

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

---

Инженерная школа энергетики  
Отделение Электроэнергетика и электротехника  
Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
Профиль Оптимизация развивающихся систем электроснабжения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Технико-экономические аспекты применения различных источников искусственного освещения на промышленных предприятиях</b>

УДК 628.93:725.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Сухов Александр Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Герасимов Дмитрий Юрьевич	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	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	Сайгаш Анастасия Сергеевна	к.т.н.		

Томск 2022 г.

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

---

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетика и электротехника

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Сайгаш А.С.

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM03	Сухов Александр Владимирович

Тема работы:

**Фотоэлектрическая система освещения автомобильного моста**

Утверждена приказом

Дата

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	Схема ремонтного цеха
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Проектирование системы искусственного равномерного освещения ремонтного цеха с использованием светодиодных ламп</li><li>2. Проектирование системы искусственного равномерного освещения ремонтного цеха с использованием люминесцентных ламп</li><li>3. Электрический расчет систем искусственного освещения ремонтного цеха</li><li>4. Техничко-экономическое сравнение спроектированных систем искусственного освещения</li></ol>
<b>Перечень графического материала</b>	—

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Рыжакина Татьяна Гавриловна
<b>Социальная ответственность</b>	Черемискина Мария Сергеевна
<b>Раздел, выполняемый на английском языке</b>	Демидова Ольга Михайловна

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Герасимов Дмитрий Юрьевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5AM03	Сухов Александр Владимирович		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
5AM03		Сухов Александр Владимирович	
Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение (НОЦ)	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема ВКР:

Технико-экономические аспекты применения различных источников искусственного освещения на промышленных предприятиях

## Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

### Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения

*Объект исследования:* Системы освещения на промышленных предприятиях  
*Область применения:* Освещение рабочей зоны производственных помещений  
*Рабочая зона:* офис  
*Размеры помещения:* 15 м<sup>2</sup>  
*Количество и наименование оборудования рабочей зоны:* персональный компьютер 1шт., компьютерный стол 1шт., настольная лампа 1шт., офисное кресло 1шт.  
*Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:* Выполнение работ в положении сидя перед персональным компьютером. В перечень работ входит изучение литературы литературных источников, выполнение расчетов, связанных с темой исследования, написание исследовательской работы.

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

### 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 29.12.2020).
- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009 Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре.
- ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

### 2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:

- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов
- Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора

- Вредные факторы:
- Отклонение показателей микроклимата;
  - Превышение уровня шума;
  - Недостаточная освещенность рабочей зоны.
- Опасные факторы:
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

	<p>– Пожароопасность.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной:</p> <p>Средства нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест, средства защиты от повышенного уровня шума, средства защиты от поражения электрическим током</p> <p>Расчет производится по фактору:</p> <p>Расчет системы искусственного освещения</p>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>	<p><i>Воздействие на литосферу: <u>выделение токсичных веществ при утилизации;</u></i></p> <p><i>Воздействие на гидросферу: <u>загрязнение водоёмов бытовыми сточными водами.</u></i></p> <p><i>Воздействие на атмосферу: <u>загрязнение атмосферного воздуха автотранспортом.</u></i></p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<p>Возможные ЧС: <u>внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения, пожар, угроза пандемии</u></p> <p>Наиболее типичная ЧС: <u>пожар</u></p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель (ООД, ШБИП)	Черемискина Мария Сергеевна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Сухов Александр Владимирович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM03	Сухову Александру Владимировичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- 30% премии; - 80% накладные расходы; - 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Размер социальных отчислений 30%.

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определение потенциальных потребителей; Оценка готовности к коммерциализации; SWOT-анализ;
2. Разработка устава научно-технического проекта	Формирование цели и результата проекта, организационной структура проекта, ограничений и допущений проекта.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование иерархической структуры работ проекта. Определение структуры работ. Формирование бюджета затрат на научное исследование. Определение рисков проекта.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
7. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.02.2022
------------------------------------------------------	------------

## Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		28.02.2022

## Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Сухов Александр Владимирович		28.02.2022

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

---

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехника

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования магистратура

Период выполнения весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела/ вид работы	Максимальный балл раздела, %
	1. Литературный обзор	7
	2. Светотехнический расчет ремонтного цеха	21
	3. Электрический расчет освещения	21
	4. Расчет технико-экономических показателей ОУ	21
	5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
	6. Социальная ответственность	10
	7. Раздел, выполняемый на иностранном языке	10
	Выполненная магистерская диссертация	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Герасимов Дмитрий Юрьевич	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сайгаш Анастасия Сергеевна	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
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 определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен разрабатывать научно-методические и учебно-методические материалы, обеспечивающие реализацию учебных курсов, дисциплин, программ профессионального обучения
ПК(У)-2	Способен осуществлять руководство научно-исследовательской, проектной, учебно-профессиональной деятельностью
ПК(У)-3	Способен разрабатывать проекты систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии
ПК(У)-4	Способен разрабатывать, реализовывать и осуществлять контроль выполнения технических и организационных мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности
ПК(У)-5	Способен организовывать и выполнять работы по техническому обслуживанию технических средств автоматизированных систем управления технологическим процессом
ПК(У)-6	Способен осуществлять планирование работ по безопасной эксплуатации и своевременному ремонту электроэнергетического и электротехнического оборудования
ПК(У)-7	Способен применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение электроэнергетических систем с возобновляемыми источниками энергии



## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 145 страниц, 16 рисунков, 53 таблиц, 27 источников, 1 приложения, включает 6 главных раздела.

Ключевые слова: технико-экономический расчет, светотехнический расчет, электрический расчет, освещение, промышленное освещение; искусственное освещение; светодиодные светильники, светодиодные лампы, люминесцентные светильники, люминесцентные лампы, световой поток.

Цель работы: проанализировать технико-экономические аспекты применения различных источников искусственного освещения на промышленных предприятиях на примере спроектированных систем искусственного освещения ремонтного цеха с различными ИО.

Объектом исследования является система искусственного промышленного равномерного освещения ремонтного цеха.

При выполнении работы произведены светотехнический, электрический и технико-экономический расчеты. В светотехническом расчете выбрали количество, мощность и типы источников освещения. В электрическом расчете определили схему питания цеха; марку, количество и способ прокладки питающих линий; выбрали аппараты защиты линий. В технико-экономическом расчете сравнили спроектированные системы искусственного освещения по технико-экономическим параметрам для двух вариантов освещения: основанных на ЛЛ и СД лампах.

Определили стоимость ресурсов научного исследования, нормы и нормативы расходования ресурсов, отчисления. Привели описание рабочего места и применяемых законодательных и нормативных документов по теме выпускной квалификационной работы.

В выпускной квалификационной работе задействованы аналитические расчетные методы и методы сравнения. Работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord2013.

## Оглавление

Список принятых сокращений.....	14
1 Литературный обзор .....	15
1.1 Основные светотехнические величины и единицы их измерения.....	15
1.2 Источники ИО и осветительные приборы.....	16
1.3 ЛН.....	17
1.4 Галогенные лампы. ....	18
1.5 Газоразрядные источники излучения.....	20
1.7 Ртутные лампы высокого давления (ДРЛ).....	22
1.8 Металлогалогенные лампы.....	24
1.9 СД.....	25
1.10 Светильники .....	26
Вывод по главе .....	28
2 Светотехнический расчет ремонтного цеха .....	29
2.1 Анализ здания ремонтного цеха.....	29
2.1.1 Главное помещение ремонтного цеха .....	30
2.1.2 Складское помещение .....	31
2.1.4 Кабинет начальника смены .....	33
2.2.1 Светотехнический расчет главного помещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО .....	34
2.2.2 Светотехнический расчет главного помещения ремонтного цеха с использованием ЛЛ в качестве ИО .....	37
2.2.3 Светотехнический расчет складского помещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО .....	39
2.2.4 Светотехнический расчет складского помещения ремонтного цеха с использованием ЛЛ ламп в качестве ИО .....	41
2.2.5 Светотехнический расчет раздевального помещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО .....	43
2.2.6 Светотехнический расчет раздевального помещения ремонтного цеха с использованием ЛЛ ламп в качестве ИО .....	45
2.2.7 Светотехнический расчет кабинета начальника смены помещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО .....	47
2.2.6 Светотехнический расчет кабинета начальника смены цеха с использованием ЛЛ ламп в качестве ИО .....	49
Вывод по главе .....	52
3 Электрический расчет освещения.....	53
3.1 Электрический расчет освещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО .....	53
3.1.1 Выбор источников питания и напряжения .....	53
3.1.2 Выбор проводов питания осветительной сети: марки, сечения и способа прокладки .....	53

3.1.3 Выбор защиты сети освещения.....	58
3.2 Электрический расчет освещения ремонтного цеха с использованием ЛЛ в качестве ИО .....	60
3.2.1 Выбор источников питания и напряжения .....	60
3.2.2 Выбор проводов питания осветительной сети: марки, сечения и способа прокладки .....	60
3.2.3 Выбор защиты сети освещения.....	65
Вывод по главе .....	66
4. Расчет технико-экономических показателей ОУ .....	67
4.1 Расчет технико-экономических показателей для ОУ с ЛЛ.....	72
4.1 Расчет технико-экономических показателей для ОУ с лампами СД.....	73
4.2 Сравнение экономического эффекта для ОУ с ЛЛ и ОУ с лампами СД .....	74
Вывод по главе .....	74
5. Финансовый менеджмент .....	75
5.1 Введение .....	75
5.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	76
5.2.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	77
5.2.3 SWOT-анализ.....	79
5.2.4 Оценка готовности к коммерциализации .....	81
5.2.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	83
5.3 Инициация проекта .....	83
5.3.1 Цели и результаты проекта .....	84
5.3.2 Организационная структура проекта.....	85
5.3.3 Ограничения и допущения проекта.....	86
5.4 Планирование и управление научно-техническим проектом.....	86
5.4.1 Иерархическая структура проекта .....	86
5.4.2 План проекта.....	87
5.4.3 Бюджет научного исследования .....	93
5.4.4 Организационная структура проекта.....	99
5.4.5 Матрица ответственности.....	100
5.4.6 План управления коммуникациями проекта.....	101
5.4.7 Реестр рисков проекта .....	101
5.5 Определение ресурсоэффективности исследования.....	103
5.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования .....	103
5.5.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей)и экономической эффективности исследования.....	107
5.5.3 Оценка социальной эффективности исследования .....	109
5.6 Выводы по разделу .....	109

6 Социальная ответственность .....	111
6.1 Введение .....	111
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	112
6.3 Производственная безопасность .....	115
6.4 Экологическая безопасность .....	122
6.4.1 Защита атмосферы .....	122
6.4.2 Защита литосферы.....	124
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	124
Вывод по главе .....	126
Список используемой литературы.....	128
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	131

## **Введение**

Правильно спроектированное и выполненное промышленное освещение обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Из общего объема информации человек получает через зрительный канал около 80%. Рациональное освещение рабочего места является одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность трудовой деятельности человека, предупреждающих травматизм и профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, для обеспечения комфортности и безопасности труда, улучшения и облегчения его условий, увеличения производительности труда, повышение работоспособности. Освещение на рабочем месте должно быть таким, чтобы работник мог без напряжения зрения выполнять свою работу.

Актуальность данной работы заключается в том, что доля затрат электроэнергии на системы промышленного освещения достигают до 15% от общего энергопотребления предприятия в зависимости от отрасли промышленности. Поэтому стоит вопрос о рациональной и эффективной осветительной установки для экономии денежных средств предприятия. Помимо затрат на электроэнергию, от качества освещения зависит безопасность и эффективность работников. Некачественное освещение приводит к снижению эффективности трудящихся, к росту процента брака в выпускаемой продукции, а кроме того является причиной производственного травматизма.

Необходимо произвести технико-экономический анализ для систем искусственного равномерного освещения ремонтного цеха при использовании различных ИО. Сравнить экономический эффект от внедрения систем искусственного освещения, реализуемого от разных ИО.

### **Список принятых сокращений**

КПД – Коэффициент полезного действия

ЛН – Лампа накаливания

КИСП – Коэффициент использования светового потока

СП – Световой поток

ЛЛ – Люминесцентная лампа

СД – Светодиоды

КСС – Кривые силы света

ОУ- Осветительная установка

ИО – Источники освещения

ГОСТ – Государственный стандарт

АВ – Автоматический выключатель

СНиП – Санитарные нормы и правила

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Основные светотехнические величины и единицы их измерения

Часть электромагнитного спектра с длинами волн 10-340000 нм называется оптической областью спектра:

- ультрафиолетовое излучение - 10-380 нм;
- видимое излучение - 380-770 нм;
- инфракрасное излучение - 770-340000 нм.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям относятся: СП, сила света, освещенность и яркость.

Часть лучистого потока, которая воспринимается зрением человека как свет, называется СП Ф и измеряется в люменах (лм).

СП Ф - поток лучистой энергии, оцениваемый по зрительному ощущению, характеризует мощность светового излучения.

Единица СП - люмен (лм) - СП, излучаемый точечным источником с телесным углом в 1 стерadian при силе света, равной 1 канделе.

СП определяется как величина не только физическая, но и физиологическая, поскольку измерение ее основывается на зрительном восприятии.

Все источники света, в том числе и осветительные приборы, излучают СП в пространство неравномерно, поэтому вводится величина пространственной плотности СП - сила света  $I$ .

Сила света  $I$  определяется как отношение СП  $d\Phi$ , исходящего от источника и распространяется равномерно внутри элементарного телесного угла  $d$ , к величине этого угла.

$$I = d\Phi / d.$$

За величину силы света принята кандела (кд).

Одна кандела - сила света, испускаемого с поверхности площадью  $1/6 \cdot 10^5 \text{ м}^2$  полного излучения (государственный эталон света) в

перпендикулярном направлении при температуре затвердения платины (2046,65 K) при давлении 101325 Па.

Освещенность  $E$  - отношение СП  $d\Phi$  падающего на элемент поверхности  $dS$ , к площади этого элемента.

$$E = d\Phi/dS. (2.12)$$

За единицу освещенности принят люкс (лк).

Яркость  $L$  элемента поверхности  $dS$  под углом относительно нормали этого элемента есть  $A$ , отношение силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к данному направлению излучения.

Коэффициент отражения характеризует способность отражать падающий на него СП. Он определяется как отношение отраженного от поверхности СП  $\Phi_{отр}$  к падающему на него потоку  $\Phi_{пад}$ .

К основным качественным показателям освещения относятся коэффициент пульсации, показатель ослепленности и дискомфорта, спектральный состав света.

Для оценки условий зрительной работы существуют такие характеристики как фон, контраст объекта с фоном, видимость объекта [1].

## **1.2 Источники ИО и осветительные приборы**

В производственных помещениях в качестве источников искусственного освещения могут быть использованы ЛН, СД, ЛЛ, газоразрядные и галогенные лампы, а также различные их модификации. К источникам искусственного освещения предъявляются следующие требования: освещение должно быть оптимальным по величине, стабильным (по изменению светотехнических характеристик в условиях эксплуатации), равномерно распределенным по площади производственного помещения, обеспечивать требуемую яркость в поле зрения и отвечать требованиям электро, пожаро и взрывобезопасности; спектр света должен быть приближен к солнечному; светильники не должны создавать резких теней на рабочих поверхностях; ОУ должны исключать слепящее действие, отличаться



удобством монтажа и эксплуатации, а также быть долговечными и экономически обусловленными.

### 1.3 ЛН

Принцип действия ЛН основан на тепловом действии электрического тока (вольфрамовая нить лампы, свитая в спираль и находящаяся в нейтральной атмосфере, раскаленная до  $2500-2700^{\circ}\text{C}$ , излучает СП), в настоящее время являются наиболее массовым источником света. В 2015 г. доля ЛН составляла 52% рынка в количественном выражении в России.



Рисунок 1.1- Устройство ЛН

Их основные достоинства: широкий диапазон мощностей, напряжений и типов, приспособленных к определенным условиям применения; непосредственное включение в сеть без дополнительных аппаратов; работоспособность при значительных отклонениях напряжения в сети от номинального; почти полная независимость от условий окружающей среды (вплоть до возможности работать погруженной в воду) в том числе от температуры, компактность. К недостаткам ЛН относятся: низкий

энергетический КПД (видимое излучение составляет не более 4% потребляемой электроэнергии); в спектре света преобладают инфракрасные лучи; изменение в сторону снижения СП и КПД в процессе эксплуатации; высокая температура на поверхности колбы (до 250 - 300° С через 10-12 мин после включения), малый срок службы (до 1000ч) и резкое его снижение при незначительных превышениях напряжения питающей сети.

#### **1.4 Галогенные лампы.**

Галогенная лампа является разновидностью ЛН. Добавление в буферный газ галогенов брома или йода повышает время жизни лампы до 2000 – 4000 часов. При этом рабочая температура составляет примерно 3000 К. Эффективность галогенных ламп достигает 28 лм/Вт.

Йод (совместно с остаточным кислородом) вступает в химическое соединение с испарившимися атомами вольфрама.



Рисунок 1.2 - Галогенная лампа

Этот процесс является обратимым – при высоких температурах соединение распадается на составляющие вещества. Атомы вольфрама высвобождаются таким образом либо на самой спирали, либо вблизи неё.

Добавление галогенов предотвращает осаждение вольфрама на стекле при условии, что температура стекла более 250°С. По причине отсутствия почернения колбы, галогенные лампы можно изготавливать в очень компактном виде. Маленький объём колбы позволяет, с одной стороны, использовать большее рабочее давление (что ведет к уменьшению скорости

испарения нити) и, с другой стороны, без существенного увеличения стоимости заполнять колбу тяжелыми инертными газами, что ведёт к уменьшению потерь энергии за счёт теплопроводности. Всё это удлиняет время жизни галогенных ламп и повышает их эффективность. Галогенный цикл вольфрамово-галогенной лампы представлен на рис.3.

Основным моментом в галогенном цикле является поддержание минимальной температуры стенки колбы на уровне 250 °С, что необходимо для того, чтобы галоид вольфрама оставался в газообразном состоянии и не осаждался на стенке колбы. Эта температура означает, что речь идет о колбах, сделанных из кварца, а не из стекла. Кварц позволяет уменьшить размер колбы.

Вследствие высокой температуры колбы любые загрязнения поверхности (например, отпечатки пальцев) быстро сгорают в процессе работы, оставляя почернения. Это ведёт к локальным повышению температуры колбы, которые могут послужить причиной её разрушения. Поэтому колбы изготавливаются из кварца.

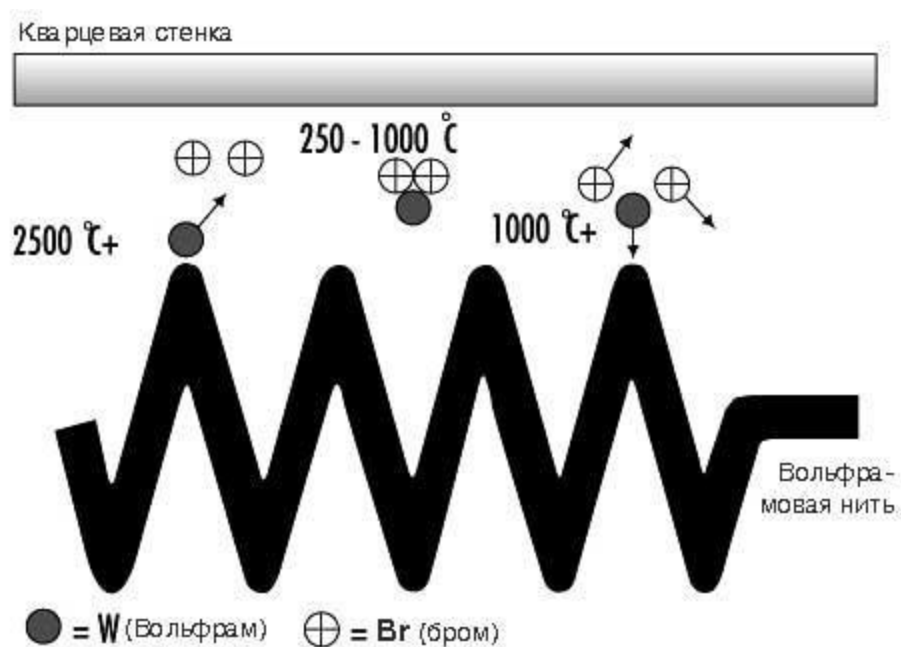


Рисунок 1.3 - Вольфрамово-галогеновый цикл

У большинства вольфрамово-галогенных ламп срок службы выше, чем у аналогичных ЛН, и нить работает при более высокой температуре, давая

больше света более белого цвета. Вольфрамово-галогенные лампы стали популярными там, где основными требованиями является малый размер и высокие эксплуатационные качества[2].

### **1.5 Газоразрядные источники излучения.**

В газоразрядных источниках света излучения оптического диапазона спектра возникают в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов, паров металла или их смесей.

Под термином газовый разряд понимают совокупность явлений, возникающих в газе при пропускании через него электрического тока.

Различают несколько видов электрического разряда. В источниках света в основном используют тлеющий (малые токи) и дуговой (большие токи) разряды.

Характер и интенсивность излучения при газовом разряде зависит от давления в лампе.

При низком давлении излучение определяется переходами между энергетическими уровнями отдельных атомов и спектр носит линейчатый характер.

При повышении давления до 1 атм линии спектра расширяются, спектр становится полосатым.

