогает проекту выигрывать у конкурентов.</p> <p>У3C2C4C5. Даже при высоком уровне качества освещения, экологичности технологии и высокого класса энергоэффективности может произойти увеличение цены из-за высокого спроса и при снижении платежеспособности произойдет падение интереса</p>	<p>У3Сл2. Изначальная высокая цена может вырасти из-за высокого спроса и из-за этого может уменьшиться количество потребителей.</p>

В результате проведения SWOT-анализа выявлены недостатки и преимущества, оценены возможности и угрозы. Проект достаточно устойчив, преимущества преобладают над недостатками. При дальнейшей проектировки особенности, обнаруженные при анализе, будут учтены.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам деятельности приведен в таблице 17.

Таблица 17- Перечень этапов, основных работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ ра б	Содержание работ	Должность исполнител я
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Проведение анализа наблюдений и измерений освещенности объекта на местности	Инженер
	5	Ознакомление со световым оборудованием для целей уличного освещения	Инженер

Продолжение таблицы 17

	6	Выполнение компьютерного 3D моделирования уличного пространства ул. Герцена	Инженер
	7	Подбор и расстановка светотехнического оборудования в DIALux evo	Инженер
	8	Создание проектного решения по визуализации проекта освещения уличного пространства	Инженер
	9	Описание хода проведения работы и предложений по модернизации.	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Обработка полученных результатов	Инженер
	11	Оценка полученных результатов	Инженер, научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки	Инженер

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Требуется определить трудоемкость проводимых работ, чтобы в дальнейшем рассчитать стоимость разработки.

Трудоемкость определяется по следующей формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{мин\ i} + 2t_{макс\ i}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человекодни;

$t_{мин\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{макс\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i}, \quad (3)$$

Где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.2.3 Разработка проведения научного исследования

Данная работа небольшая по объему и срокам проведения, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения работы в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Для этого воспользуемся формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

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.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,5, \quad (5)$$

Где $T_{\text{кал}}$ - количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ - количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ - количество праздничных дней в году.

В таблице 18 приведены расчеты временных показателей проведения научного исследования.

Таблица 18- Временные показатели проведения научного исследования

Название работ	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож\ i}$, чел-дни		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2				
1	2	3	4	5	6	7	8		9	
1. Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	2,8		4	
2. Календарное планирование работ по теме	1	2	3	4	1,8	2,8	2,3		3	
3. Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	12	-	10,8	10,8		16	
4. Проведение анализа наблюдений и измерений освещенности объекта на местности	-	12	-	15	-	13,2	13,2		20	

Продолжение таблицы 18

5.Ознакомление со световым оборудованием для целей уличного освещения	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
6.Выполнение компьютерного 3D моделирования уличного пространства ул. Герцена	-	3	-	6	-	4,2	4,2	6
7.Подбор и расстановка светотехнического оборудования в DIALux evo	-	1	-	3	-	1,8	1,8	3
8.Создание проектного решения по визуализации проекта освещения уличного пространства	-	4	-	6	-	4,8	4,8	7
9.Описание хода проведения работы и предложений по модернизации.	-	4	-	6	-	4,8	4,8	7
10.Обработка полученных результатов	-	5	-	6	-	5,4	5,4	8
11.Оценка полученных результатов	3	4	5	6	3,8	4,8	4,3	6
12.Составление пояснительной записки	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
Итого	6	51	12	74	8,4	67,2	62	92

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе временных показателей проведения научного исследования построен план-график в форме диаграммы Ганта (таблица 19).

Таблица 19-Диграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ			
				февр	март	апр	май
1	Составление и утверждение технического задания	Исп.1	4				
2	Календарное планирование работ по теме	Исп.1 Исп.2	3				
3	Подбор и изучение материалов по теме	Исп.2	16				
4	Проведение анализа наблюдений и измерений освещенности объекта на местности	Исп.2	20				
5	Ознакомление со световым оборудованием для целей уличного освещения	Исп.2	6				
6	Выполнение компьютерного 3D моделирования уличного пространства ул. Герцена	Исп.2	6				
7	Подбор и расстановка светотехнического оборудования в DIALux evo	Исп.2	3				
8	Создание проектного решения по визуализации проекта освещения уличного пространства	Исп.2	7				

Продолжение таблицы 19

9	Описание хода проведения работы и предложений по модернизации.	Исп.2	7				
10	Обработка полученных результатов	Исп.2	8				
11	Оценка полученных результатов	Исп.1 Исп.2	6				
12	Составление пояснительной записки	Исп.2	6				

Примечание:

■-Исп.1(научный руководитель), ■-Исп. 2 (инженер)

3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования должно быть обеспечено полное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научно-технического исследования (НТИ);
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.3.1 Расчет материальных затрат научно-исследовательской работы

Данный раздел включает в себя стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (6)$$

Где m -количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ - количество материальных ресурсов i - го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт.,кг,м,м² и т.д.);

$Ц_i$ - цена приобретения единицы i - го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно- заготовительные расходы.

В таблице 20 представлены все материальные затраты

Таблица 20- Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5
Батарейка для ТКА-люкс	шт.	1	221	221
Итого				221

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данный раздел включены все затраты на специальное оборудование, необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Все расчеты по приобретению оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сведены в таблицу 21.