Преимущества газоразрядных ламп:

- более высокая отдача и срок службы;
- имеют значительно большую яркость, чем ЛН;
- могут иметь линейчатый спектр с расположением линий в любой части оптического диапазона;
- появляется возможность создания коротких вспышек большой мощности.

Недостатки газоразрядных ламп:

- линейчатый спектр газоразрядных ламп не позволяет использовать их в качестве источника освещения;

- Газоразрядным лампам присуще явление пульсации СП и связанный с ней стробоскопический эффект, опасный для людей;
- Появляется необходимость применения балансового устройства;
- Напряжение зажигания газового разряда превышает рабочее напряжение лампы;
- Длительный период разжигания лампы.

Разрядные лампы низкого давления имеют разрядную колбу 1 в виде стеклянной трубки, на концах которой в цоколь 4 вмонтированы штыревые токоподводы 5 (рис. 4.). В оба цоколя 4 лампы через стеклянные ножки 2 впаяны оксидированные электроды 3, выполненные в виде моноспирали из вольфрама.

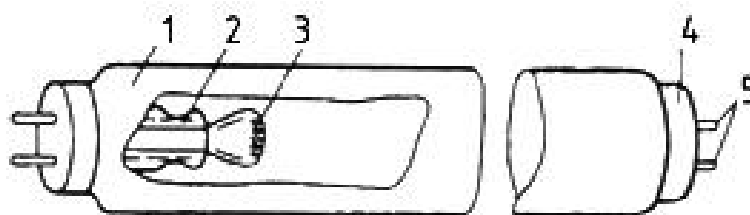


Рисунок 1.4 - Устройство трубчатой разрядной лампы низкого давления: 1 – колба; 2 – стеклянная ножка; 3 – спиральный электрод; 4 – цоколь; 5 – штыревые токоподводы

У осветительных ламп внутренняя часть колбы из обычного стекла, которое не пропускает УФ-излучение, покрыта слоем люминофора. Внутренний объем колбы заполняют аргоном и вводят небольшое количество ртути. Электрический разряд в лампе начинается в атмосфере инертного газа аргона, а затем по мере испарения ртути продолжается в её парах [1].

### **1.6 Люминесцентные источники излучения.**

Люминесценция – способность некоторых веществ излучать энергию, накопленную в пределах атома, при переходе электронов с более высших

энергетических уровней на более низкие. Люминофор – вещество, в состав которого входят возбуждаемые атомы.

ЛЛ (рис. 5) выполнена в виде стеклянной трубки, в концы которой впаяны электроды. Разряд происходит в атмосфере аргона (400 Па) с примесью паров ртути. Внутренняя поверхность трубки покрыта тонким слоем люминофора, который, поглощая коротковолновое излучение, излучает сплошной спектр. Часть излучения газового разряда проходит через порошок люминофора. Световая отдача 45-90 лм/Вт.



Рисунок 1.5 - ЛЛ

Маркировка ЛЛ низкого давления содержит буквенное обозначение, начинающееся с буквы Л (люминесцентная) и второй буквы, раскрывающей особенности ее спектра излучения: Б – белая, ТБ – тепло-белая, ХБ – холодно-белая, Д – дневная, Е – естественная, БЕ – белая естественная, ХЕ – холодная естественная. Ц – с повышенной цветопередачей, УФ – ультрафиолетовая, Ф – фотосинтезная, Р – рефлекторная, У – U – образная, К – кольцевая.

После буквенного обозначения следуют цифры, указывающие мощность лампы в ваттах, и через дефис — номер разработки.

### **1.7 Ртутные лампы высокого давления (ДРЛ)**

Лампы ртутные дуговые типа ДРЛ (рис. 6) – газоразрядные ртутные лампы высокого давления, применяются для уличного освещения и освещения больших производственных площадей. Используются в сетях переменного

тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. ДРЛ включаются через пускорегулирующие аппараты. В их конструкции используется дуговой разряд в атмосфере газов и паров ртути при высоком давлении (0,3-1,5 МПа).

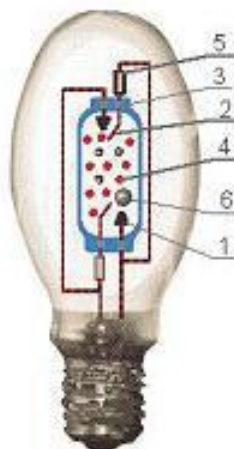


Рисунок 1.6 - Ртутные лампы высокого давления: 1 - основные электроды; 2 - поджигающие электроды; 3 – вводы электродов; 4 - буферный газ (аргон - служит для начальной ионизации и получения дугового разряда); 5 - позисторы (служат для ограничения тока тлеющего разряда на поджигающих электродах); 6 - ртуть (служит для изменения градиента потенциала в разряде)

Разряд происходит во внутренней, заполненной аргоном колбе. Спектр излучения состоит из ультрафиолетового, синего и зеленого видимого спектра. Составляющие красной области спектра полностью отсутствуют. Слой люминофора на внутренней поверхности внешней колбы преобразует ультрафиолетовую составляющую в световое излучение красной части спектра.

Процесс разгорания ламп ДРЛ после включения длится около семи минут, исчезновение напряжения приводит к погасанию лампы. Горячую лампу зажечь невозможно, необходимо полное остывание лампы.

Преимущества ртутных ламп высокого давления:

- высокая световая отдача (до 65 лм/Вт);
- компактность, при высокой единичной мощности (до 1 кВт);
- способность работать при отрицательной температуре;

- длительный срок службы (до 20 тыс. часов).

Недостатки ртутных ламп высокого давления:

- низкая (неправильная) цветопередача
- пульсация СП
- критичность к колебаниям напряжения сети
- долгий процесс розжига.
- некоторая сложность монтажа и обслуживания [3].

### **1.8 Металлогалогенные лампы**

Принцип действия современных металлогалогенных ламп (МГЛ) в основном тот же, что и для всех газоразрядных ламп: светящейся субстанцией здесь является плазма дугового электроразряда, а основными элементами, заполняющими газоразрядную трубку, являются ртуть (Hg) и аргон (Ar).

Однако помимо данных компонентов в газовой среде МГЛ присутствуют галогениды тех или иных металлов, ионизированные атомы которых при высокой температуре разряда создают оптическое излучение повышенной интенсивности.

Разумеется, это сокращает расходы на оплату электроэнергии и монтаж светильников, в которых используются металлогалогенные лампы, поскольку для того, чтобы обеспечить необходимый уровень освещенности, их требуется гораздо меньшее количество, да и сами по себе они гораздо экономнее прочих галогенных источников освещения. К безусловным плюсам, которые имеют металлогалогенные лампы, необходимо отнести также их малую теплоотдачу, длительность срока эксплуатации, хорошую цветопередачу. При этом, в зависимости от комбинации применяемых галогенидов и температуры разряда, можно добиться различных цветовых эффектов. Свечение может быть как ярко-белым, так и голубоватым или иметь множество других цветовых оттенков.



Металлогалогенные лампы (например, ДРИ – дуговая ртутная с излучающими добавками) имеют следующие характеристики:

- улучшенная цветопередача и в 1,5-2 раза увеличенная по сравнению с ДРЛ световая отдача (до 100 лм/Вт);
- меньшая продолжительность горения (до 10 тыс. ч.) [1].

### 1.9 СД

СД – полупроводниковый прибор, излучающий свет при пропускании через него электрического тока. Электрическая энергия преобразуется в энергию оптического излучения на основе явления инжекционной электролюминесценции, происходящей в полупроводниковом кристалле с электронно-дырочным переходом (р-п переход) или гетеропереходом либо в контакте металл-полупроводник. Излучаемый свет лежит в узком участке спектра, его цветовые характеристики зависят от химического состава использованного в СИД полупроводника.



Рисунок 1.7 - Упрощенная форма исполнения СД

При пропускании электрического тока в прямом направлении происходит инжекция электронов из полупроводника n-типа в область с р-проводимостью, где основными носителями заряда являются дырки. Инжектированные из р-п перехода неосновные носители заряда (электроны) рекомбинируют с основными (дырками) с излучением фотонов. Аналогично происходит инжекция дырок в область n-проводимости и излучение при их рекомбинации с электронами. Не всякие полупроводниковые материалы

эффективно испускают свет при рекомбинации. Хорошими излучателями являются, как правило, прямозонные полупроводники типа АПВ (например, GaAs или InP) и АПВІ (например, ZnSe или CdTe).

Варьируя состав полупроводников, можно создавать СД для всевозможных длин волн от ультрафиолета (GaN) до среднего инфракрасного диапазона (PbS). В связи с развитостью кремниевой технологии активно ведутся работы по созданию СД на основе кремния.

Особенности СД ламп:

- полосатый спектр, ширина полосы 20-50нм;
- излучение в диапазоне 360-950 нм;
- высокая световая отдача до 100 лм/Вт (красный) до 80 лм/Вт (зеленый);
- возможность получения любого оттенка света [4].

### **1.10 Светильники**

СП большинства источников света в пространстве распространяется по всем направлениям. Для рационального освещения помещения или открытого пространства требуется обычно распределить СП источника света вполне определенным образом: направить его вниз ( в нижнюю полусферу) или вверх (верхнюю полусферу), в одних случаях распределить его более или менее равномерно на большой площади, в других - сконцентрировать на небольшом участке (рабочем месте) и т.д. Для такого перераспределения СП применяют осветительную арматуру.

Основным назначением осветительной арматуры является перераспределение СП источника света. Кроме того, она предохраняет зрение работающих от чрезмерной яркости источников света, защищает лампу от механических повреждений, защищает полости расположения источника света и патрона от воздействия окружающей среды, служит для крепления источника света, проводов, пускорегулирующих аппаратов (для газоразрядных источников) и других конструктивных узлов и деталей светового прибора.

Осветительная арматура рассчитывается на использование лампы определенной мощности, допустимой для данного типа светового прибора.

Различают две группы осветительных приборов: ближнего действия (светильники) и дальнего действия (прожекторы).

Светильником называется осветительный прибор ближнего действия, состоящий из источника света (лампы) и арматуры.

В соответствии с ГОСТ 13828 -74 “Светильники. Виды и обозначения” светильники классифицируются по ряду признаков: характеру светораспределения, форме кривой силы света, типу источника света, способу установки, по защите от воздействия внешней среды, по целевому назначению и т.д.

Кроме КСС важнейшими светотехническими характеристиками являются защитный угол и КПД светильника.

Защитным углом светильника  $\eta$  называется угол, в пределах которого глаз наблюдателя защищен от слепящего воздействия ярких частей лампы. Обычно защитный угол светильника определяется углом, образованным горизонталью, проходящей через центр светящегося тела лампы и линией, касательной к светящемуся телу лампы и краю (кромке) отражателя или непрозрачного экрана.

В светильниках с ЛЛ различают два защитных угла - в продольной и поперечной плоскости светильника.

Стандарты устанавливают наименьшее значение защитного угла светильника  $15^\circ$  для светильников с ЛН, ртутными и ЛЛ.

Защитный угол учитывается при установлении оптимальной высоты подвеса светильника.

Вследствие потери СП источника света в отражателе, рассеивателе и других конструктивных частях арматуры светильника вышедший из светильника СП  $F_{св}$  будет меньше, чем СП источника  $F_{л}$ . Процентное отношение этих световых потоков называется КПД светильника:

$$\eta_{св} = (F_{св} / F_{л}) \times 100. (2.13)$$

если в светильнике размещается несколько ламп, то  $\Phi_l$  является суммой потоков всех ламп.

#### КПД светильника

зких теней на рабочих поверхностях; ОУ должны исключать слепящее действие, отличаться удобством монтажа и эксплуатации, а также быть долговечными. характеризует его экономичность, в современных стандартных светильниках его величина колеблется в пределах 60-80% [3].

Кроме удовлетворения заданных светотехнических требований светильник должен длительно и надежно работать в конкретных реальных условиях производственных помещений и открытых площадок.

#### Вывод по главе

В первой главе приведены теоретические данные по различным источникам ИО, используемых на промышленных предприятиях.

В производственных помещениях в качестве источников искусственного могут быть использованы ЛН, СД, ЛЛ, газоразрядные и галогенные лампы, а также различные их модификации.

Следует отметить, что в производственных условиях от освещения рабочего места в значительной мере зависит сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы, производительность, качество и безопасность труда. Так же о важности систем ИО свидетельствует то, что около 10-12% всей вырабатываемой электроэнергии затрачивается на освещение. Поэтому к источникам ИО выдвигаются следующие требования: оно должно быть оптимальным по величине, стабильным (по изменению светотехнических характеристик в условиях эксплуатации), равномерно распределенным по площади производственного помещения, обеспечивать требуемую яркость в поле зрения и отвечать требованиям электро, пожаро и взрывобезопасности; спектр света должен быть приближен к солнечному; светильники не должны создавать речными и экономически обусловленными.

## 2 Светотехнический расчет ремонтного цеха

### 2.1 Анализ здания ремонтного цеха

Здание ремонтного цеха состоит из главного помещения и трех вспомогательных. К вспомогательным помещениям относятся: кабинет начальника смены, раздевалка для персонала, склад. Схема здания и размеры помещений представлены на рисунке 2.1.

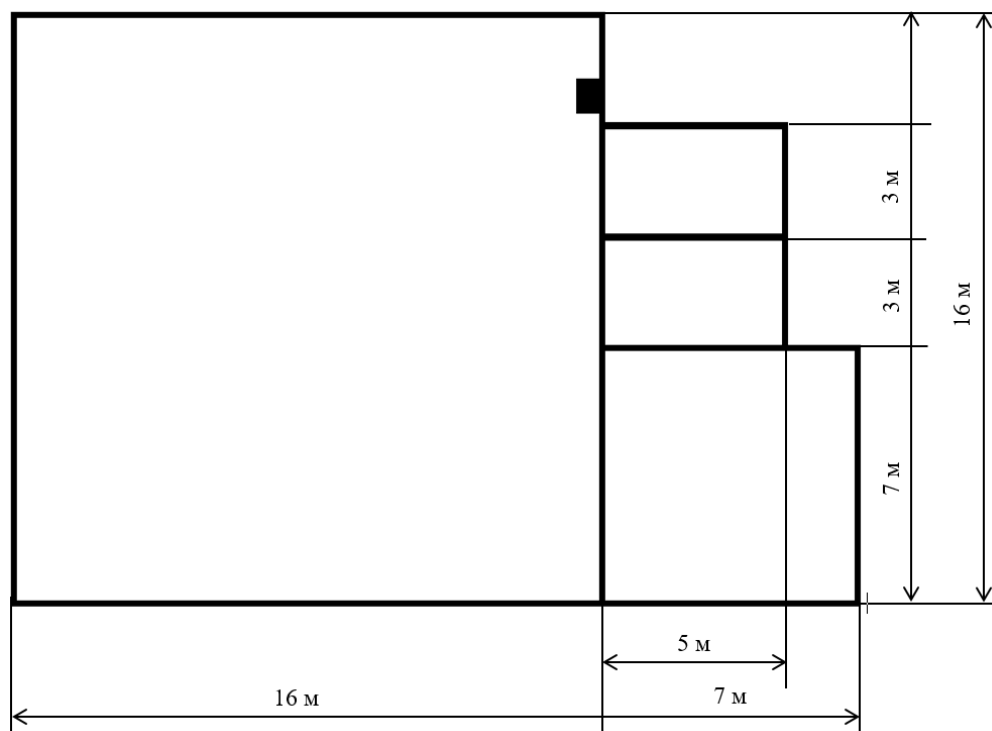


Рисунок 2.1 – Схема здания ремонтного цеха

### 2.1.1 Главное помещение ремонтного цеха

Руководствуясь СНиП 23-05-95, требуемую освещенность для главного помещения ремонтного цеха выбираем по таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Требования к освещению рабочих мест в производственных помещениях (искусственное освещение)[5]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости, и высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение	
		Освещённость, лк	
		при комбинированном освещении	при общем освещении
Макетные, столярные и ремонтные мастерские	Г-0,8	750/200	300

При системе общего искусственного освещения принимается 300 лк.

Принимаем для данного освещения коэффициенты отражения

$$\rho_{\text{пол}} = 50\%, \quad \rho_{\text{ст}} = 30\%, \quad \rho_n = 10\% .$$

### 2.1.2 Складское помещение

Руководствуясь СНиП 23-05-95, требуемую освещенность для складского помещения ремонтного цеха выбираем по таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Требования к освещению рабочих мест в производственных помещениях (искусственное освещение) [5]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости, и высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение	
		Освещённость, лк	
		при комбинированном освещении	при общем освещении
Склады, кладовые: металла; запчастей; ремонтного фонда; готовой продукции деталей, ожидающих ремонта, инструментальные	Г-0,0 – на полу	—	75

При системе общего искусственного освещения принимается 75 лк.

Принимаем для данного освещения коэффициенты отражения

$$\rho_{пол} = 50\%, \quad \rho_{ст} = 30\%, \quad \rho_n = 10\%$$

### 2.1.3 Раздевалка для персонала

Руководствуясь СНиП 23-05-95, требуемую освещенность для раздевалки персонала выбираем по таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Требования к освещению рабочих мест в производственных помещениях (искусственное освещение) [5]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости, и высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение	
		Освещённость, лк	
		при комбинированном освещении	при общем освещении
Душевые, гардеробные, помещения для сушки, обеспыливания и обезвреживания одежды и обуви, помещения для обогрева работающих	Г-0,0 – на полу	—	100

При системе общего искусственного освещения принимается 100 лк.

Принимаем для данного освещения коэффициенты отражения

$$\rho_{\text{пол}} = 50\%, \quad \rho_{\text{ст}} = 30\%, \quad \rho_{\text{н}} = 10\% .$$



#### 2.1.4 Кабинет начальника смены

Руководствуясь СНиП 23-05-95, требуемую освещенность для кабинета начальника смены выбираем по таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Требования к освещению рабочих мест в производственных помещениях (искусственное освещение) [5]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости, и высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение	
		Освещённость, лк	
		при комбинированном освещении	при общем освещении
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	600/400	500

При системе общего искусственного освещения принимается 500 лк.

Принимаем для данного освещения коэффициенты отражения

$$\rho_{\text{пол}} = 50\%, \quad \rho_{\text{ст}} = 50\%, \quad \rho_n = 10\% .$$

## 2.2 Светотехнический расчет

### 2.2.1 Светотехнический расчет главного помещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО

Расчет равномерного общего искусственного освещения проведем методом КИСП. Определив СП Ф, подберем лампу и найдем мощность осветительной системы.

Примем к установке светильник с КСС типа Г. [6]

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами изображенными на рисунке 2.2:

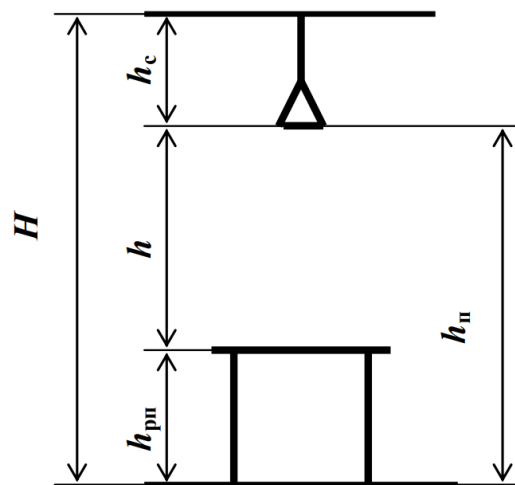


Рисунок 2.2 - Расчетные параметры, м [7]

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 16 \cdot 16 = 256 \text{ м.}^2,$$

Где А – длина помещения, м;

В – ширина помещения.

Светильники в помещении располагаем по схеме прямоугольника. Высота рабочей поверхности  $h_p$  - 0,8 м., свес светильника  $h_c$  примем 1,2 м., высота помещения  $H$  - 6 м. Отсюда высота подвеса светильников:

$$H_p = H - h_p - h_c,$$

$$H_p = 6 - (0,8 + 1,2) = 4 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние между светильниками находится из выражения:

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м;

Рассматриваемый светильник имеет КСС типа Г, принимаем  $\lambda = 1$  [6].

Выразив  $L$ , и подставив значение  $\lambda$ , получаем:

$$L = H_p \cdot \lambda = 4 \cdot 1 = 4 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников в главном помещении ремонтного цеха:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1,$$

Расстояние от стены  $l$  принимается равным 0,4 от расстояния между светильниками.

$$R = \frac{16 - 2 \cdot 1.6}{4} + 1 = 4.2$$

$R$  принимается равным 5 шт.

Определяем количество светильников в одном ряду главного помещения ремонтного цеха:

$$N = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1,$$

$$N = \frac{16 - 2 \cdot 1.6}{4} + 1 = 4.2 \text{ шт.}$$

$N$  принимается равным 5 шт.

Производим уточнение расстояния между рядами светильников в главном помещении ремонтного цеха:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1}$$

$$L_B = \frac{16 - 2 \cdot 1.6}{5 - 1} = 3,2 \text{ м}$$

Производим уточнение расстояния между центрами светильников в одном ряде:

$$L_A = \frac{16 - 2 \cdot 1.6}{5 - 1} = 3,2 \text{ м}$$

Общее количество светильников в главном помещении ремонтного цеха:

$$N = 5 \cdot 5 = 25 \text{ шт.}$$

В таблице 2.5 приведены значения КИСП в зависимости от коэффициентов отражения СП от потолка, стен и пола, при соответствующем индексе помещения.

Таблица 2.5 – КИСП [6]

Тип КСС	Значение $\eta_{oy}, \%$											
	При $\rho_{пол}=50\%, \rho_{ст}=50\%, \rho_{п}=10\%$ и $i_o$ , равном						При $\rho_{пол}=50\%, \rho_{ст}=30\%, \rho_{п}=10\%$ и $i_o$ , равном					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	31	43	53	63	72	80	23	36	45	56	65	75
Д-1	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73
Д-2	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86
Г-1	44	53	69	77	83	80	41	48	64	76	70	88
Г-2	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93
Г-3	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90
Г-4	65	71	78	81	84	85	62	68	74	81	83	85
К-1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90
К-2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99
К-3	72	79	88	94	97	99	68	74	84	92	93	99
Л	30	45	55	65	70	78	24	40	49	60	70	76

Находим индекс главного помещения ремонтного цеха:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}$$

$$i = \frac{16 \cdot 16}{4 \cdot (16 + 16)} = 2$$

По таблице 2.5 КИСП равен:

$$\eta \equiv 76\%$$

Требуемый СП ламп каждого светильника:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta},$$

Где  $E_H$  – нормированная минимальная напряжённость, принятая равной 300 лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещения с малым выделением пыли принимаем равным 1,5;

$z$  – коэффициент неравномерности освещения. принимаем равным 1,1;

$n$  – общее число светильников установленных в помещения

$\eta$  – КИСП [7].

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 256 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{25 \cdot 0,76} = 11115,8 \text{ лм.}$$

Выбираем промышленный СД светильник ДСП 09-120-001 ALB, 120Вт., 12000Лм., IP66 с СП равным 12000 лм.

Светильник должен удовлетворять условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq 7,37\% \leq +20\%$ . Условие выполняется.

Электрическая мощность ОУ главного помещения ремонтного цеха:

$$P = 25 \cdot 120 = 3 \text{ кВт.}$$

### **2.2.2 Светотехнический расчет главного помещения ремонтного цеха с использованием ЛЛ в качестве ИО**

Расчет равномерного общего искусственного освещения проведем методом КИСП. Определив СП  $\Phi$ , подберем лампу и найдем мощность осветительной системы.

Примем к установке светильник ЛСПО с КСС типа Д.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 16 \cdot 16 = 256 \text{ м.}^2,$$

Светильники в помещении располагаем по схеме прямоугольника. Высота рабочей поверхности  $h_p$  - 0,8 м., свес светильника  $h_c$  примем 1,2 м., высота помещения  $H$  - 6 м. Отсюда высота подвеса светильников:

$$H_p = H - h_p - h_c,$$

$$H_p = 6 - (0,8 + 1,2) = 4 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние между светильниками находится из выражения:

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м;

Рассматриваемый светильник имеет КСС типа Д, принимаем  $\lambda = 1,2$  [6].

Выразив  $L$ , находим расстояние между светильниками:

$$L = H_p \cdot \lambda = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников в главном помещении ремонтного цеха:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1,$$

Расстояние от стены  $l$  принимается равным  $1/3$  от расстояния между светильниками.

$$R = \frac{16 - 2 \cdot 1,6}{4,8} + 1 = 3,7$$

$R$  принимается равным 4 шт.

Определяем количество светильников в одном ряду главного помещения ремонтного цеха исходя из непрерывного их размещения и длине светильника равной 1,53м:

$N$  принимается равным 8 шт.

Производим уточнение расстояния между рядами светильников в главном помещении ремонтного цеха:

$$L_B = \frac{16 - 2 \cdot 1,6}{4 - 1} = 4,26 \text{ м}$$

Общее количество светильников в главном помещении ремонтного цеха:

$$N = 4 \cdot 8 = 32 \text{ шт.}$$

Так как в одном светильнике используется 2 лампы, суммарное число ламп равняется 64

Находим индекс главного помещения ремонтного цеха:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}$$

$$i = \frac{16 \cdot 16}{4 \cdot (16 + 16)} = 2$$

По таблице 2.5 КИСП равен:

$$\eta \approx 63\%$$

Требуемый СП ламп каждого светильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 256 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{64 \cdot 0,63} = 5238 \text{ лм.}$$

Выбираем промышленный лампу ЛЛ 80вт FL 80W-32/640 G13 с СП равным 5000 лм.

Лампа должна удовлетворять условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq 7,37\% \leq +20\%$ . Условие выполняется.

Электрическая мощность ОУ главного помещения ремонтного цеха:

$$P = 64 \cdot 80 = 5,12 \text{ кВт.}$$

Принимаем светильник ЛСПО 01-2х80

### **2.2.3 Светотехнический расчет складского помещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО**

Расчет равномерного общего искусственного освещения проведем методом КИСП. Определив СП  $\Phi$ , подберем лампу и найдем мощность осветительной системы.

Примем к установке светильник с КСС типа Д.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 7 \cdot 7 = 49 \text{ м}^2.$$

Светильники в помещении располагаем по схеме прямоугольника. Высота рабочей поверхности  $h_p$  - 0 м., свес светильника  $h_c$  примем 0 м., высота помещения  $H$  - 3 м. Отсюда высота подвеса светильников:

$$H_p = H - h_p - h_c,$$

$$H_p = 3 - (0+0) = 3 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние между светильниками находится из выражения:

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м;

Рассматриваемый светильник имеет КСС типа Д, принимаем  $\lambda = 1,5$  [6].

Выразив  $L$ , находим расстояние между светильниками:

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

Определяем количество рядов светильников в складском помещении ремонтного цеха:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1$$

$$R = \frac{7 - 2 \cdot 1,8}{4,5} + 1 = 1,75$$

$R$  принимается равным 2 шт.

Определяем количество светильников в одном ряду в складском помещении ремонтного цеха:

$$N = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1$$

$$N = \frac{7 - 2 \cdot 1,8}{4,5} + 1 = 1,75 \text{ шт.}$$

$N$  принимается равным 2 шт.



Производим уточнение расстояния между рядами светильников в складском помещении ремонтного цеха:

$$L_B = \frac{7 - 2 \cdot 1,8}{2 - 1} = 3,4 \text{ м.}$$

Производим уточнение расстояния между центрами светильников в одном ряде:

$$L_A = \frac{7 - 2 \cdot 1,8}{2 - 1} = 3,4$$

Общее количество светильников в складском помещении ремонтного цеха:

$$N = 2 \cdot 2 = 4 \text{ шт.}$$

Находим индекс складского помещения ремонтного цеха:

$$i = \frac{7 \cdot 7}{3 \cdot (7 + 7)} = 1,16$$

По таблице 2.5 применив метод линейной интерполяции КИСП равен:

$$\eta \approx 36 + \frac{1,16 - 0,8}{1,25 - 0,8} \cdot (45 - 36) \approx 43,2\%$$

Требуемый СП ламп каждого светильника:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{75 \cdot 49 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,432} = 3509,1 \text{ лм.}$$

Выбираем промышленный СД светильник Енисей 16.3500.30 Д 120 с СП равным 3500 лм.

Светильник должен удовлетворять условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq 0,25\% \leq +20\%$ . Условие выполняется.

Электрическая мощность ОУ складского помещения ремонтного цеха:

$$P = 4 \cdot 30 = 120 \text{ Вт.}$$

## **2.2.4 Светотехнический расчет складского помещения ремонтного цеха с использованием ЛЛ ламп в качестве ИО**

Расчет равномерного общего искусственного освещения проведем

методом КИСП. Определив СП Ф, подберем лампу и найдем мощность осветительной системы.

Примем к установке светильник ЛСПО с КСС типа Д.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 7 \cdot 7 = 49 \text{ м}^2.$$

Светильники в помещении располагаем по схеме прямоугольника. Высота рабочей поверхности  $h_p$  - 0 м., свес светильника  $h_c$  примем 0 м., высота помещения  $H$  - 3 м. Отсюда высота подвеса светильников:

$$H_p = H - h_p - h_c,$$

$$H_p = 3 - 0 - 0 = 3 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние между светильниками находится из выражения:

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м;

Рассматриваемый светильник имеет КСС типа Д, принимаем  $\lambda = 1,2$  [6].

Выразив  $L$ , находим расстояние между светильниками:

$$L = H_p \cdot \lambda = 3 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников в складском помещении ремонтного цеха:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1,$$

$$R = \frac{7 - 2 \cdot 1,2}{3,6} + 1 = 2,27$$

$R$  принимается равным 2 шт.

Определяем количество светильников в одном ряду в складском помещении ремонтного цеха исходя из непрерывного их размещения и длине светильника равной 1,53м:

$N$  принимается равным 3 шт.

Общее количество светильников в складском помещении ремонтного цеха:

$$N = 2 \cdot 3 = 6 \text{ шт.}$$

Так как в одном светильнике используется 2 лампы, суммарное число ламп равняется 12

Находим индекс складского помещения ремонтного цеха:

$$i = \frac{7 \cdot 7}{3 \cdot (7 + 7)} = 1,16$$

По таблице 2.5 применив метод линейной интерполяции КИСП равен:

$$\eta \equiv 36 + \frac{1,16 - 0,8}{1,25 - 0,8} \cdot (45 - 36) \equiv 43,2\%$$

Требуемый СП ламп каждого светильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{75 \cdot 49 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,43} = 1175 \text{ лм.}$$

Выбираем промышленный лампу ЛЛ ЛЛ 18вт Т8 18/765 2 30В G13 с СП равным 1080 лм.

Лампа должна удовлетворять условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq -8,79\% \leq +20\%$ . Условие выполняется.

Электрическая мощность ОУ главного помещения ремонтного цеха:

$$P = 12 \cdot 18 = 0,216 \text{ кВт.}$$

Принимаем светильник люминесцентный ЛСП-01-2x18-012 IP65 ЭПРА

## **2.2.5 Светотехнический расчет раздевального помещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО**

Расчет равномерного общего искусственного освещения проведем методом КИСП. Определив СП  $\Phi$ , подберем лампу и найдем мощность осветительной системы.

Примем к установке светильник с КСС типа Д.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}^2.$$

Светильники в помещении располагаем по схеме прямоугольника. Высота рабочей поверхности  $h_p$  - 0 м., свес светильника  $h_c$  примем 0 м., высота помещения  $H$  - 3 м. Отсюда высота подвеса светильников:

$$H_p = H - h_p - h_c,$$

$$H_p = 3 - 0 - 0 = 3 \text{ м.},$$

Оптимальное расстояние между светильниками находится из выражения:

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м;

Рассматриваемый светильник имеет КСС типа Д, принимаем  $\lambda = 1,5$  [6].

Выразив  $L$ , находим расстояние между светильниками:

$$L = H_p \cdot \lambda = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников в складском помещении ремонтного цеха:

$$R = \frac{3 - 2 \cdot 1,8}{4,5} + 1 = 0,86$$

$R$  принимается равным 1 шт.

Определяем количество светильников в одном ряду в раздевальном помещении ремонтного цеха:

$$N = \frac{5 - 2 \cdot 1,8}{4,5} + 1 = 1,31$$

$N$  принимается равным 2 шт.

Производим уточнение расстояния между центрами светильников в одном ряде:

$$L_A = \frac{5 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 2$$

Общее количество светильников в раздевальном помещении ремонтного цеха:

$$N = 1 \cdot 2 = 2 \text{ шт.}$$

Находим индекс раздевального помещения ремонтного цеха:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{3 \cdot 5}{3 \cdot (3 + 5)} = 0,625$$

По таблице 2.5 применив метод линейной интерполяции КИСП равен:

$$\eta \equiv 23 + \frac{0,625 - 0,6}{0,8 - 0,6} \cdot (36 - 23) \equiv 24,625\%$$

Требуемый СП ламп каждого светильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,246} = 5030,48 \text{ лм.}$$

Выбираем промышленный СД светильник SVT-ARM-N-595x595x40-50W-PR-IP54 с СП равным 5000 лм.

Светильник должен удовлетворять условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq 0,62\% \leq +20\%$ . Условие выполняется.

Электрическая мощность ОУ раздевального помещения ремонтного цеха:

$$P = 2 \cdot 50 = 100 \text{ Вт.}$$

## **2.2.6 Светотехнический расчет раздевального помещения ремонтного цеха с использованием ЛЛ ламп в качестве ИО**

Расчет равномерного общего искусственного освещения проведем методом КИСП. Определив СП  $\Phi$ , подберем лампу и найдем мощность осветительной системы.

Примем к установке светильник ЛСПО с КСС типа Д.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}^2.$$

Светильники в помещении располагаем по схеме прямоугольника. Высота рабочей поверхности  $h_p$  - 0 м., свес светильника  $h_c$  примем 0 м., высота помещения  $H$  - 3 м. Отсюда высота подвеса светильников:

$$H_p = H - h_p - h_c,$$

$$H_p = 3 - 0 - 0 = 3 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние между светильниками находится из выражения:

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м;

Рассматриваемый светильник имеет КСС типа Д, принимаем  $\lambda = 1,2$  [6].

Выразив  $L$ , находим расстояние между светильниками:

$$L = H_p \cdot \lambda = 3 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников в раздевальном помещении ремонтного цеха:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1,$$

$$R = \frac{3 - 2 \cdot 1,2}{3,6} + 1 = 1,66$$

$R$  принимается равным 1 шт.

Определяем количество светильников в одном ряду в раздевальном помещении ремонтного цеха исходя из непрерывного их размещения и длине светильника равной 1,53м:

$N$  принимается равным 2 шт.

Общее количество светильников в раздевальном помещении ремонтного цеха:

$$N = 2 \cdot 1 = 2 \text{ шт.}$$

Так как в одном светильнике используется 2 лампы, суммарное число ламп равняется 4

Находим индекс складского помещения ремонтного цеха:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{3 \cdot 5}{3 \cdot (3 + 5)} = 0,625$$

По таблице 2.5 применив метод линейной интерполяции КИСП равен:

$$\eta \equiv 23 + \frac{0,625 - 0,6}{0,8 - 0,6} \cdot (36 - 23) \equiv 24,625\%$$

Требуемый СП ламп каждого светильника:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,246} = 2515 \text{ лм.}$$

Выбираем промышленный лампу ЛЛ L 36W/765 36 Вт Т8 6500К G13 с СП равным 2500 лм.

Лампа должна удовлетворять условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq -0,006\% \leq +20\%$ . Условие выполняется.

Электрическая мощность ОУ главного помещения ремонтного цеха:

$$P = 4 \cdot 36 = 0,144 \text{ кВт.}$$

Принимаем светильник люминесцентный ЛСП-01-2x36-012 IP65 ЭПРА

### **2.2.7 Светотехнический расчет кабинета начальника смены помещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО**

Расчет равномерного общего искусственного освещения проведем методом КИСП. Определив СП  $\Phi$ , подберем лампу и найдем мощность осветительной системы.

Примем к установке светильник с КСС типа Д.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}^2.$$

Светильники в помещении располагаем по схеме прямоугольника. Высота рабочей поверхности  $h_p$  – 0,8 м., свес светильника  $h_c$  примем 0 м., высота помещения  $H$  – 3 м. Отсюда высота подвеса светильников:

$$H_p = H - h_p - h_c,$$

$$H_p = 3 - 0,8 - 0 = 2,2 \text{ м.},$$

Оптимальное расстояние между светильниками находится из выражения:

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м;

Рассматриваемый светильник имеет КСС типа Д, принимаем  $\lambda = 1,5$  [6].

Выразив  $L$ , находим расстояние между светильниками:

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

Определяем количество рядов светильников в кабинета начальника смены ремонтного цеха:

$$R = \frac{3 - 2 \cdot 1,32}{3,3} + 1 = 1,1$$

$R$  принимается равным 1 шт.

Определяем количество светильников в одном ряду в раздевальном помещении ремонтного цеха:

$$N = \frac{5 - 2 \cdot 1,32}{3,3} + 1 = 1,71$$

$N$  принимается равным 2 шт.

Производим уточнение расстояния между центрами светильников в одном ряде:

$$L_A = \frac{5 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 2$$

Общее количество светильников в кабинете начальника смены ремонтного цеха:

$$N = 1 \cdot 2 = 2 \text{ шт.}$$

Находим индекс кабинета начальника смены ремонтного цеха:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{3 \cdot 5}{2,2 \cdot (3 + 5)} = 0,85$$



По таблице 2.5 применив метод линейной интерполяции КИСП равен:

$$\eta \approx 48 + \frac{0,85 - 0,8}{1,25 - 0,8} \cdot (61 - 48) \approx 49,44\%$$

Требуемый СП ламп каждого светильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 15 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,494} = 10855,26 \text{ лм.}$$

Выбираем промышленный СД светильник Diora Unit Glass 78/11000 Д прозрачный 78Вт с СП равным 11000 лм.

Светильник должен удовлетворять условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq 1,32\% \leq +20\%$ . Условие выполняется.

Электрическая мощность ОУ кабинета начальника смены ремонтного цеха:

$$P = 2 \cdot 78 = 156 \text{ Вт.}$$

## **2.2.6 Светотехнический расчет кабинета начальника смены цеха с использованием ЛЛ ламп в качестве ИО**

Расчет равномерного общего искусственного освещения проведем методом КИСП. Определив СП  $\Phi$ , подберем лампу и найдем мощность осветительной системы.

Примем к установке светильник ЛСПО с КСС типа Д.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}^2.$$

Светильники в помещении располагаем по схеме прямоугольника. Высота рабочей поверхности  $h_p$  – 0,8 м., свес светильника  $h_c$  примем 0 м., высота помещения  $H$  – 3 м. Отсюда высота подвеса светильников:

$$H_p = H - h_p - h_c,$$

$$H_p = 3 - 0,8 - 0 = 2,2 \text{ м.,}$$

Оптимальное расстояние между светильниками находится из выражения:

$$\lambda = \frac{L}{H_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м;

Рассматриваемый светильник имеет КСС типа Д, принимаем  $\lambda = 1,2$  [6].

Выразив  $L$ , находим расстояние между светильниками:

$$L = H_p \cdot \lambda = 2,2 \cdot 1,2 = 2,64 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников в кабинете начальника смены ремонтного цеха:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1,$$

$$R = \frac{3 - 2 \cdot 0,88}{2,64} + 1 = 1,47$$

$R$  принимается равным 2 шт.

Определяем количество светильников в одном ряду в кабинете начальника смены ремонтного цеха исходя из непрерывного их размещения и длине светильника равной 1,53м:

$N$  принимается равным 3 шт.

Общее количество светильников в кабинета начальника смены цеха:

$$N = 2 \cdot 3 = 6 \text{ шт.}$$

Так как в одном светильнике используется 2 лампы, суммарное число ламп равняется 12

Находим индекс кабинета начальника смены ремонтного цеха:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{3 \cdot 5}{2,2 \cdot (3 + 5)} = 0,85$$

По таблице 2.5 применив метод линейной интерполяции КИСП равен:

$$\eta \equiv 48 + \frac{0,85 - 0,8}{1,25 - 0,8} \cdot (61 - 48) \equiv 49,44\%$$

Требуемый СП ламп каждого светильника:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,494} = 2087 \text{ лм.}$$

Выбираем промышленный лампу ЛЛ L 36W/765 36 Вт T8 6500K G13 с СП равным 2500 лм.

Лампа должна удовлетворять условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq 16,52\% \leq +20\%$ . Условие выполняется.

Электрическая мощность ОУ кабинета начальника смены ремонтного цеха:

$$P = 12 \cdot 36 = 0,432 \text{ кВт}.$$

Принимаем светильник люминесцентный ЛСП-01-2х36-012 IP65 ЭПРА

Изобразим на схеме ремонтного цеха спроектированные системы освещения. На рисунке 2.3 изображена схема размещения светильников при реализации проекта освещения при помощи использования ламп СД. На рисунке 2.4 изображена схема размещения светильников при реализации проекта освещения при помощи использования ЛЛ.