Таблица 21-Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.ПЭВМ	1	3	40 000	40 000

Продолжение таблицы 21

2.ТКА-люкс	1	3	17 700	17 700
Итого				57 700

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел включается заработная плата научного руководителя и инженера. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата одного работника вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (7)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{49\,000 \cdot 10,3}{246} = 2051,6 \text{ руб.}, \quad (8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая

неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{32\,000 \cdot 11,2}{216} = 1659,3 \text{ руб.}, \quad (9)$$

Таблица 22- Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	26/5
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	216

Месячный должностной оклад работника:

Для руководителя:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 27800 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = \\ &= 54\,210 \text{ руб.}, \end{aligned} \quad (10)$$

Для инженера:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 17500 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = \\ &= 34\,125 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (11)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 23- Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_{тс,руб}$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м,руб}$	$Z_{дн,руб}$	$T_{р,раб.дн.}$	$Z_{осн,руб}$
Руководитель	27 800	0,3	0,2	1,3	54 210	2051,6	8,4	17 233
Инженер	17 500	0,3	0,2	1,3	34 125	1659,3	67,2	111 504
Итого								128 737

3.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (12)$$

Для руководителя: $Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 17\,233 = 2\,584,9$ руб.

Для инженера: $Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 111\,504 = 16\,725,6$ руб.

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данном разделе расходов отражаются обязательные отчисления.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется из следующей формулы:

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

Для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (17\,233 + 2\,584,9) = 5945,4 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (111\,504 + 16\,725,6) = 38468,9 \text{ руб}$$

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

Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30,2 % (ст. 425, 426 НК РФ).

3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование

материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Таблица 24- Группировка затрат по статьям

Статьи					
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления во внебюджетные фонды	Итого без накладных расходов
1	2	3	4	5	6
57 700	221	128 737	19310,5	44414,3	250382,8

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}} = 250382,8 \cdot 0,16 = 40061,2 \text{ руб.}, \quad (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Текущий проект	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты	221	221	221	Пункт 2.4.1

Продолжение таблицы 25

2. Затраты на специальное оборудование	57700	57700	57700	Пункт 2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	128 737	120 700	125 250	Пункт 2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19310,5	17310	20310	Пункт 2.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	44414,3	40414	35414	Пункт 2.4.5
6. Накладные расходы	40061,2	40061,2	40061,2	Пункт 2.4.6

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

Для определения эффективности необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух показателей: ресурсоэффективности и финансовой эффективности.

Как варианты исполнения используем конкурентные проекты освещения: проект с заменой на новые газоразрядные источники света, спроектированный в DIALux evo по нормам и освещение улицы в данный момент с помощью газоразрядных источников света.

Интегральный финансовый показатель определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек пр.}} = \frac{\Phi_{p \text{ тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{290444}{290444} = 1,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{p \text{ исп1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{276406,2}{290444} = 0,95,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{\Phi_{p \text{ исп2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{278956,2}{290444} = 0,96.$$

В результате расчета финансовых показателей проектирование конкурента 1 требует меньших финансовых ресурсов. Данный проект незначительно выгоднее второго конкурента.

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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 шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проводим в форме таблицы (таблица 26).

Таблица 26-

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Объект исследования		
		Текущий проект	Исп.1	Исп.2
1. Долговечность	0,20	5	2	5
2. Комфорт потребителя	0,25	5	3	5
3. Стабильность работы	0,20	5	3	5
4. Энергоэффективность	0,20	5	2	4
5. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3	4
Итого	1	4,85	2,6	4,65

$$I_{p \text{ тек.пр.}} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 = 4,85,$$

$$I_{p \text{ исп1}} = 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,20 + 2 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 = 2,6,$$

$$I_{p \text{ исп2}} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 = 4,65.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{тек.пр.}} = \frac{I_{p \text{ тек.пр.}}}{I_{\text{финр.}}} = \frac{4,85}{1} = 4,85,$$

$$I_{\text{исп1.}} = \frac{I_{p \text{ исп1.}}}{I_{\text{финр.}}} = \frac{2,6}{0,95} = 2,7,$$

$$I_{\text{исп2.}} = \frac{I_{p \text{ исп2.}}}{I_{\text{финр.}}} = \frac{4,65}{0,96} = 4,8.$$

Представим сравнительную эффективность проекта в таблицу 27.

Таблица 27-Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,95	0,96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	2,6	4,65
3	Интегральный показатель эффективности	4,85	2,7	4,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,56	0,9

Сравнение эффективности сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является текущий проект.

Вывод

В результате анализа конкурентных технических решений было установлено, что текущий проект освещения является наиболее подходящим и оптимальным по сравнению с другими.

В данном разделе был выполнен анализ коммерческого потенциала работы, построен план работ, рассчитан бюджет научно-исследовательской работы, определена эффективность исследования.

При анализе конкурентных проектов были выявлены слабые и сильные стороны проекта, рассчитаны возможности и угрозы, найдены эффективные стратегии для использования сильных сторон и защиты слабых.

В ходе планирования работ руководителя и инженера был разработан график реализации этапов работ, который позволяет оценивать длительность этапов и планировать рабочее время исполнителей. Было определено: общее

количество календарных дней для выполнения работ составляет 92 дня; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, составляет 89 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 13 дней.

Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 290 444 руб.

Результат оценки эффективности позволяет сделать следующие выводы:

-значение интегрального финансового показателя проекта составляет 1, это незначительно больше показателя первого конкурента 0,95;

-значение интегрального показателя ресурсоэффективности составляет 4,85, по сравнению с 2,6 и 4,65;

-значение интегрального показателя эффективности составляет 4,85, по сравнению с 2,7 и 4,8, и является наиболее высоким, что означает, что разрабатываемое техническое решение, является наиболее эффективным вариантом исполнения.