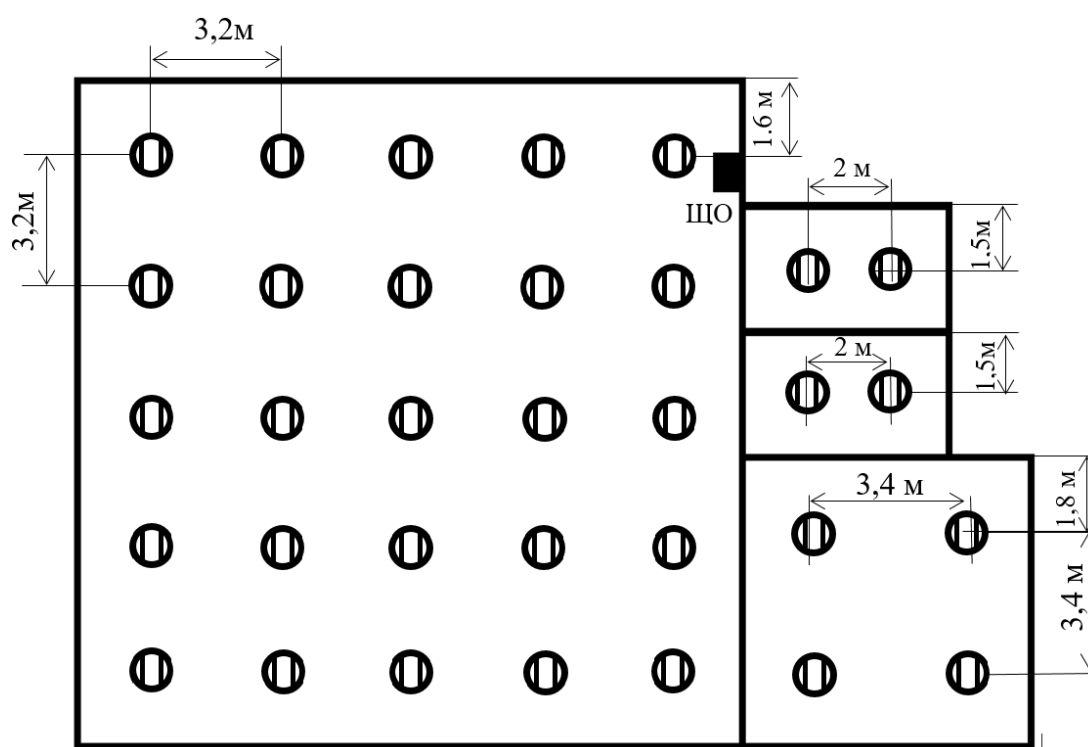


Рисунок 2.3 - Схема размещения светильников при реализации проекта освещения при помощи использования ламп СД

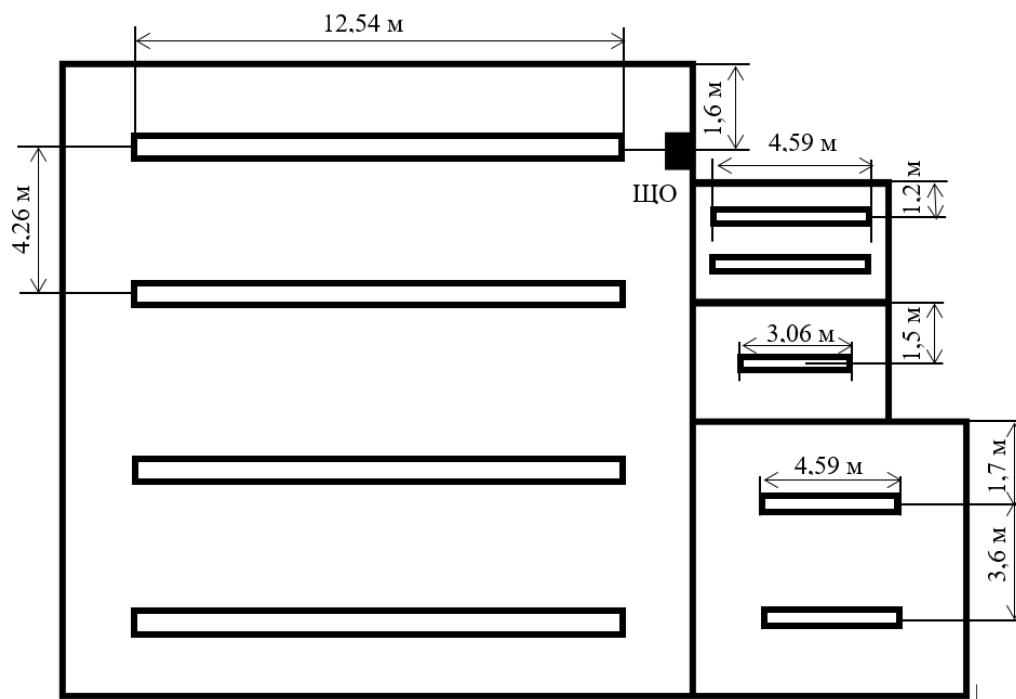


Рисунок 2.4 - Схема размещения светильников при реализации проекта освещения при помощи использования ЛЛ

### Вывод по главе

Был произведен светотехнический расчет помещений ремонтного завода. Результатом этого расчета стали 2 системы промышленного освещения реализованных при помощи ламп СД и ЛЛ. Из-за более высокого показателя светового потока ламп СД их требуется меньшее количество для освещения одной и той же площади поверхности. При этом они имеют меньшую мощность. Проведем электрический расчет освещения для двух вариантов.

### **3 Электрический расчет освещения**

#### **3.1 Электрический расчет освещения ремонтного цеха с использованием СД ламп в качестве ИО**

##### **3.1.1 Выбор источников питания и напряжения**

Светильники общего освещения по рекомендациям следует подключать к переменному напряжению не выше 380/220 В. при заземленной нейтрали.

Примем, что питание ОУ производится от шин подстанции с трансформатором номинальная мощность которого 1000 кВА. Коэффициент мощности системы принимаем 0,85, а коэффициент загрузки трансформатора подстанции – 0,9.

##### **3.1.2 Выбор проводов питания осветительной сети: марки, сечения и способа прокладки**

Исходя из условий рабочей среды выбирается марка проводов и способ их прокладки

Рабочая среда рассматриваемых помещений ремонтного цеха имеет нормальный характер. Исходя из этого принимается марка провода ВВГнг (жила из меди; оболочка из ПВХ пониженной горючести, изоляция из ПВХ). Способ прокладки – открытый.

Расчет сечения сети освещения производится из допустимой потери напряжения. Выражение для расчета сечения:

$$S = \frac{M}{C \cdot \Delta U \%},$$

где С – коэффициент, зависит от материала проводника, схемы питания и напряжения; М – нагрузочный момент, кВт·м;  $\Delta U$  – допустимая потеря напряжения до наиболее удаленной лампы.

$\Delta U$  в % рассчитывается при помощи выражения:

$$\Delta U = 105 - U_{\min} - \Delta U_T,$$

где 105 – напряжение XX на вторичной стороне трансформатора, %;  
 $U_{\min}$  – наименьшее напряжение, допускаемое у источника питания, %  
 $\Delta U_T$  – потери напряжения в трансформаторе, %.

%;  $U_{\min}$  – минимальное допустимое напряжение источника питания, %  
 [8].

При заданных параметрах трансформатора и нагрузки потери напряжения в нем будут :

$$\Delta U_T = 3,2 \%$$

Допустимая потеря напряжения до наиболее удаленной лампы:

$$\Delta U = 105 - 95 - 3,2 = 6,8 \%$$

Схема для расчета моментов сети представлена на рисунке 3.1.  
 Опираясь на эту схему выполняем расчёт нагрузочных моментов.  
 Протяженность участков учитывает подъемы и спуски.:

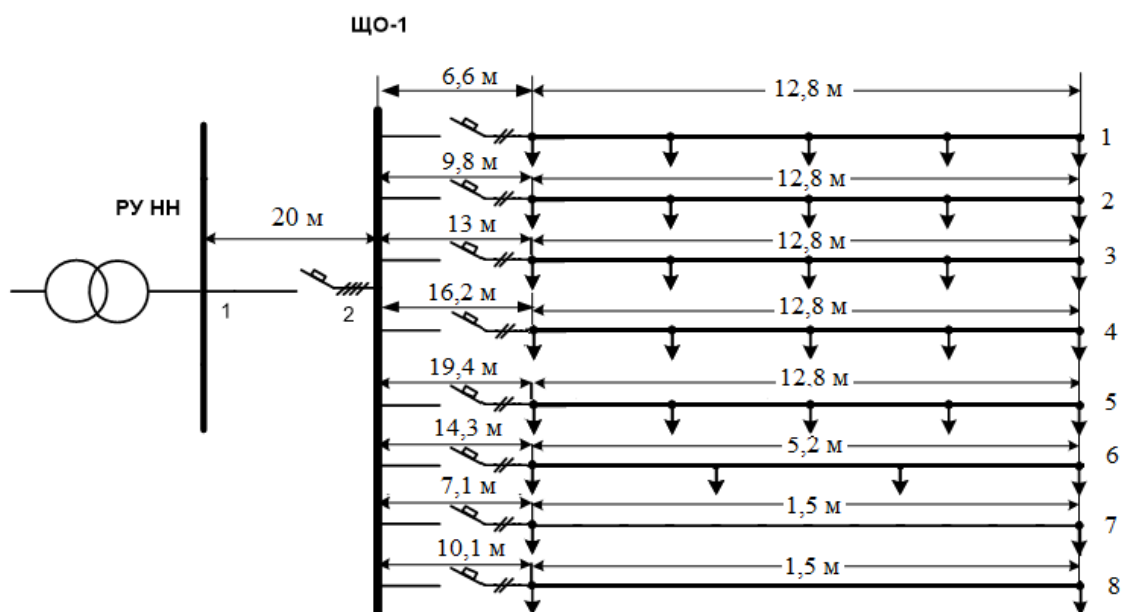


Рисунок 3.1– Схема для расчета моментов сети

Для каждого участка n-n:

$$P_{n-n} = N \cdot P_L \cdot K_{ПРА},$$

где  $N$  – количество светильников одного ряда;

$K_{ПРА}$  принимается равным 1,2;

$P_L$  – суммарная мощность ламп одного светильника.

$$P_{2-1(2,3,4,5)} = 5 \cdot 0,12 \cdot 1,2 = 0,72 \text{ кВт}$$

$$P_{2-6} = 4 \cdot 0,12 \cdot 1,2 = 0,576 \text{ кВт}$$

$$P_{2-7} = 2 \cdot 0,05 \cdot 1,2 = 0,12 \text{ кВт}$$

$$P_{2-8} = 2 \cdot 0,078 \cdot 1,2 = 0,187 \text{ кВт}$$

Моменты каждого участка определяются по выражению:

$$M_{n-n} = P_{n-n} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right), \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

где  $P_{n-n}$  - мощность ламп в линии n-n (кВт);

$l_0$  - длина от щита освещения до первой лампы, м;

$l$  - длина линии от первой до последней лампы, м.

$$M_{2-1} = P_{2-1} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,72 \cdot \left( 6,6 + \frac{12,8}{2} \right) = 9,36 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-2} = P_{2-2} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,72 \cdot \left( 9,8 + \frac{12,8}{2} \right) = 11,664 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-3} = P_{2-3} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,72 \cdot \left( 13 + \frac{12,8}{2} \right) = 13,968 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-4} = P_{2-4} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,72 \cdot \left( 16,2 + \frac{12,8}{2} \right) = 16,27 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-5} = P_{2-5} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,72 \cdot \left( 19,4 + \frac{12,8}{2} \right) = 18,57 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-6} = P_{2-6} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,576 \cdot \left( 14,3 + \frac{5,2}{2} \right) = 9,73 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-7} = P_{2-7} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,12 \cdot \left( 7,1 + \frac{1,5}{2} \right) = 0,94 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-8} = P_{2-8} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,187 \cdot \left( 10,1 + \frac{1,5}{2} \right) = 2,029 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{1-2} = \sum P_{1-2} \cdot l_0 = 4,3 \cdot 20 = 86 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Для уровня напряжения 380/220 В. и проводов с медными жилами коэффициент  $C$  принимается:

$C = 12$  для двухпроводной сети;

$C = 72$  для четырехпроводной сети [9].

Выражение для нахождения сечения питающей сети при различиях в количестве проводов на магистральном участке и его ответвлений:

$$S_{1-2} = \frac{\sum M + \alpha \sum m}{C \cdot \Delta U} = \frac{86 + 1,85 \cdot 82,53}{72 \cdot 6,8} = 0,49 \text{ мм}^2$$

Предварительно принимаем сечение провода для участка  $S_{1-2} = 0,5 \text{ мм}^2$

Тогда потери напряжения участка 1-2

$$\Delta U_{1-2} = \frac{M_{1-2}}{C \cdot S_{1-2(3)}} = \frac{86 \text{ кВт} \cdot \text{м}}{72 \cdot 0,5 \text{ мм}^2} = 2,38\%$$

Отсюда потери, которые приходятся на участки 2-1...2-8:

$$\Delta U_{2-(1+8)} = \Delta U - \Delta U_{1-2} = 6,8 - 2,38 = 4,42\%$$

При таком значении потери напряжения сечения проводов составят:

$$S_{2-1} = \frac{M_{2-1}}{C \cdot \Delta U} = \frac{9,36}{12 \cdot 4,42} = 0,18 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-5} = \frac{M_{2-5}}{C \cdot \Delta U} = \frac{18,57}{12 \cdot 4,42} = 0,35 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-2} = \frac{M_{2-2}}{C \cdot \Delta U} = \frac{11,664}{12 \cdot 4,42} = 0,22 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-6} = \frac{M_{2-6}}{C \cdot \Delta U} = \frac{9,73}{12 \cdot 4,42} = 0,18 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-3} = \frac{M_{2-3}}{C \cdot \Delta U} = \frac{13,968}{12 \cdot 4,42} = 0,26 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-7} = \frac{M_{2-7}}{C \cdot \Delta U} = \frac{0,94}{12 \cdot 4,42} = 0,02 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-4} = \frac{M_{2-4}}{C \cdot \Delta U} = \frac{16,27}{12 \cdot 4,42} = 0,31 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-8} = \frac{M_{2-8}}{C \cdot \Delta U} = \frac{2,03}{12 \cdot 4,42} = 0,04 \text{ мм}^2$$

Провода для всех участков осветительной сети принимается согласно ГОСТ16442-80 площадью сечения не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  [10].

Выбрали провода ВВГнг(3х1.5) и ВВГнг(1х1.5).



Далее необходимо провести проверку выбранных проводов на термическую стойкость.

Должно выполняться следующее условие:

$$I_{po} \leq I_{доп},$$

где  $I_{po}$  - расчётный ток провода, А;

$I_{доп}$  - длительно допустимый ток, А.

Для участка 1 - 2:

Расчётная нагрузка:

$$P_{p.o} = P_{уст} \cdot K_C \cdot K_{ппа} = 5 \cdot 1 \cdot 0,72 + 0,6 \cdot 0,576 + 0,8 \cdot 0,12 + 0,8 \cdot 0,187 = 4,19 \text{ кВт},$$

где:  $P_{уст}$  - установленная мощность ламп,  $K_C$  - коэффициент спроса,  $K_{ппа}$  - коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей аппаратуре.

Коэффициент спроса выбирается по таблице 3.1.

Таблица 3.1 – коэффициент спроса питающей линии [11]

небольшие производственные здания	1,0
производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
производственные здания, состоящие из многих отдельных помещений	0,85
административно-бытовые, инженерно-лабораторные корпуса	0,8
складские здания, состоящие из многих отдельных помещений	0,6

Расчетный ток линии:

$$I_{po} = \frac{P_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi} = \frac{4,19}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 7,5 \text{ А}$$

где  $U_{л}$  - линейное напряжение сети,  $\cos \varphi$  - коэффициент мощности.

Для выбранного питающего провода, при прокладке на воздухе допустимый ток равняется 21 А. Отсюда следует, что условие  $I_{po} \leq I_{доп}$  выполняется.

Для участков 2 – 1 ÷ 2 – 5:

Нагрузка:

$$P_{P.O} = P_{уст} \cdot K_C \cdot K_{ПА} = 0,72 \cdot 1 = 0,72 \text{ кВт}$$

Расчетный ток линии:

$$I_{po} = \frac{P_{P.O}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{0,72}{0,22 \cdot 0,85} = 3,85 \text{ А}$$

Для выбранного питающего провода, при прокладке на воздухе допустимый ток равняется 22 А. Отсюда следует, что условие  $I_{po} \leq I_{доп}$  выполняется.

Так как последующие участки выполнены этим же кабелем, но имеют меньшие нагрузки, условие термической стойкости выполняется.

### 3.1.3 Выбор защиты сети освещения

Все ОУ обязаны иметь защиту от токов короткого замыкания. В сетях служебно-бытового характера, а так же в пожаро и взрывоопасных помещениях промышленных помещений должна быть использована защита от перегрузки [12].

Выбор аппаратов защиты производится с учетом следующих основных требований:

- напряжение и номинальный ток аппаратов должны соответствовать напряжению и расчетному длительному току цепи. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей нужно выбирать, по возможности, наименьшими по расчетным токам этих участков сети. Аппараты не должны отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях нормальной эксплуатации, например, при одновременном включении группы ламп;

- аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение одно- и многофазных замыканий в сетях с глухозаземленной нейтралью;
- должна быть обеспечена, по возможности, селективность действия защиты.

Защиту выполняю расцепителями автоматических выключателей.

Расчетный ток для выбора аппарата защиты:

Для светодиодных светильников принимаем  $I_p = I_{расч}$ .

Выбираем АВ и заносим сведения в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – АВ питающих линий

Участок	Расчетный ток для выбора АВ, А	Модель АВ	Номинальный ток АВ, А
1-2	7,5	8А С ВА47-29 4.5кА	8
1-2÷2-5	3,85	ЭРА PRO NO902309 ВА4729 1P 4A 4,5кА	4
2-6	3	ВА47-29 (1P; 3 А; 4.5 кА; В) TDM SQ0206-0003	3
2-7	0,65	ВА47-29 (1P; 1 А; 4.5 кА; В) TDM SQ0206-0001	1
2-8	1	ВА47-29 (1P; 1 А; 4.5 кА; В) TDM SQ0206-0001	1

В целях монтажа отходящих линий и аппаратов защиты выбирается распределительный шкаф ЩРн-12-з 0 У2 IP54, основные характеристики которого представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – характеристики шкафа распределительного

Количество модулей	12
Габарит корпуса	240х330х120.
Количество вводов	5
Климатическое исполнение	У2
Степень защиты	IP54

## **3.2 Электрический расчет освещения ремонтного цеха с использованием ЛЛ в качестве ИО**

### **3.2.1 Выбор источников питания и напряжения**

Светильники общего освещения по рекомендациям следует подключать к переменному напряжению не выше 380/220 В. при заземленной нейтрали.

Примем, что питание ОУ производится от шин подстанции с трансформатором номинальная мощность которого 1000 кВА. Коэффициент мощности системы принимаем 0,85, а коэффициент загрузки трансформатора подстанции – 0,9.

### **3.2.2 Выбор проводов питания осветительной сети: марки, сечения и способа прокладки**

Исходя из условий рабочей среды выбирается марка проводов и способ их прокладки

Рабочая среда рассматриваемых помещений ремонтного цеха имеет нормальный характер. Исходя из этого принимается марка провода ВВГнг (жила из меди; оболочка из ПВХ пониженной горючести, изоляция из ПВХ). Способ прокладки – открытый.

Расчет сечения сети освещения производится из допустимой потери напряжения. Выражение для расчета сечения:

$$S = \frac{M}{C \cdot \Delta U \%},$$

где С – коэффициент, зависит от материала проводника, схемы питания и напряжения; М – нагрузочный момент, кВт·м;  $\Delta U$  – допустимая потеря напряжения до наиболее удаленной лампы.

$\Delta U$  в % рассчитывается при помощи выражения:

$$\Delta U = 105 - U_{\min} - \Delta U_T,$$

где 105 – напряжение холостого хода вторичной обмотки трансформатора;

$\Delta U_T$  — потери напряжения трансформатора, %.

%;  $U_{\min}$  — минимальное допустимое напряжение источника питания, %

[8].

При заданных параметрах трансформатора и нагрузки потери напряжения в нем будут :

$$\Delta U_T = 3,2 \%$$

Допустимая потеря напряжения до наиболее удаленной лампы:

$$\Delta U = 105 - 95 - 3,2 = 6,8 \%$$

Схема для расчета моментов сети представлена на рисунке 3.2.

Опираясь на эту схему выполняем расчёт нагрузочных моментов.

Протяженность участков учитывает подъемы и спуски.:

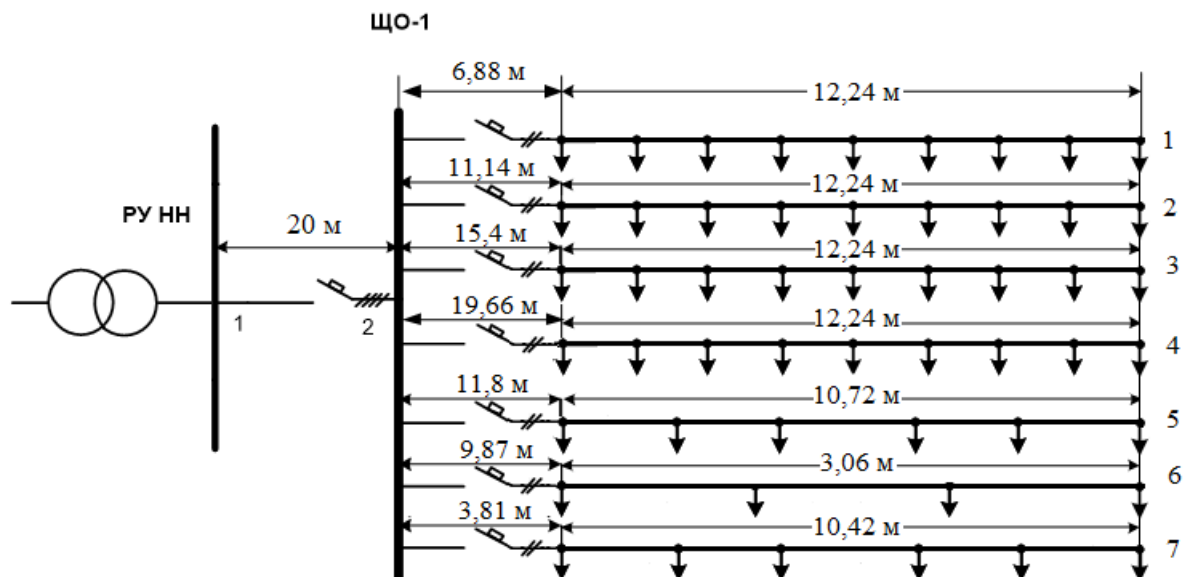


Рисунок 3.2— схема для расчета моментов сети

Для каждого участка n-n:

$$P_{n-n} = N \cdot P_L \cdot K_{ПРА},$$

где  $N$  — количество светильников одного ряда;

$K_{ПРА}$  принимается равным 1,2;

$P_L$  — суммарная мощность ламп одного светильника.

$$P_{2-1(2,3,4)} = 8 \cdot 2 \cdot 0,08 \cdot 1,2 = 1,54 \text{ кВт}$$

$$P_{2-5} = 6 \cdot 2 \cdot 0,018 \cdot 1,2 = 0,26 \text{ кВт}$$

$$P_{2-6} = 4 \cdot 2 \cdot 0,036 \cdot 1,2 = 0,345 \text{ кВт}$$

$$P_{2-7} = 6 \cdot 2 \cdot 0,36 \cdot 1,2 = 0,52 \text{ кВт}$$

Моменты каждого участка определяются по выражению:

$$M_{n-n} = P_{n-n} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right), \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

где  $P_{n-n}$  - мощность ламп в линии n-n (кВт);

$l_0$  — длина от щита освещения до первой лампы, м;

$l$  — длина линии от первой до последней лампы, м.

$$M_{2-1} = P_{2-1} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 1,54 \cdot \left( 6,88 + \frac{12,24}{2} \right) = 20,02 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-2} = P_{2-2} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 1,54 \cdot \left( 11,14 + \frac{12,24}{2} \right) = 26,98 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-3} = P_{2-3} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 1,54 \cdot \left( 15,4 + \frac{12,24}{2} \right) = 33,14 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-4} = P_{2-4} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 1,54 \cdot \left( 19,66 + \frac{12,24}{2} \right) = 39,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-5} = P_{2-5} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,26 \cdot \left( 11,8 + \frac{10,72}{2} \right) = 4,46 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-6} = P_{2-6} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,345 \cdot \left( 9,87 + \frac{3,06}{2} \right) = 3,93 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{2-7} = P_{2-7} \cdot \left( l_0 + \frac{l}{2} \right) = 0,52 \cdot \left( 3,81 + \frac{10,42}{2} \right) = 4,69 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{1-2} = \sum P_{1-2} \cdot l_0 = 7,285 \cdot 20 = 145,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Выражение для нахождения сечения питающей сети при различиях в количестве проводов на магистральном участке и его ответвлений:

$$S_{1-2} = \frac{\sum M + \alpha \sum m}{C \cdot \Delta U} = \frac{145,7 + 1,85 \cdot 132,92}{72 \cdot 6,8} = 0,8 \text{ мм}^2$$

Предварительно принимаем сечение провода для участка  $S_{1-2} = 1 \text{ мм}^2$

Тогда потери напряжения участка 1-2

$$\Delta U_{1-2} = \frac{M_{1-2}}{C \cdot S_{1-2(3)}} = \frac{145,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}}{72 \cdot 1 \text{ мм}^2} = 2,02\%$$

Отсюда потери, которые приходятся на участки 2-1...2-8:

$$\Delta U_{2-(1+8)} = \Delta U - \Delta U_{1-2} = 6,8 - 2,02 = 4,78\%$$

При таком значении потери напряжения сечения проводов составят:

$$S_{2-1} = \frac{M_{2-1}}{C \cdot \Delta U} = \frac{20.02}{12 \cdot 4.78} = 0,35 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-2} = \frac{M_{2-2}}{C \cdot \Delta U} = \frac{26.98}{12 \cdot 4,78} = 0,47 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-3} = \frac{M_{2-3}}{C \cdot \Delta U} = \frac{33.14}{12 \cdot 4,78} = 0,57 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-4} = \frac{M_{2-4}}{C \cdot \Delta U} = \frac{39.7}{12 \cdot 4,78} = 0,69 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-5} = \frac{M_{2-5}}{C \cdot \Delta U} = \frac{4.46}{12 \cdot 4,78} = 0.077 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-6} = \frac{M_{2-6}}{C \cdot \Delta U} = \frac{3.93}{12 \cdot 4,78} = 0,068 \text{ мм}^2$$

$$S_{2-7} = \frac{M_{2-7}}{C \cdot \Delta U} = \frac{0,94}{12 \cdot 4,78} = 0.082 \text{ мм}^2$$

Провода для всех участков осветительной сети принимается согласно ГОСТ16442-80 площадью сечения не менее 1,5 мм<sup>2</sup> [10].

Выбрали провода ВВГнг(3х1.5) и ВВГнг(1х1.5).

Далее необходимо провести проверку выбранных проводов на термическую стойкость.

Должно выполняться следующее условие:

$$I_{po} \leq I_{доп},$$

где  $I_{po}$  - расчётный ток провода, А;

$I_{доп}$  - длительно допустимый ток, А.

Для участка 1 - 2:

Расчётная нагрузка:

$$P_{p.o} = P_{уст} \cdot K_C \cdot K_{ппа} = 4 \cdot 1 \cdot 1,54 + 0,6 \cdot 0,26 + 0,8 \cdot 0,345 + 0,8 \cdot 0,52 = 7 \text{ кВт},$$

где:  $P_{уст}$  - установленная мощность ламп,  $K_C$  - коэффициент спроса,

$K_{ппа}$  - коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей аппаратуре.

Коэффициент спроса выбирается по таблице 3.1.

Таблица 3.4 – коэффициент спроса питающей линии [11].

небольшие производственные здания	1,0
производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
производственные здания, состоящие из многих отдельных помещений	0,85
административно-бытовые, инженерно-лабораторные корпуса	0,8
складские здания, состоящие из многих отдельных помещений	0,6

Расчетный ток линии:

$$I_{po} = \frac{P_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi} = \frac{7}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 12,53 \text{ A}$$

где  $U_{л}$  - линейное напряжение сети,  $\cos \varphi$  - коэффициент мощности.

где  $U_{л}$  - линейное напряжение сети,  $\cos \varphi$  - коэффициент мощности.

Для выбранного питающего провода, при прокладке на воздухе допустимый ток равняется 21 А. Отсюда следует, что условие  $I_{po} \leq I_{доп}$  выполняется.

Для участков 2 – 1 ÷ 2 – 5:

Нагрузка:

$$P_{p.o} = P_{уст} \cdot K_C \cdot K_{пра} = 0,72 \cdot 1 = 0,72 \text{ кВт}$$

Расчетный ток линии:

$$I_{po} = \frac{P_{p.o}}{U_{ф} \cdot \cos \varphi} = \frac{1,54}{0,22 \cdot 0,85} = 8,24 \text{ A}$$

Для выбранного питающего провода, при прокладке на воздухе допустимый ток равняется 22 А. Отсюда следует, что условие  $I_{po} \leq I_{доп}$  выполняется.



Так как последующие участки выполнены этим же кабелем, но имеют меньшие нагрузки, условие термической стойкости выполняется.

### 3.2.3 Выбор защиты сети освещения

Все ОУ обязаны иметь защиту от токов короткого замыкания. В сетях служебно-бытового характера, а так же в пожаро и взрывоопасных помещениях промышленных помещений должна быть использована защита от перегрузки [12].

Защита осуществляется плавкими предохранителями или автоматическими выключателями (автоматами) с тепловыми или комбинированными расцепителями.

Выбор аппаратов защиты производится с учетом следующих основных требований:

- напряжение и номинальный ток аппаратов должны соответствовать напряжению и расчетному длительному току цепи. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей нужно выбирать, по возможности, наименьшими по расчетным токам этих участков сети. Аппараты не должны отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях нормальной эксплуатации, например, при одновременном включении группы ламп;
- аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение одно- и многофазных замыканий в сетях с глухозаземленной нейтралью;
- должна быть обеспечена, по возможности, селективность действия защиты.

Защиту выполняю расцепителями автоматических выключателей.

Расчетный ток для выбора аппарата защиты:

Для ЛЛ принимаем  $I_p = I_{расч}$ .

Выбираем АВ и заносим сведения в таблицу 3.5

Таблица 3.5 – АВ питающих линий

Участок	Расчетный ток для выбора АВ, А	Модель АВ	Номинальный ток АВ, А
1-2	12,53	ETIMAT P10 B 13A 2pol	13
1-2÷2-5	8,24	Legrand DX3 6000, 10A	10
2-6	0,83	BA47-29 (1P; 1 А; 4.5 кА; В) TDM SQ0206- 0001	1
2-7	1,48	3п В 1.5А 10кА PL7- B1.5/1 EATON	1,5
2-8	2,23	EKF 1P 2,5A (C) 4,5кА BA 47-63 (mcb4763-1- 2.5C-pro)	2,5

В целях монтажа отходящих линий и аппаратов защиты выбирается распределительный шкаф ЩРН-12-з 0 У2 IP54, основные характеристики которого представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – характеристики шкафа распределительного

Количество модулей	12
Габарит корпуса	240x330x120.
Количество вводов	5
Климатическое исполнение	У2
Степень защиты	IP54

### Вывод по главе

Был произведен электрический расчет освещения ремонтного цеха для спроектированных в предыдущей главе ОУ. В качестве источника питания был выбран трансформатор напряжения 1000 кВА с коэффициентом загрузки 0,9 и  $\cos\varphi$  0.85. В результате расчетов для обоих ОУ были получены питающие линии исполненные проводами марки ВВГнг(3х1.5) для магистрального участка и ВВГнг(1х1.5) для распределительных сетей. В качестве защиты линий были приняты АВ. Приняли к установке шкаф распределительный ЩРН-12-з 0 У2 IP54.

#### 4. Расчет технико-экономических показателей ОУ

Таблица 4.1 – балансовая стоимость оборудования при использовании  
светильников СД

Наименование Устанавливаемого оборудования и основных материалов	Количество	Марка	Цена за единицу, тыс. руб.	Стоимость суммарная, тыс. руб.
Светодиодный светильник, шт.	25	ДСП 09-120-001 ALB	13,01	325,25
Светодиодный светильник, шт.	4	Енисей 16.3500.30 Д 120	4,79	19,16
Светодиодный светильник, шт.	2	SVT-ARM-N- 595x595x40-50W- PR-IP54	4,268	8,536
Светодиодный светильник, шт.	2	Diora Unit Glass 78/11000 Д	24,505	49,01
Трос подвесной, м	94	-	0,043	4,042
Регулируемый консольный кронштейн	2	Diora	0,711	1,422
Крепеж для троса, шт.	14	-	0,129	1,806
Кабель, м	20	ВВГнг (3x1,5)	0,076	1,52
Кабель, м	16,7	ВВГнг (1x1,5)	0,024	4,05
Выключатель автоматический трехполюсный, шт	1	8А С ВА47-29 4.5кА	0,631	0,631
Выключатель автоматический однополюсный, шт	5	ЭРА PRO NO902309 ВА4729 1P 4A 4,5кА кривая В Б0048770	0,266	1,33
Выключатель автоматический однополюсный, шт	1	ВА47-29 (1P; 3 А; 4.5 кА; В) TDM SQ0206-0003	0,2	0,2

Продолжение таблицы 4.1

Выключатель автоматический однополюсный, шт	2	ВА47-29 (1P; 1 А; 4.5 кА; В) TDM SQ0206-0001	0,307	0,614
Распределительный шкаф	1	ЩРН-12-з 0 У2 IP54	2,98	2,98
Итого				420,55

Таблица 4.2 – балансовая стоимость оборудования при использовании люминесцентных светильников

Наименование Устанавливаемого оборудования и основных материалов	Количество	Марка	Цена за единицу, тыс. руб.	Стоимость суммарная, тыс. руб.
Лампа люминесцентная, шт.	64	ЛЛ 80Вт FL 80W- 32/640 G13	0,0879	5,63
Светильник люминесцентный, шт.	32	ЛСПО 01-2x80 с ЭПРА	3,904	124,93
Лампа люминесцентная, шт.	12	ЛЛ 18Вт Т8 18/765 2 30В G13	0,0664	0,80
Светильник люминесцентный, шт.	6	ЛСП-01-2x18-012 IP65 ЭПРА	0,995	5,97
Лампа люминесцентная, шт.	4	L 36W/765 36 Вт T8 6500K G13	0,0876	0,35
Светильник люминесцентный, шт.	2	ЛСП-01-2x36-012 IP65 ЭПРА	1,513	3,03
Лампа люминесцентная, шт.	12	L 36W/765 36 Вт T8 6500K G13	0,0876	1,05
Светильник люминесцентный, шт.	6	ЛСП-01-2x36-012 IP65 ЭПРА	1,513	9,08
Трос подвесной, м	93	-	0,043	4,00
Крепеж для троса, шт.	18	-	0,129	2,32
Кабель, м	20	ВВГнг (3x1,5)	0,076	1,52
Кабель, м	151,72	ВВГнг (1x1,5)	0,024	3,64

Продолжение таблицы 4.2

Выключатель автоматический трехполюсный, шт	1	ETIMAT P10 B 13A 2pol	1,216	1,22
Выключатель автоматический однополюсный, шт	4	Legrand DX3 6000, 10A (класс B, 10кА)	0,827	3,31
Выключатель автоматический однополюсный, шт	1	BA47-29 (1P; 1 A; 4.5 кА; B) TDM SQ0206-0001	0,307	0,31
Выключатель автоматический однополюсный, шт	1	3п В 1.5А 10кА PL7-B1.5/1 EATON 165048	0,427	0,43
Выключатель автоматический однополюсный, шт	1	EKF 1P 2,5A (C) 4,5kA BA 47-63	0,258	0,26
Распределительный шкаф	1	ЩРн-12-з 0 У2 IP54	2,98	2,98
Итого				170,8

При проектировки осветительных установок, доступно множество вариантов исполнения. Для каждого варианта, отвечающего всем требованиям освещения, могут отличаться эксплуатационные расходы, капитальные затраты на внедрение и срок службы установки.

1. Эффективность ОУ с точки зрения экономии оценивают приведенными затратами, которые определяются по выражению:

$$З = E_n \cdot K + Э,$$

где З – приведенные затраты по рассматриваемому варианту, руб.

$E_n=0,15$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

К- капитальные вложения на сооружение ОУ, руб.

Э – годовые эксплуатационные расходы на систему искусственного освещения, руб.

2. Капитальные затраты которые идут на то, чтобы изготовить ОУ определяются по выражению:

$$K = N \cdot (K_l \cdot n + K_c + K_m + \alpha \cdot P_l \cdot K_{мэ} \cdot n \cdot 10^{-3}),$$

где N – общее число одного типа в осветительной установке, шт.

Кл – цена одной лампы, руб.

n- число ламп в одном светильнике, шт.

Кс – цена одного светильника, руб.

Км – стоимость монтажа одного светильника, руб. ориентировочно примем 500 руб/шт

α– коэффициент, учитывающий потери энергии в ПРА, принимается 1,2 при люминесцентных лампах и 1,1 при лампах ДРЛ и ДРИ.

Рл – мощность одной лампы, Вт.

Кмэ – стоимость монтажа электротехнической части ОУ (щитки, сеть и др.) на 1 кВт установленной мощности ламп с учетом потерь в ПРА, ориентировочно принимается 100 руб./кВт.

Расходы на эксплуатацию состоят из из стоимости следующих параметров: электроэнергии, которая затрачивается на работу ОУ; амортизационных отчислений, принимаются в процентах от капитальных затрат в размере 10%; стоимости чистки и замены ламп светильников.

3. Годовые эксплуатационные расходы по содержанию искусственного освещения определяются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_o + \mathcal{E}_s,$$

где Эа – годовые затраты на амортизации системы освещения, руб.

Эо – годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт ОУ, руб.

Ээ – стоимость израсходованной за год электрической энергии с учетом потерь в ПРА и сетях, руб.

Цель отчислений на амортизацию - откладывание средств, которые потом пойдут на обновление основного оборудования, выходящего из строя, в связи с истечением срока службы.

4. Амортизационные отчисления в размере 10% капитальных затрат, соответствующие 10- летнему сроку службы светильников, проводок и электрооборудования. Рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E}_a = 0,1 \cdot N \cdot (K_c + K_m + \alpha \cdot P_{\text{л}} \cdot K_{\text{мэ}} \cdot n \cdot 10^{-3})$$

Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт ОУ складываются в основном из стоимости заменяемых ламп и расходов на чистку светильников:

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E}_л + \mathcal{E}_ч = N \cdot \left[ \frac{n \cdot T_p \cdot (K_л + C_з)}{T_л} + n_1 \cdot C \right] =$$

где Эл – стоимость сменяемых в течении года ламп, руб.

Эч – расходы на чистку светильников за год, руб.

Тр – продолжительность работы ОУ в год, ч.

Тл – номинальный срок лампы, принимается для ламп накаливания общего назначения 1000 ч, для люминесцентных ламп 1200 ч.

Сз – стоимость работ по замене одной лампы, руб.

n1 – количество чисток светильников в год

С1 – стоимость одной чистки одного светильника, руб.

5. Стоимость электрической энергии израсходованной за год, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_э = \alpha \cdot \beta \cdot P_{\text{л}} \cdot n \cdot N \cdot T_p \cdot \mathcal{U}_э \cdot 10^{-3}$$

где,  $\beta = 0,1 \cdot \Delta U$  – коэффициент, учитывающий потери электрической энергии в осветительных сетях;

$\Delta U$  – потери напряжения в осветительной сети до средних ламп, %;

$\text{Цэ}$  – стоимость электрической энергии, руб./( $\text{кВт}\cdot\text{ч}$ )

Так как отсутствуют данные потери напряжения, 1,037 – при ЛЛ, 1 – при лампах СД [11].

#### 4.1 Расчет технико-экономических показателей для ОУ с ЛЛ

Пример расчета для светильника ЛСПО 01-2х80 с ЭПРА

Капитальные затраты:

$$K = 32 \cdot (87,9 \cdot 2 + 3904 + 500 + 1,2 \cdot 80 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) = 147168$$

Амортизационные отчисления:

$$\mathcal{E}_a = 0,1 \cdot 32 \cdot (3904 + 500 + 1,2 \cdot 80 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) = 14435,52$$

Расходы на обслуживание и текущий ремонт:

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E}_л + \mathcal{E}_ч = 32 \cdot \left[ \frac{2 \cdot 4000 \cdot (87,9 + 100)}{10000} + 4 \cdot 150 \right] = 24010,24$$

Стоимость электрической энергии, израсходованной за год:

$$\mathcal{E}_э = 0,1 \cdot 1,037 \cdot 80 \cdot 2 \cdot 32 \cdot 4000 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 10618,88$$

Годовые эксплуатационные расходы:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_o + \mathcal{E}_э = 14435,52 + 24010,24 + 10618,88 = 178984,32$$

Экономическая эффективность ОУ:

$$З = 0,15 \cdot 147168 + 178984,32 = 201059,52 \text{ руб.}$$

Рассчитаем для остальных светильников, данные внесем в таблицу

Таблица 4.3 – технико-экономические показатели для ОУ с ЛЛ

Светильник	Кап. Затраты	ЭЭ	Экспл. расход	Эк. эффект.
ЛСПО 01-2х80 с ЭПРА	147168	10618,88	49064,64	71139,84
ЛСП-01-2х18-012 IP65 ЭПРА	9792,72	447,984	5653,02	7121,924
ЛСП-01-2х36-012 IP65 ЭПРА	4393,68	298,656	2151,40	2810,448308
ЛСП-01-2х36-012 IP65 ЭПРА	13181,04	895,968	6454,19	8431,344923
Итого	174535,4	12261,5	63323,24	89503,56



#### 4.1 Расчет технико-экономических показателей для ОУ с лампами СД

Пример расчета для светильника ДСП 09-120-001 ALB

Капитальные затраты:

$$K = 25 \cdot (13010 + 500 + 1 \cdot 120 \cdot 100 \cdot 10^{-3}) = 338050$$

Амортизационные отчисления:

$$\mathcal{E}_a = 0,1 \cdot 25 \cdot (13010 + 500 + 1 \cdot 80 \cdot 100 \cdot 10^{-3}) = 1280$$

Расходы на обслуживание и текущий ремонт:

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E}_л + \mathcal{E}_ч = 25 \cdot \left[ \frac{4000 \cdot (13010 + 500)}{100000} + 2 \cdot 150 \right] = 21010$$

Стоимость электрической энергии, израсходованной за год:

$$\mathcal{E}_э = 0,1 \cdot 1 \cdot 120 \cdot 25 \cdot 4000 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 6000$$

Годовые эксплуатационные расходы:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_o + \mathcal{E}_э = 1280 + 21010 + 6000 = 28290$$

Таблица 4.4 – технико-экономические показатели для ОУ с  
лампами СД

Светильник	Кап. затраты	ЭЭ	Экспл. расход	Эк. эффект.
ДСП 09-120-001 ALB	338050,00	6000	28290,00	78997,5
Енисей 16.3500.30 Д 120	21172,00	240	4403,60	7579,4
SVT-ARM-N- 595x595x40-50W-PR- IP54	9546,00	200	2136,04	3567,94
Diora Unit Glass 78/11000 Д	50025,60	312	7914,96	15418,8
Итого	418793,60	6752,00	42744,60	105563,64

## 4.2 Сравнение экономического эффекта для ОУ с ЛЛ и ОУ с лампами СД

Таблица 4.5 – сравнение экономического эффекта

Светильни к	Эк. эффект. за 1 год	Эк. эффект за 2 год	Эк. эффект. за 3 год	Эк. эффект. за 4 год	Эк. эффект. за 5 год
ЛЛ	89503,56	152826,8 0	216150,0 4	279473,2 8	342796,5 2
СД	105563,6 4	148308,2 4	191052,8 4	233797,4 4	276542,0 4
Разность	-16060,08	4518,56	25097,20	45675,84	66254,48

### Вывод по главе

Провели расчет технико-экономических показателей для ОУ с лампами СД и ЛЛ. В ходе расчета были подсчитаны балансовые стоимости оборудования

ОУ для каждого варианта проектирования.

Далее определил приведенные затраты для каждой из установок.

Расчет был произведен по параметрам:

- Капитальные затраты
- Амортизационные отчисления
- Расходы на обслуживание и текущий ремонт
- Стоимость электрической энергии, израсходованной за год
- Стоимость электрической энергии, израсходованной за год

Итогом расчета стал экономический эффект.

Из-за превышающих капитальных затрат для ОУ с лампами СД над аналогичной ему ОУ с ЛЛ в первый год эксплуатации выгоднее оказалась ОУ с использованием ЛЛ. Однако, учитывая меньшую номинальную мощность ОУ с лампами СД, а также многократно превышающий номинальный срок службы, экономическая выгода уже проявилась на второй год эксплуатации и составила 4518,56 рублей по отношению к ОУ ремонтного цеха, где были

использованы ЛЛ. Данные по экономическому эффекту за последующие 5 лет представлены в таблице 4.4

## **5. Финансовый менеджмент**

### **5.1 Введение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

## 5.2 Предпроектный анализ

### 5.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Деятельность исследования связана с проектированием осветительных установок для освещения производственных помещений и в рамках работы над данным разделом необходимо провести анализ потребителей.

Проектная организация осуществляет ряд услуг в направлении производственного и промышленного освещения, соответственно, можно провести сегментацию рынка потребителей по критерию оказываемых услуг. В области производственного освещения наиболее часто осуществляются такие виды деятельности как создание новой осветительной установки, подготовка технических отчётов, а также замена осветительной техники. Карта сегментирования рынка представлена в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка

	Создание новой осветительной установки	Замена осветительной техники	Подготовка технического отчета
ООО «Светопроект»			
ООО «ЛЕДПРОМ»			
ООО «ГОРСЕТИ»			
Научно-исследовательская работа			

Из карты сегментирования можно видеть, что развитие проекта стоит проводить в направлении «Создание новой осветительной установки».

### **5.2.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [13]:

$$K = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot B_i),$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять конкурентным решениям. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентных решений.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Для сравнительной оценки выбраны два варианта осветительной установки с использованием светодиодных источников света и с газоразрядными источниками излучения.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Газоразрядные источники	LED	Газоразрядные источники	LED
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Энергоэффективность	0,1	3	4	0,3	0,4
Удобство в эксплуатации	0,09	3	4	0,27	0,36
Надежность	0,1	2	2	0,2	0,2
Уровень шума	0,01	2	3	0,02	0,03
Безопасность	0,12	1	4	0,12	0,48
Простота эксплуатации	0,11	2	4	0,22	0,44
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,1	4	2	0,4	0,2
Уровень проникновения на рынок	0,09	4	2	0,36	0,18
Цена	0,09	4	1	0,36	0,09
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	5	0,3	0,5
Послепродажное обслуживание	0,09	2	5	0,18	0,45
Итого:	1	30	36	2,73	3,33

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл i-го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с высокой энергоэффективностью и долгим сроком службы. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуются большие времени капиталовложения на старте.

### 5.2.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weakness (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 5.3 – Матрица SWOT

<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Низкий уровень потребления электроэнергии; С2. Отсутствие дополнительных работ по обслуживанию осветительных установок; С3. Долгий срок службы; С4. Соответствие модным тенденциям;	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> СЛ1. Высокая стоимость световых приборов; СЛ2. Сложность в ремонте;
<b>Возможности:</b> В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В2. Повышение стоимости конкурентных разработок;	<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса; У2. Преждевременный выход из строя светового прибора;

Следующий этап заключается в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков «+» и «-» и «0» для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	+	+	0
	Слабые стороны проекта				
		Сл1		Сл2	
	B1	+		0	
	B2	+		+	

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	+	0
	Слабые стороны проекта				
		Сл1		Сл2	
	У1	+		0	
	У2	0		+	

В рамках третьего этапа по результатам анализа интерактивной матрицы составляется итоговая матрица SWOT-анализа.



Таблица 5.5 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Низкий уровень потребления электроэнергии; С2. Отсутствие дополнительных работ по обслуживанию осветительных установок; С3. Долгий срок службы; С4. Соответствие модным тенденциям;	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> СЛ1. Высокая стоимость световых приборов; СЛ2. Сложность в ремонте
<b>Возможности:</b> В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В2. Повышение стоимости конкурентных разработок;	В течение работы над проектом будет разработана осветительная установка с меньшим уровнем энергопотребления, которая позволит повысить популярность светодиодных технологий	Разъяснение потребителю экономии средств по мере использования.
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса; У2. Преждевременный выход из строя светового прибора	Долгий срок службы светового прибора может вызвать «переполнение» рынка	В случае выхода из строя светового прибора произвести ремонт самостоятельно потребитель не сумеет. В связи с этим, необходимы дополнительные рекомендации по эксплуатации

#### 5.2.4 Оценка готовности к коммерциализации

Оценка готовности проекта к коммерциализации содержит показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетентности разработчика научного проекта. При проведении анализа по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале.

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и

практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 5.6 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	5
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>61</b>	<b>59</b>

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле [13]:

$$B_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n (B_i),$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки.

#### **5.2.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

В качестве основного и единственного метода коммерциализации может выступать инжиниринг.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

### **5.3 Инициация проекта**

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта. Данная информация закрепляется в уставе проекта. Устав проекта документирует бизнес-потребности и новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

### 5.3.1 Цели и результаты проекта

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта.

Таблица 5.7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Научный руководитель	Успешное выполнение проекта, четкая постановка задачи.
Исполнитель по проекту	Защита магистерской диссертации, подтверждение своих компетенций в рамках обучения.

Также необходимо представить информацию о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта должны включать цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 5.8 – Цели и результаты проекта

<b>Цели проекта</b>	Анализ данных по источникам искусственного освещения для производственных помещений. Разработка энергоэффективной и экономичной осветительной системы в производственном здании.
<b>Ожидаемый результат</b>	Расчет экономичной системы искусственного освещения ремонтного цеха и сравнение ее с аналогом.
<b>Критерий приемки результата проекта</b>	Применяемые методы и расчеты корректны. Проведен сравнительный анализ источников искусственного освещения.
<b>Требования к результату</b>	<b>Требование:</b>
	Обеспечение необходимых параметров освещенности производственных помещений наиболее эффективными источниками освещения. Сравнение результата с аналогом. Выявление экономической выгоды.
	Пояснительная записка должна быть выполнена и оформлена в соответствии с Положением ТПУ о структуре ВКР (магистерской диссертации) выпускников и СТО ТПУ 6/од от 10.02.2014 г
	Должны быть проработаны дополнительные разделы НТИ: финансовый менеджмент, социальная ответственность, раздел ВКР на иностранном языке

### 5.3.2 Организационная структура проекта

На данном этапе определяется состав рабочей группы, роль каждого участника в проекте и функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Таблица 5.9 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Герасимов Д.Ю., ТПУ, доцент	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2	Сухов А.В., НИ ТПУ, студент	Исполнитель по проекту	Анализ литературы, расчетно-графическая работа, анализ результатов.	1600
ИТОГО:				2200

### 5.3.3 Ограничения и допущения проекта

Каждый проект сталкивается с факторами, которые ограничивают деятельность участников проекта.

Таблица 5.10 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения /допущения
Бюджет проекта	Не более 600000
Источник финансирования	ФГАОУ ВО «НИ ТПУ»
Сроки проекта:	01.09.20-10.06.2022
Дата утверждения плана управления проектом	07.02.2022
Дата завершения проекта	10.06.2022

### 5.4 Планирование и управление научно-техническим проектом

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

#### 5.4.1 Иерархическая структура проекта

Иерархическая структура (ИСП) работы по проекту представляет собой детализацию укреплённой структуры работы.

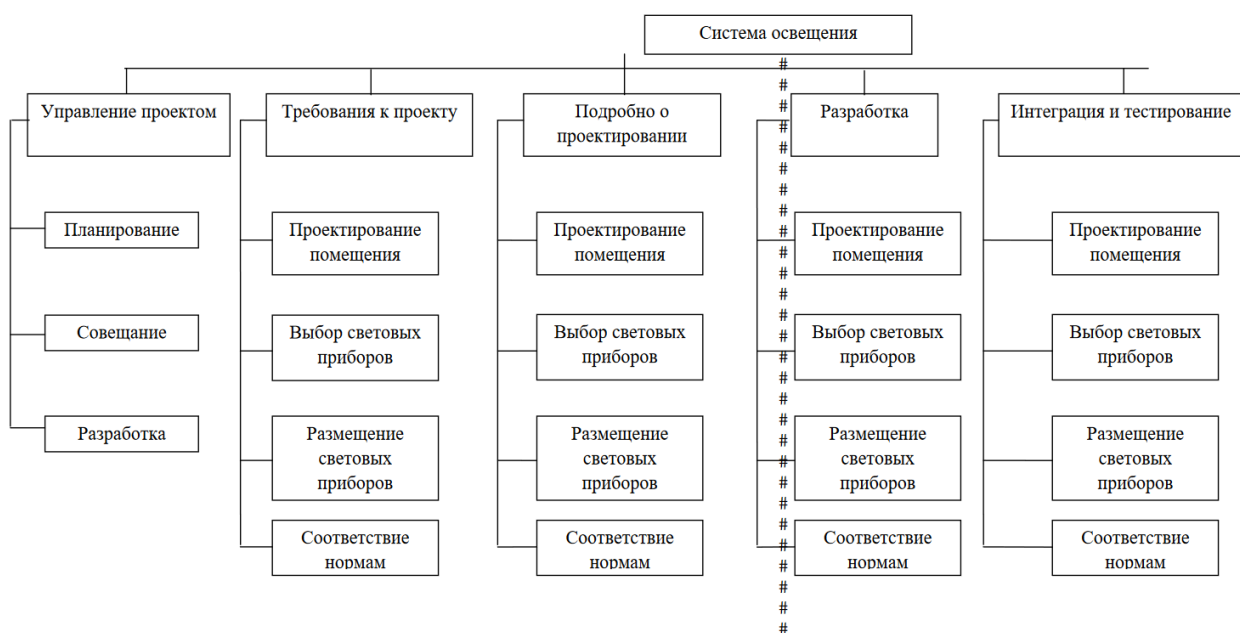


Рисунок 5.1 – Иерархическая структура работ по проекту

### 5.4.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы.

Таблица 5.12 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, рабочие дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Разработка технического задания	11	31.01.2022 2	14.02.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
2.1	Изучение литературных данных	10	15.02.2022 2	28.02.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
2.2	Составление литературного обзора	8	01.03.2022 2	10.03.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
2.3	Обсуждение проработанных данных и составление плана работ с научным руководителем	2	11.03.2022 2	14.03.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
3.1	Составление плана расчетов	6	15.03.2022 2	22.03.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
3.2	Составление исходных данных	7	23.03.2022 2	31.03.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
4.1	Расчет требуемой освещенности согласно СП	3	01.04.2022 2	05.03.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
4.2	Выбор количества и места установки светильников	4	06.04.2022 2	11.04.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
4.3	Электрический расчет осветительной сети	3	12.04.2022 2	14.04.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
4.4	Выбор защитной автоматики сети	11	15.04.2022 2	01.04.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
5.1	Экономический расчет	2	02.05.2022 2	03.05.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
5.2	Сравнительный расчет для альтернативного способа освещения	8	04.05.2022 2	15.05.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.
6	Разработка документации проекта	20	16.05.2022 2	10.06.2022	Герасимов Д.Ю. Сухов А.В.

Научно-исследовательская работа выполняется в 5 последовательных этапов. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер,

поскольку зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

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

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

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

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

Пример расчета:

Руководитель проекта – разработка технического задания:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 9}{5} = 7,8 \text{ чел.-дн.}$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{7,8}{1} = 7,8 \text{ дн.}$$



Исполнитель – анализ практики учета  $PQ$ -диаграмм инвертора:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 9 + 2 \cdot 14}{5} = 11 \text{ чел.-дн.}$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{11}{1} = 11 \text{ дн.}$$

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

В связи с тем, что в диаграмме Ганта используются календарные дни, то необходимо перевести длительность каждого из этапов работы в календарные дни:

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

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

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Пример расчета:

Руководитель проекта – разработка технического задания:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22;$$












$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 7,8 \cdot 1,22 = 9,52 \approx 10 \text{ дн.}$$

Сведем рассчитанные значения в одну таблицу.

Таблица 5. 13 – Временные показатели проведения научного исследования

Код работы (из ИСР)	Название	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
		$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожс}$ , чел-дни		Рук-ель	Исп-ль	Рук-ель	Исп-ль
		Рук-ель	Исп-ль	Рук-ель	Исп-ль	Рук-ель	Исп-ль				
1	Разработка технического задания	9	1	14	2	7,8	1,4	7,8	2	10	2
2.1	Изучение литературных данных		8		11		9,2		9,2		12
2.2	Составление литературного обзора		6		9		7,2		7,2		9
2.3	Обсуждение проработанных данных и составление плана работ с научным руководителем	1	1	2	3	1,4	1,8	1,4	1,8	2	3
3.1	Составление плана расчетов	2	5	3	7	2,4	5,8	2,4	5,8	3	8
3.2	Составление исходных данных		6		8		6,8		6,8		9
4.1	Расчет требуемой освещенности согласно СП		2		3		2,4		2,4		3
4.2	Выбор количества и места установки светильников		3		5		3,8		3,8		5
4.3	Электрический расчет осветительной сети	1	2	2	4	1,4	2,8	1,4	2,8	2	4
4.4	Выбор защитной автоматики сети		9		11		9,8		9,8		12
5.1	Экономический расчет		1		3		1,8		1,8		3
5.2	Сравнительный расчет для альтернативного способа освещения	2	6	4	8	2,8	6,8	2,8	6,8	4	9
6	Разработка документации проекта	5	16	7	22	5,8	18,4	5,8	18,4	8	23
Итого календарных дней (руководитель)										29	
Итого календарных дней (исполнитель)										102	
Итого календарных дней (проект)										137	

Таблица 5.14 – Календарный план-график проведения НИОКР

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.			март			апрель			май			июнь
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Разработка технического задания	Руководитель / Исполнитель	10 / 2													
2.1	Изучение литературных данных	Исполнитель	12													
2.2	Составление литературного обзора	Исполнитель	9													
2.3	Обсуждение проработанных данных и составление плана работ с научным руководителем	Исполнитель	3				 									
3.1	Составление плана рачетов	Исполнитель	8					 								
3.2	Составление исходных данных	Исполнитель	9													
4.1	Расчет требуемой освещенности согласно СП	Исполнитель	3													
4.2	Выбор количества и места установки светильников	Исполнитель	5													

Продолжение таблицы 5.14 – Календарный план-график проведения НИОКР

4.3	Электрический расчет осветительной сети	Исполнитель	4													
4.4	Выбор защитной автоматики сети	Исполнитель	12													
5.1	Экономический расчет	Исполнитель	3													
5.2	Сравнительный расчет для альтернативного способа освещения	Исполнитель	9													
6	Разработка документации проекта	Руководитель / Исполнитель	8 / 23													
Итого, кал. дней			137*	*Руководитель – 29 кал.дней; исполнитель – 108 кал.дней.												

 - руководитель, Герасимов Д.Ю.

■ - исполнитель, Сухов А.В.

Календарная продолжительность выполнения НТИ составляет 137 календарных дней. Руководитель при этом задействован в течение 29 календарных дней (21,6 рабочих дней), исполнитель в течение 108 календарных дней (78,8 рабочих дня). Начало работ запланировано на 31 января 2022 г, окончание работ запланировано на 10 июня 2022 г. Учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, реальная продолжительность работ может быть, как меньше (при благоприятном стечении обстоятельств), так и несколько превысить указанную продолжительность (при неблагоприятном стечении обстоятельств).

На основании таблицы 5.13 построен календарный план-график, представленный в таблице 5.14. Он строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта.

#### **5.4.3 Бюджет научного исследования**

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

##### **5.4.3.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)**

В данную статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий, необходимых для выполнения научно-исследовательской работы. Расчёт стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В эту статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности). Транспортно-заготовительные расходы исключаются, поскольку все необходимые материалы были куплены в розничных магазинах канцелярских товаров. Результаты по данной статье сведены в таблицу 5.15.

**Таблица 5.15 – Сырьё, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты**

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Карандаш	2	25	50
Ручка шариковая	3	50	150
Блокнот	2	200	400
Маркер на водной основе	2	150	300
Бумага (А4) для печати	2	600	1200
Картридж для принтера	1	2000	2000
Итого по статье $C_m$			4100

#### **5.4.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

Для проведения научных работ осуществлена закупка специального оборудования.

**Таблица 5.16 – Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

№ п/п	Наименование	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Стоимость, руб.
1	Офисный пакет приложений MS Office	2	3600	7200
2	Персональный компьютер Acer Nitro 5	2	50000	50000
Итого:				57200

#### **5.4.3.3 Основная заработная плата**

При определении расходов на заработную плату необходимо опираться на трудоемкость выполняемых видов работ, а также учесть действующие оклады и тарифные ставки организации.

Состав заработной платы: оклад, стимулирующие выплаты, иные выплаты, районный коэффициент.

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату. Определяется она согласно следующей формуле:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер-исследователь
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: – выходные и праздничные дни	66	118
Потери рабочего времени: – отпуск – невыходы по болезни	56 7	28 7
Действительный годовой фонд рабочего времени	236	212

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_б \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где  $Z_б$  – базовый оклад, руб, (согласно ППС 5 ТПУ профессиональная квалификационная группа должностей научных работников и руководителей структурных подразделений (научных. ДН ДН. пкг.) имеет оклад (без учета РК) – 51800 руб)

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный порядка 30%;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия порядка 15-20 %);

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

Таким образом, месячный оклад руководителя проекта:

$$Z_m = Z_б \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 51800 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 101010 \text{ руб.}$$

Месячный оклад инженера-исследователя:

$$З_м = З_б \cdot (k_{пр} + k_д) \cdot k_p = 23800 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 44863 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д},$$

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

$М$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дней –  $М = 11,1$  месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней –  $М = 10,2$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_д$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.17) [14].

Отсюда среднедневная заработная плата руководителя:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} = \frac{101010 \cdot 10,2}{236} = 4365,7 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера-исследователя:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} = \frac{44863 \cdot 11,1}{212} = 2349 \text{ руб.}$$

Таблица 5.18 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Зб, руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_p$	Зм, руб.	Здн, руб.	$T_p$ , раб. дн.	Зосн, руб.
Руководитель	51800	0,3	0,2	1,3	101010	4365,7	21,6	94299,1
Инженер-исследователь	23800	0,3	0,15	1,3	44863	2349	78,8	185101,2
Итого								279400,3

#### 5.4.3.4 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.



Расчет дополнительной заработной платы производится по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (принимается равным 0,15);

$З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата.

Таблица 5.19 – Дополнительная заработная плата

	Руководитель	Инженер-исследователь
$З_{\text{доп}}$ , руб.	14144,9	27765,2
Итого	41910,1	

В таблице 5.20 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.20 – Заработная плата исполнителей НТИ

	Руководитель	Инженер-исследователь
$З_{\text{осн}}$ , руб.	94299,1	185101,2
$З_{\text{доп}}$ , руб.	14144,9	27765,2
$З_{\Sigma}$ , руб.	108444	212866,4
Итого по статье $C_{\text{зп}}$ , руб.	321310,4	

#### 5.4.3.5 Отчисления на социальные нужды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления в согласии с законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС) – 2,9%, пенсионного фонда (ПФ) – 20%, медицинского страхования (ФФОМС) – 5,1% от затрат на оплату труда работников.

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) [15].

Таблица 5.21 – Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Инженер-исследователь
$З_{\Sigma}$ , руб.	108444	212866,4
$C_{внеб}$ , руб.	32533,2	63859,9
Итого по статье $C_{внеб\Sigma}$ , руб.	96393,1	

#### 5.4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, которые не включенные в предшествующие статьи расходов: ксерокопирование и печать материалов исследования, оплата электроэнергии, связи, почтовые и расходы и т.д.

Расчёт накладных расходов ведётся по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = k_{\text{накл}} \cdot C_{\text{зп}};$$

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 321310,4 = 51729,7 \text{ руб.},$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, примем равным 16%.

#### 5.4.3.7 Плановая себестоимость НТИ

Рассчитанная величина затрат технического проекта составляет основу для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании до говора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку проекта.

Таблица 5.22 – Плановая себестоимость НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
Сырьё, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	4100	0,77
Специальное оборудование	57200	10,77
Затраты по основной заработной плате исполнителей	279400,3	52,64
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	41910,1	7,89
Отчисления на социальные нужды	96393,1	18,16
Накладные расходы	51729,7	9,74
<b>Плановая себестоимость НТИ</b>	<b>530733,2</b>	<b>100</b>

Анализируя затраты по каждой статье, можно сделать следующие выводы: самой большой статьёй являются затраты по заработной плате (52,64 % от плановой себестоимости проекта); второй по величине статьёй является затраты на

социальные нужды (18,16 %); значительную часть составили затраты на специальное оборудование (10,77 %).

#### 5.4.4 Организационная структура проекта

Наиболее подходящей организационной структурой является проектная. Выбор обусловлен высокой степенью неопределенности условий реализации проекта, новизной технологии, взаимозависимостью между отдельными частями проекта.

Таблица 5.23 – Выбор организационной структуры 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	Низкая	Средняя	Высокая ✓
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая ✓	Средняя	Низкая

Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 5.2.

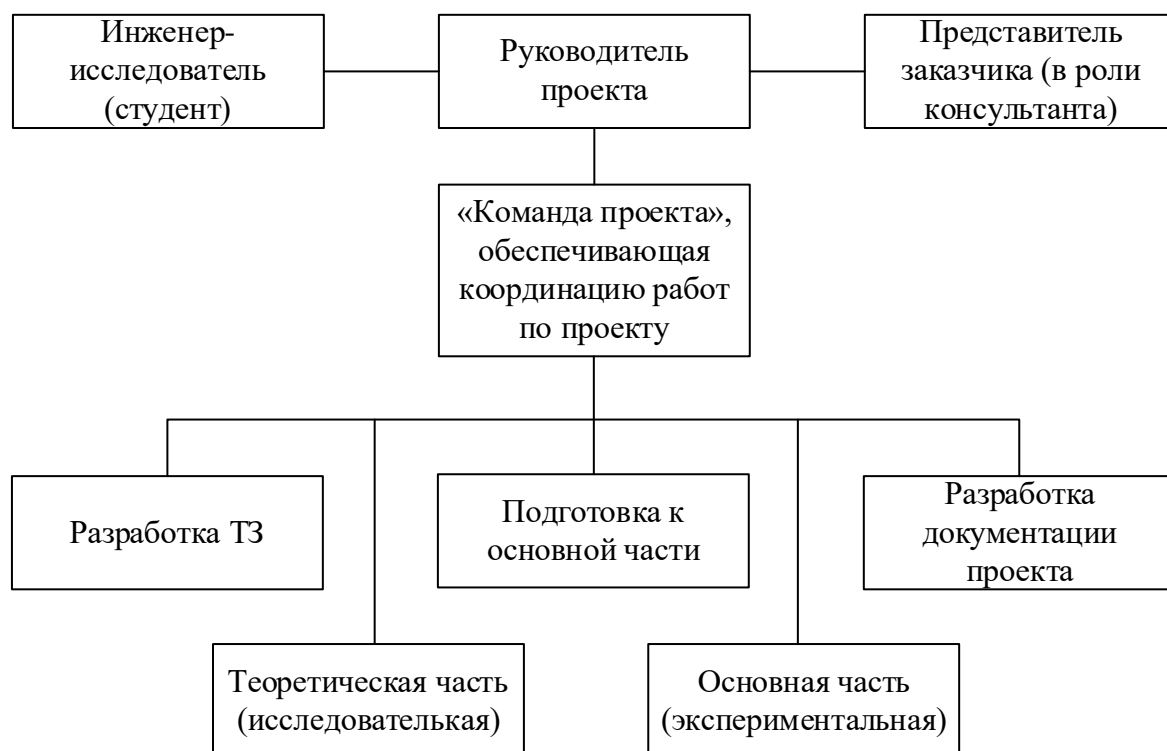


Рисунок 5.2 – Организационная структура проекта

#### 5.4.5 Матрица ответственности

В таблице 5.24 представлена матрица ответственности, предназначенная для распределения ответственности между участниками проекта.

Таблица 5.24 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Роль/должность	Роль/должность	Роль/должность
1. Разработка технического задания	(О) / к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ	-	1. Разработка технического задания
2. Теоретическая часть (исследовательская)	(О) / к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ	(И) / студент	2. Теоретическая часть (исследовательская)
3. Подготовка к основной части	(О) / к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ	(И) студент	3. Подготовка к основной части
4. Основная часть	(О) / к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ	(И) студент	4. Основная часть
5. Разработка документации проекта	(О) / к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ	(И) / студент	5. Разработка документации проекта
<i>Примечание:</i> (О) – ответственное лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход; (И) – исполнитель – лицо, выполняющее работы в рамках этапа проекта; (С) – согласующее лицо – осуществляет анализ результатов проекта и участвует в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.			

### 5.4.6 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта и представлен в таблице 5.25.

Таблица 5.25 – План управления коммуникациями

<b>№ п/п</b>	<b>Какая информация передаётся</b>	<b>Кто передаёт информацию</b>	<b>Кому передаётся информация</b>	<b>Когда передаётся информация</b>
1	Статус проекта	Исполнитель проекта	Представителю заказчика	Ежемесячно (последний день месяца)
2	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Еженедельно (четверг)
3	Документы и информация по проекту	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и контр. точек
4	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта и представителю заказчика	Не позже дня контрольного события по плану управления

### 5.4.7 Реестр рисков проекта

Реестр рисков необходим, чтобы определить возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация по данному разделу сведена в таблицу 5.26.

Таблица 5.26 – Реестр рисков проекта

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Несоответствие проекта требованиям заказчика	2	5	Высокий	Дополнительный контроль руководителем проекта, документирование программных ограничений	Недостаточный уровень квалификации исполнителя / программные ограничения среды проектирования
2	Срыв сроков предоставление информации	3	2	Средний	Предварительная проработка сроков, обмен официальными письмами (документация сроков обращения)	Загруженность заказчика, отсутствие необходимой информации
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	4	Средний	Смена ориентиров исследования (переход в формат НИР)	Отрицательные результаты НТИ, вывод из работы оборудования

## 5.5 Определение ресурсоэффективности исследования

### 5.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{оп,t}}{(1+i)^t} - I_0,$$

где  $ЧДП_{оп,t}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2 \dots n$ );

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 5.27. При расчете рентабельность проекта составляла 25%, норма амортизации – 10 %.

Таблица 5.27 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	663417	663417	663417	663417
2	Итого приток, руб.	0	663417	663417	663417	663417
3	Инвестиционные издержки, руб.	-530733	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	185757	185757	185757	185757
5	Налогооблагаемая прибыль	0	477660	477660	477660	477660
6	Налоги 20 %, руб	0	95532	95532	95532	95532
8	Чистая прибыль, руб	0	382128	382128	382128	382128
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб	-530733	435201	435201	435201	435201
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	1	1	1	0
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб	-530733	362523	302030	251546	209767
	$\Sigma$ ЧДД, руб.	1125866				
	Итого NPV, руб.	595132				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1+i)^t},$$

где  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 595132 рублей, что позволяет судить об его эффективности.



Индекс доходности ( $PI$ ) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0,$$

где: ЧДД – чистый денежный поток, руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом  $PI$  для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1125866}{530733} = 2,12.$$

Так как  $PI > 1$ , то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности ( $IRR$ ). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или  $IRR$ . Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или  $= 0$ . По разности между  $IRR$  и ставкой дисконтирования  $i$  можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе  $IRR$  к ставке дисконтирования  $i$ , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью ( $NPV$ ) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 5.28

Таблица 5.28 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-530733	435201	435201	435201	435201	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-530733	395598	359476	326836	297242	848419
	0,2	-530733	362523	302030	251546	209767	595132
	0,3	-530733	334670	257639	198017	152320	411913
	0,4	-530733	310734	221953	158413	113152	273519
	0,5	-530733	290279	193229	128384	86170	167330
	0,6	-530733	272001	169728	106189	66586	83771
	0,7	-530733	255898	145792	88346	48743	8046
	0,8	-530733	241972	134477	74419	41344	-38521
	0,9	-530733	228916	120551	63539	33510	-84217
	1	-530733	217601	108800	54400	26982	-122950

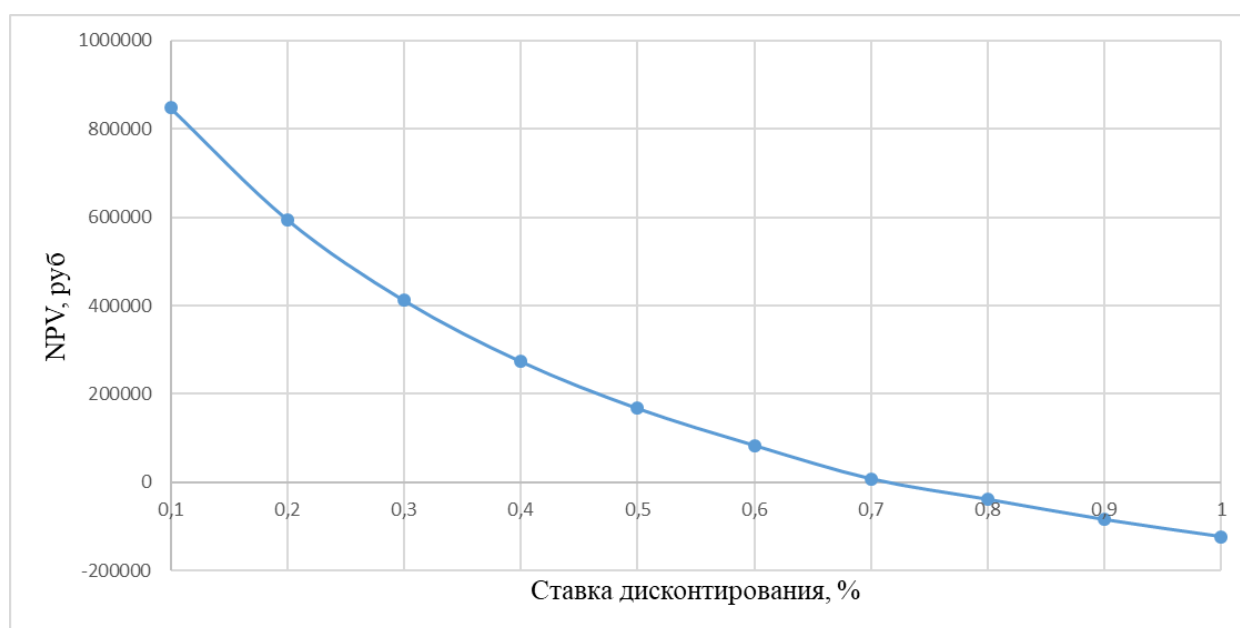


Рисунок 5.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли».

По результатам анализа графика получаем, что IRR составляет 0,72 %. Запас экономической прочности проекта:  $72\% - 20\% = 52\%$ .

Одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 5.28).

Таблица 5.28 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб	-530733,2	362522,6	302029,6	251546,3	209766,9
2	То же нарастающим итогом, руб.	-530733,2	-168210,5	133819,0	385365,3	595132,3
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DPP_{диск} = 1 + (168210,5 / 302029,6) = 1,55 \text{ года}$				

### 5.5.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования

Ресурсоэффективность технического проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путём по выбранной шкале оценивания.

Для нормального функционирования данного проекта необходимо принять ряд критериев. В данном случае целесообразно применить следующие критерии, имеющие непосредственное отношение к проекту:

- уровень новизны;
- энергосбережение;
- надежность;
- возможность реализации;
- стоимость.

После выбора критериев оцениваем их по пятибалльной шкале и определяем интегральный показатель, с помощью которого делаем вывод об эффективности использования технического проекта.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 5.29).

Таблица 5.29 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исслед. Критерии	Весовой коэффициент параметра	Светодиодные источники	Газоразрядные источники
1. Уровень новизны	0,1	5	1
2. Энергосбережение	0,4	5	3
3. Надежность	0,2	4	2
4. Возможность реализации	0,1	4	5
5. Стоимость	0,2	1	3
ИТОГО	1	3,9	2,8

$$I_{p\text{--светодиодные}} = 0,1 \cdot 5 + 0,4 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 1 = 3,9$$

$$I_{p\text{--газоразрядные}} = 0,1 \cdot 1 + 0,4 \cdot 3 + 0,2 \cdot 2 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 = 2,8$$

Показатель ресурсоэффективности проекта по пятибалльной шкале, это достаточно хорошо и говорит об эффективности использования технического проекта. Однако, у предложенного проекта слишком высокая стоимость световых

приборов по сравнению с уже имеющимися при одинаковых показателях осветительной установки

### 5.5.3 Оценка социальной эффективности исследования

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 5.30 – Критерии социальной эффективности

№	Социальные преимущества проекта искусственного освещения со светодиодными светильниками
1.	Повышение уровня работоспособности у трудящихся
2.	Уменьшение уровня производственного травматизма
3.	Улучшение самочувствия трудящихся
4.	Улучшение условий труда
5.	Улучшения микроклимата (ЛН имеют большую теплоотдачу, при замене ламп снижается температура среды)

### 5.6 Выводы по разделу

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, включающих предпроектный анализ, разработку плана по управлению научно-технических проектом, определение бюджета исследования и сравнительной оценки эффективности, сделаны следующие выводы:

- в результате проведения предпроектного анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект будет эффективным, найдены пути развития проекта для повышения эффективности;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая

- оптимально скоординировать работу исполнителей, длительность выполнения проекта составила 137 календарных дней;
- бюджет проекта составляет 570733 руб. из которых большая часть 52,6 % отведена закупке специального оборудования;
  - чистая текущая стоимость, (NPV) составила 595132 руб.; индекс доходности  $PI=2,12$ , внутренняя ставка доходности  $IRR=72\%$ , срок окупаемости  $DPP=1,55$  года.
  - оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (3,9 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

## **6 Социальная ответственность**

### **6.1 Введение**

Социальная ответственность - это ответственность организации за воздействия ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества.

Целью работы является технико-экономический расчет для применения различных источников освещения производственных помещений.

В данной главе рассматриваются правовые и организационные вопросы по обеспечению безопасности жизнедеятельности, вредные и опасные факторы, оказывающие влияние на инженера-проектировщика, а также вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Все расчёты осуществляются проектировщиком на персональном компьютере в офисном помещении площадью 15 м<sup>2</sup>. Выполнение работ ведется в положении сидя. В перечень работ входит изучение литературных источников, выполнение расчетов, связанных с темой исследования, написание исследовательской работы. В перечень оборудования рабочей зоны входит: персональный компьютер 1шт, компьютерный стол 1шт., настольная лампа 1шт., офисное кресло 1шт. Офис находится в здании 8 корпуса НИ ТПУ в г. Томске. Таким образом, рассматриваемым рабочим местом является офисное помещение.

В процессе выполнения своей работы инженер-проектировщик подвергается воздействию множества различных вредных факторов среды, влияющих на его здоровье: превышение уровня шума, повышенный уровень электромагнитных полей и др. Под воздействием этих факторов у работника появляется быстрая утомляемость, головная боль, ухудшение зрения, заболевания позвоночника, суставов. Совокупность всех факторов, влияющих на здоровье человека, называется условиями труда. Главной целью улучшения условий труда является обеспечение безопасности труда, сохранение жизни и здоровья работающих, сокращение количества несчастных случаев и заболеваний на производстве.

## **6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Целями трудового законодательства РФ являются установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан, создание благоприятных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей [16].

В соответствии со Статьей 2 Трудового кодекса РФ [16] (далее – ТК РФ) каждый работник имеет право на справедливые условия труда, в том числе на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены, права на отдых и так далее.

Работа в офисе согласно СанПиН 1.2.3685-21 относится ко второй категории тяжести труда – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Продолжительность рабочего дня работников не должна превышать 40 часов в неделю согласно Статье 91 ТК РФ [16]. Возможно сокращение рабочего времени. Для работников, возраст которых менее 16 лет – не более 24 часа в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы.

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается [16].

Оплачиваемый отпуск должен предоставляться работнику ежегодно. Ежегодный основной оплачиваемый отпуск предоставляется работникам продолжительностью 28 календарных дней [16].

Согласно Статье 21 ТК РФ [16] каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;



- получение достоверной информации об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, о мерах по защите от воздействия вредных и опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обращение с жалобой в соответствующие органы государственной власти и профессиональные союзы в связи с неудовлетворительными условиями и охраной труда;
- участие в проверке и рассмотрении вопросов, связанных с улучшением условий и охраны труда.

### **Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Рабочее место инженера, который занимается расчётами, располагается в офисном помещении. При этом его основная деятельность осуществляется посредством персонального компьютера (ПК). Основными элементами рабочего места являются: рабочий стол, рабочий стул, дисплей, клавиатура и др. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы [16].

В соответствии с ГОСТ Р 50923-96 [17] рабочее место с дисплеем должно обеспечивать оператору возможность удобного выполнения работ в положении сидя и не создавать перегрузки костно-мышечной системы.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. Рабочая поверхность стола не должна иметь острых углов и краев.

Для обеспечения физиологически рациональной рабочей позы, создания условий для ее изменения в течение рабочего дня, применяются подъемно-поворотные рабочие стулья с сиденьем и спинкой, регулируемые по высоте и

углу наклона. Поверхность сиденья должна иметь ширину и глубину не менее 400 мм. Должна быть предусмотрена возможность изменения угла наклона поверхности сиденья от 15° вперед до 5° назад. Высота поверхности сиденья должна регулироваться в пределах от 400 до 550 мм.

Дисплей на рабочем месте должен быть установлен ниже уровня глаз оператора. Угол наблюдения экрана оператором относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать 60°. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии от 100 до 300 мм от переднего края, обращенного к инженеру.

Требования к клавиатуре, согласно [18] представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Требования к клавиатуре

Наименование	Нормативные требования
Высота основного ряда клавиатуры	30-35 мм
Наклон клавиатуры	0° - 12°
Профиль клавиатуры	Профиль может быть вогнутый, наклонный, рельефный, ступенчатый или плоский.
Поверхность и физические свойства клавиатур	Видимые поверхности клавиш должны иметь матовое покрытие. Коэффициент рассеянного отражения поверхности клавиш должен находиться в интервале значений от 0,15 до 0,75. Минимальные радиусы кривизны кромок граней и углов корпуса клавиатуры должны составлять 2 мм.
Конструктивные параметры верхней поверхности клавиш	Рабочая поверхность клавиш должна быть по площади не менее 110 мм <sup>2</sup> , ширина рабочей поверхности клавиши должна составлять от 12 до 15 мм.
Величина хода клавиш	1,5 - 6 мм
Рабочий ход клавиш	2 - 4 мм
Дребезжание клавиш	Исключается повтор активации клавиши

### 6.3 Производственная безопасность

Работа за персональным компьютером (ПЭВМ) и в общем случае – работа в офисе сопровождается рядом вредных и опасных факторов, оказывающих влияние на здоровье персонала. Вышеупомянутые факторы для данного рода деятельности в соответствии с [19] приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте инженера-проектировщика

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	ГОСТ 12.1.003-2014. Шум. Общие требования безопасности
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов .
Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение» (Приказ Минстроя России от 7 ноября 2016 г. № 777/пр).
Пожароопасность	Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности

### Производственная санитария на рабочем месте

Размеры помещения должны соответствовать количеству работающих и размещаемому в нем техническому оборудованию. Предусматриваются соответствующие параметры температуры, освещения, чистоты воздуха, обеспечивают изоляцию от производственных шумов и т.д.

Согласно [21] требования относительно расстояний между столами с компьютерами и между компьютерами отсутствуют.

Пунктом 249 установлена площадь на одно постоянное рабочее место пользователей персональных компьютеров. При использовании компьютеров на базе плоских дискретных экранов площадь одного рабочего места должна быть не менее 4,5 кв.м. Соответственно при размещении столов с компьютерами, расстояние между мониторами устанавливается с соблюдением площади рабочего места.

Согласно пункту 251, компьютеры размещают таким образом, чтобы показатели освещенности не превышали установленных гигиенических нормативов.

### **Повышенный уровень электромагнитных полей**

Самыми опасными источниками излучения являются те, действие которых является наиболее продолжительными на организм человека, в нашем случае это ПК. У стандартного компьютера – это системный блок.

Параметры электромагнитных излучений и величина электростатического потенциала не должны превышать значений, установленных [22]. Требования к электромагнитным полям приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Предельно допустимые уровни синусоидального (периодического) магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	Локальном
<1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Воздействие электромагнитного излучения приводит к заболеваниям органов зрения, болезни сердечно-сосудистой системы и кожных заболеваний.

Ослабление мощности электромагнитного поля на рабочем месте, достигается путём увеличения расстояния между источником излучения и рабочим местом, установкой отражающих или поглощающих экранов между

источником и рабочим местом, размещение токоведущих элементов аппаратов и устройств в ферромагнитные оболочки кожухи.

### **Превышение уровня шума**

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается различным работающим оборудованием: осветительными приборами дневного света, кондиционерами, принтерами, а также проникает извне. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения ЭВМ. Уровень шума колеблется от 30 до 35 дБА.

Требования к значениям уровня шума [23] для проектных бюро, расчётчиков, проектных организаций приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Основными мерами для снижения уровня шума в данном случае могут являться звукоизоляция, рациональное размещение рабочих мест и оборудования, замена оборудования на менее шумное. Например, в качестве мероприятий можно предложить замену компьютерных мышей на бесшумные, а также установку охлаждающих кулеров меньшей мощности, удовлетворяющих условиям работы оборудования.

### **Недостаточная освещённость рабочей зоны**

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной

нервной системы, затрудняет проведение работ, ведёт к снижению производительности труда и может стать причиной несчастных случаев.

Нормирование освещения производится в соответствии с [23], нормы принимаются в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения и т.д. Естественное освещение нормируется с помощью коэффициента естественной освещённости (КЕО), в случае искусственного освещения нормируется величина освещённости рабочей поверхности. Для рабочей зоны инженера проектировщика нормы освещённости приведены в таблицах 6.5 и 6.6.

Таблица 6.5 – Требования к освещению рабочих мест в производственных помещениях (естественное и совмещённое освещение)

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости, и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещённое освещение	
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6

Для освещения производственных помещений широко применяются люминесцентные лампы. Они обладают повышенной световой отдачей, спектр их излучения близок к спектру естественного света. В помещениях должны быть установлены люминесцентные лампы с индексом светопередачи равным 70.

Таблица 6.6 – Требования к освещению рабочих мест в производственных помещениях (искусственное освещение)

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённость, и высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение				
		Освещённость, лк			Объединённый показатель дискомфорта UGR, не более	Коэффициент пульсации и освещённость, Кп, %, не более
		при комбинированном освещении		при общем освещении		
		всего	от общего			
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	400	200	300	21	15

Расчёт общего равномерного искусственного освещения проводится методом коэффициента светового потока. Рассчитав световой поток  $\Phi$ , зная тип лампы, можно выбрать ближайшую стандартную лампу и определить электрическую мощность всей осветительной системы.

Пусть габариты помещения следующие: длина  $l = 3$  м, ширина  $B = 5$  м, высота  $h = 2,5$  м.

Тогда площадь помещения:

$$S = l \cdot B = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}^2.$$

Примем, что в помещении светильники расположены по схеме прямоугольника. Свес светильника примем 0 м, следовательно высота подвеса светильников  $H_p = 2,5$  м.

Наилучшее расстояние между люминесцентными светильниками с защитной решёткой:

$$\frac{L}{H_p} = 1,1;$$

где  $L$  – расстояние между светильниками, м.

$$L = 1,1 \cdot H_p = 1,1 \cdot 2,5 = 2,75 \text{ м}.$$

Выполним расчёт требуемого количества светильников.

Количество рядов

$$N = \frac{B}{L} = \frac{5}{2,75} = 1,8 \approx 2,$$

где  $B$  – ширина помещения, м;

$L$  – расстояние между светильниками, м.

Количество светильников в ряду определим как

$$M = \frac{l}{L} = \frac{3}{2,75} = 1,09 \approx 2,$$

где  $l$  – длина помещения, м;

$L$  – расстояние между светильниками, м.

Тогда общее число светильников

$$n = N \cdot M = 2 \cdot 2 = 4.$$

В данном помещении установим 2 ряда светильников по 2 светильника в каждом ряду.

Световой поток согласно [7]

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta},$$

где  $E_n$  – нормированная минимальная напряжённость, согласно [7] принятая равной 400 лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещения с малым выделением пыли принимаем равным 1,5;

$z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{cp}/E_{min}$ . Для люминесцентных ламп при расчётах принимается равным 1,1;

$n$  – количество светильников в помещении (одна лампа на один светильник);

$\eta$  – коэффициент использования светового потока, зависящий от индекса помещения  $i$ , типа светильника, коэффициентов отражения потолка – примем свежепобеленный ( $\rho_n = 70\%$ ) и стен – примем свежепобеленные с окнами без штор ( $\rho_c = 50\%$ ).



Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{H_p(l+B)} = \frac{15}{2,5 \cdot (3+5)} = 0,4.$$

Согласно [7] и с учетом расчётов выше, принимаем коэффициент использования светового потока  $\eta = 31\%$ .

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,31} = 7983,87 \text{ лм.}$$

По [7] выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 125 Вт с потоком 8150 лм. Проведём проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем:  $-10\% \leq 2,04\% \leq +20\%$ .

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 4 \cdot 125 = 500 \text{ Вт.}$$

**Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Поражение электрическим током является опасным фактором и вызывается при замыкании цепи через тело человека в случае прикосновения к токоведущим частям. Согласно [24], по опасности поражения электрическим током помещение относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетокведущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

## **6.4 Экологическая безопасность**

### **6.4.1 Защита атмосферы**

Поскольку рассматриваемым рабочим местом является офисное помещение, предположим, что инженер-проектировщик вынужден добираться до места работы на личном или общественном транспорте. Очевидно, что самым распространённым средством передвижения является автомобильный транспорт, и, исходя из этого предположения, примем его в качестве источника загрязнения атмосферного воздуха.

Самыми распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются: оксид углерода CO, диоксид серы SO<sub>2</sub>, оксиды азота NO<sub>x</sub>, углеводороды C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> и пыль.

Цель защиты атмосферы от вредных выбросов сводится к обеспечению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и приземном слое атмосферы, равных или менее ПДК.

В таблице 6.7 приведены некоторые ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

Таблица 6.7 – ПДК некоторых веществ

Наименование вещества	Формула	Предельно допустимые концентрации, мг/м <sup>3</sup>			Направленность биологического действия загрязняющего вещества - лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
		Концентрация, предотвращающая раздражающее действие, рефлекторные реакции, запахи при воздействии до 20-30 минут - максимальная разовая	Концентрация, обеспечивающая допустимые уровни риска при воздействии не менее 24 часов - средне-суточная	Концентрация, обеспечивающая допустимые уровни риска при хроническом (не менее 1 года) воздействии - среднегодовая		
Углерода оксид	CO	5,0	3,0	3,0	рез.	4
Азота диоксид	NO <sub>2</sub>	0,2	0,1	0,04	рефл.-рез.	3
Сера диоксид	O <sub>2</sub> S	0,5	0,05	-	рефл.-рез.	3
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,3	0,06	0,005 <sup>6</sup>	рез.	2
Примечание: рефл. - рефлекторное действие; рез. - резорбтивное действие; рефл.-рез. - рефлекторно-резорбтивное действие.						

Автомобили работают на топливе, содержащим большое количество нефтепродуктов, при сгорании которых выделяются вещества, загрязняющие воздух. Выбросы вредных веществ от автомобильного транспорта включает в себя: оксид углерода CO, оксиды азота, углекислый газ, взвешенные вещества. Наибольшую опасность представляют оксиды азота, т.к. они оказывают самое негативное влияние на организм человека [25].

Наиболее перспективным способом уменьшения концентрации вредных выбросов является замена бензинового топлива газовым, что существенно улучшит качество атмосферного воздуха. Еще одним решением является создания парковых зон вблизи крупных магистралей и многоярусное озеленение в местах, где создание парковых зон невозможно. Так же существуют варианты

защиты атмосферного воздуха от автомобильных выбросов при помощи создания барьерных фильтров, представляющих собой системы скверов и парков, для городов с различным ландшафтом.

#### **6.4.2 Защита литосферы**

Предполагаемым источником загрязнения литосферы являются компоненты вышедшей из строя компьютерной и организационной техники. Они содержат токсичные вещества и представляют угрозу как для человека, так и для окружающей среды. Выброшенные на свалку вместе с остальным мусором компоненты отравляют почву, поэтому компьютерная техника требует специальных комплексных методов утилизации [26]. Переработка отходов электронной промышленности осуществляется путём разделения на отдельные однородные компоненты, выделения химическими методами ценных для дальнейшего использования компонентов, направления их для повторного использования.

#### **6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайной ситуацией (ЧС) называют состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей среде [27].

Возможными ЧС на рабочем месте являются пожар, внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения, угроза пандемии.

Внезапное обрушение зданий – это ЧС, возникающая по самым разным причинам. Внезапное обрушение приводит к длительному выходу здания из строя, возникновению пожаров, разрушению коммунально-энергетических сетей, образованию завалов, травмированию и гибели людей.

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения создают существенные трудности жизнедеятельности, особенно в холодное время года. Аварии на электроэнергетических системах могут привести к долговременным

перерывам электроснабжения потребителей. Аварии на канализационных системах способствуют массовому выбросу загрязняющих веществ и ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки. Аварии в системах водоснабжения нарушают обеспечение населения водой или делают воду непригодной для питья. Аварии на тепловых сетях в зимнее время года приводят к невозможности проживания населения в не отапливаемых помещениях и его вынужденной эвакуации.

Угроза пандемии является ЧС биолого-социального характера. Под пандемией подразумевают болезнь, принявшую массовый характер, поражающую значительную часть всего населения. Наилучшими превентивными мерами являются соблюдение социальной дистанции, ношение защитной маски, дезинфекция поверхностей, самоизоляция.

Наиболее типичной ЧС ввиду особенностей производственной среды является пожар в результате короткого замыкания. Они возникают из-за перенапряжений в сети, поврежденной изоляции. Особенно часто по этой причине пожары случаются в зданиях со старой проводкой или нарушениями правил ее эксплуатации. Выключатели, розетки, техника с поврежденной изоляцией или неисправные приборы – еще одна частая причина возгораний на рабочем месте.

К основным видам техники, предназначенной для защиты объектов от пожаров, относятся средства сигнализации и пожаротушения. Пожарная сигнализация должна быстро и точно сообщать о пожаре с указанием места его возникновения. Наиболее надёжной системой пожарной сигнализации является электрическая пожарная сигнализация. Такая система сигнализации включает пожарные извещатели, установленные в защищаемых помещениях и включенные в сигнальную линию; приёмно-контрольную станцию, источник питания, звуковые и световые средства сигнализации, а также автоматические установки пожаротушения и дымоудаления.

При возгорании или возникновении пожара следует немедленно начать эвакуацию людей, отключить подачу воздуха по системе вентиляции, обесточить

помещение и вызвать пожарную охрану по телефонному номеру 01 или 112. При эвакуации следует не создавать паники и двигаться в соответствии с планом эвакуации.

Для пожаротушения в помещениях используют автоматические огнегасительные устройства. Наиболее широкое распространение получили установки, которые в качестве распределительных устройств используют спринклерные или дренчерные головки.

При защите помещений с вычислительной техникой следует учитывать специфику взаимодействия огнетушащих веществ с защищаемым оборудованием, изделиями и материалами. Указанное помещение следует оборудовать хладоновыми и углекислотными огнетушителями.

### **Вывод по главе**

В данном разделе были рассмотрены организационные и правовые вопросы обеспечения безопасности труда человека при выполнении работ, определены опасные и вредные факторы, влияющие на жизнь и здоровье человека, а также методы и средства для уменьшения их негативного влияния. Представлен расчет освещенности рабочей зоны. Рассмотрены основные чрезвычайные ситуации, причины их возникновения и меры предотвращения.

Рабочее пространство соответствует требованиям производственной санитарии и содержит 3 рабочих места, при допустимом значении 3,33 на 15 м<sup>2</sup>.

В общем случае излучение от всех источников электромагнитных волн во время рабочего дня не должно превышать 100 мкТл.

Согласно санитарным нормам, предельно допустимый уровень шума на работе рассчитывается по формуле, учитывающей характер шума (временный, постоянный, прерывистый и т.д.), категорию напряженности трудового процесса и другие параметры. В среднем уровень шума не должен превышать 70 децибел. Что соответствует фактическому значению шума в офисе.

По расчетам общего равномерного искусственного освещения, выбранные лампы соответствуют допустимым стандарта освещения.

Офисные помещения являются помещениями без повышенной опасности поражения электрическим током, имеются защитные заземления, автоматические выключатели. Офисным работникам присваивается I группа по электробезопасности. По тяжести, офисная работа относится к категории Ia-Iб (работы, выполняемые сидя или стоя с незначительными физическими нагрузками). Офисы относятся к категории В и считаются пожароопасными. Такая классификация связана с наличием в офисных помещениях горючих и трудногорючих материалов и веществ, которые при контакте с воздухом горят без образования взрывоопасных смесей. Офис является объектом IV категории по негативному воздействию на окружающую среду.

### Список используемой литературы

1. Теоретические основы и светотехнические расчеты производственного освещения : учеб. пособие / С. В. Кудашев, Е. Э. Нефедьева, Г. А. Севрюкова, Т. И. Даниленко, В. Ф. Желтобрюхов; под ред. В. Ф. Желтобрюхова; ВолгГТУ. – Волгоград, 2015. – 120 с.
2. Проектирование и расчет систем искусственного освещения: учебное пособие / авт.-сост. В. В. Гоман, Ф.Е. Тарасов ;Мин-во образ. РФ, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», Уральский энерг. ин-т. – Екатеринбург: УрФУ, 2013 – 76 с.
3. Оценка и повышение эффективности работы осветительных установок промышленных предприятий / В.А. Анищенко [и др.]. – Минск :БНТУ, 2014. – 218 с.
4. Исследование ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг» в рамках реализации Международного проекта ПРООН/ГЭФ/Минэнерго России "Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения" по заказу Минпромторга России и Минэнерго России. – Москва, 2016 г.
5. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция .
6. Кнорринг, Г. М. Осветительные установки / Г.М. Кнорринг - Л.: Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1981.
7. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.
8. Тищенко, Г. А. Осветительные установки / Г.А. Тищенко - М.: Высшая школа, 1984.
9. Оболенцев, Ю.Б. Электрическое освещение общепромышленных помещений / Ю.Б. Оболенцев, Э.Л.Гиндин – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.
10. ГОСТ16442-80. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией



11. Козловская, В. Б. Электрическое освещение. Справочник / В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. — Минск, 2007. — 122с.
12. Мешков, В. В. Основы светотехники: Учеб. пособие для вузов. Ч. 1. - 2-е изд., перераб. / В.В. Мешков - М.: Энергия, 1992. - 368 с., ил.
13. Гаврикова, Н. А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н. А. Гаврикова, Л. Р. Тухватулина, И. Г. Видяев, Г. Н. Серикова, Н. В. Шаповалова. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
14. Положение об оплате труда ТПУ. Профессиональная квалификационная группа должностей научных работников и руководителей структурных подразделений (без учета РК). — Текст : электронный // Томский политехнический университет : [сайт]. — URL: <https://www.tpu.ru/search?query=оклад+ППС+5+дн> (дата обращения: 24.05.2022).
15. Тарифы страховых взносов. — Текст : электронный // КонсультантПлюс : [сайт]. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93256](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93256) (дата обращения: 24.05.2022).
16. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).
17. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
18. ГОСТ Р 50923-96 Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
19. ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009 Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре.
20. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

21. СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда".
22. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
23. ГОСТ 12.1.003-2014. Шум. Общие требования безопасности.
24. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
25. Пепина Л. А., Созонтова А. Н. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом. Петербургский политехнический университет Петра Великого / Санкт-Петербург, 2017. С. 100.
26. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.
27. Назаренко О. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск, 2013. – 178 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Technical and economic aspects of the use of various sources of an artificial lighting in industrial enterprises

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Сухов Александр Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Герасимов Дмитрий Юрьевич	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Демидова Ольга Михайловна	-		

## 1. Literature review

### 1.1 Basic lighting quantities and units of measurement

Part of the electromagnetic spectrum with wavelengths of 10-340000 nm is called the range of the optical radiation:

- ultraviolet radiation - 10-380 nm;
- visible radiation - 380-770 nm;
- infrared radiation - 770-340000 nm.

Lighting is characterized by quantitative and qualitative indicators. Quantitative indicators include: luminous flux, light intensity, illumination and brightness.

The part of the radiant flux that is perceived by human eyesight is called the luminous flux  $F$  and is measured in lumens (lm).

Luminous flux  $F$  – characterizes the power of light radiation.

The unit of luminous flux - lumen (lm) - luminous flux emitted by a point source with a solid angle of 1 steradian with a light intensity of 1 candela.

The luminous flux is defined as a quantity not only physical, but also physiological, since its measurement is based on visual perception.

All light sources emit light flux into space unevenly; therefore, the spatial distribution of the light flux is introduced as the light intensity  $I$ .

The luminous intensity  $I$  is defined as the ratio of the luminous flux  $dF$  emanating from the source and spreads uniformly inside the elementary solid angle  $d$  to the value of this angle.

$$I = dF / d.$$

Candela (cd) was taken as the value of the light intensity.

One candela is the intensity of the light emitted from a surface of  $1 / 6 \cdot 105 \text{ m}^2$  of total radiation in the perpendicular direction at the solidification temperature of platinum (2046.65 K) at a pressure of 101325 Pa.

Illumination  $E$  is the ratio of the luminous flux  $dF$  incident on the surface element  $dS$  to the area of this element.

$$E = dF / dS$$

The unit of illumination is lux (lux).

The brightness  $L$  of the surface element  $dS$  at an angle relative to the normal of this element is  $A$ , the ratio of the light intensity in a given direction to the projection area of the radiating surface onto a plane perpendicular to this direction of radiation.

The reflection coefficient characterizes the ability to reflect the light flux falling on it. It is defined as the ratio of the light flux reflected from the surface to the flux falling on it.

The main quality indicators of lighting include the ripple coefficient, the rate of blinding and discomfort, the spectral composition of light.

To assess the conditions of visual form of work, there are such characteristics as the background, the contrast of the object with the background, the visibility of the object.

## **1.2 Sources of artificial lighting and lighting fixtures**

In industrial premises, incandescent, diode, fluorescent, gas-discharge and halogen lamps, as well as their various modifications, can be used as sources of artificial lighting. The following requirements are imposed on artificial lighting sources: lighting must be optimal in size, stable (according to changes in lighting performance under operating conditions), evenly distributed over the area of the production room, provide the required brightness in the field of view and meet the requirements of electrical, fire and explosion safety; the spectrum of light should be close to the sun; light fixtures should not create sharp shadows on work surfaces; light installations must exclude glare, be convenient for installation and operation, and also be durable and cost effective.

### **1.2.1. Incandescent lamps**

The principle of operation of incandescent lamps is based on the thermal effect of electric current (a tungsten lamp filament twisted into a spiral and located in a neutral atmosphere, heated to 2500-2700 ° C, emits a luminous flux), are currently the most popular light source. In 2015, the share of incandescent lamps amounted to 52% of the market in quantitative terms in Russia.

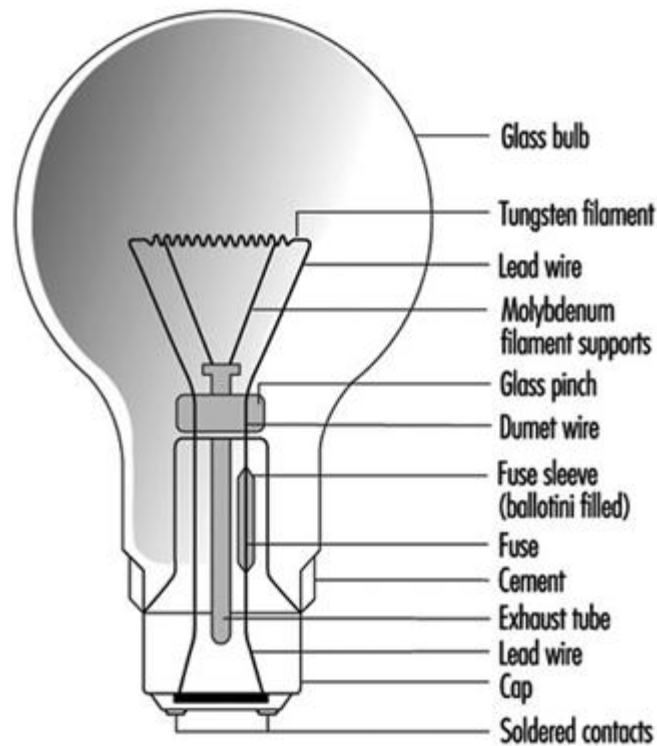


Figure 1- The structure of an incandescent lamp.

Their main advantages: a wide range of capacities, voltages and types, adapted to specific application conditions; direct connection to the network without additional devices; ability to work with significant deviations of the voltage from the nominal; almost complete independence from environmental conditions (up to the ability to work immersed in water) including temperature, compactness.

The disadvantages of incandescent lamps include: low energy efficiency (visible radiation is less than 4% of electricity consumed); infrared rays predominate in the spectrum of light; a change in the direction of reducing light flux and efficiency during operation; high temperature on the surface of the flask (up to 250 - 300 °C in 10-12 minutes after switching on), short service life (up to 1000 hours) and its sharp decrease with slight excesses of the supply voltage.

### 1.1.1 Halogen lamps

A halogen lamp is a type of incandescent lamp. Adding bromine or iodine halogens to the buffer gas increases the lamp life to 2000–4000 hours. At the same time, the operating temperature is approximately 3000 K. The efficiency of halogen lamps reaches 28 lm / W.

Iodine (together with residual oxygen) enters into a chemical compound with evaporated tungsten atoms.



Figure 2 - Halogen lamp

This process is reversible - at high temperatures, the compound decomposes into its constituent substances. Tungsten atoms are released in this way either on the spiral or near it.

The addition of halogens prevents the deposition of tungsten on glass, provided that the glass temperature is more than  $250^{\circ}\text{C}$ . Due to the lack of blackening of the bulb, halogen lamps can be manufactured in a very compact form. The small volume of the flask allows, on one hand, using a larger working pressure (which leads to a decrease in the rate of evaporation of the spiral) and, on the other hand, to fill the flask with heavy inert gases without a significant increase in cost, which leads to a decrease in energy loss due to thermal conductivity. All this lengthens the life time of halogen lamps and increases their efficiency. The halogen cycle of a tungsten-halogen lamp is shown in Fig. 3.

The main point in the halogen cycle is to maintain the minimum temperature of the flask wall at  $250^{\circ}\text{C}$ , which is necessary so that the tungsten halogen remains in a gaseous state and does not precipitate on the flask wall. This temperature means that we are talking about flasks made of quartz, not glass. Quartz allows you to reduce the size of the flask.

Due to the high temperature of the flask, any surface contamination (for example, fingerprints) quickly burn out during operation, leaving blackening. This leads to local increases in the temperature of the flask, which can cause its destruction. Therefore the flasks are made of quartz.

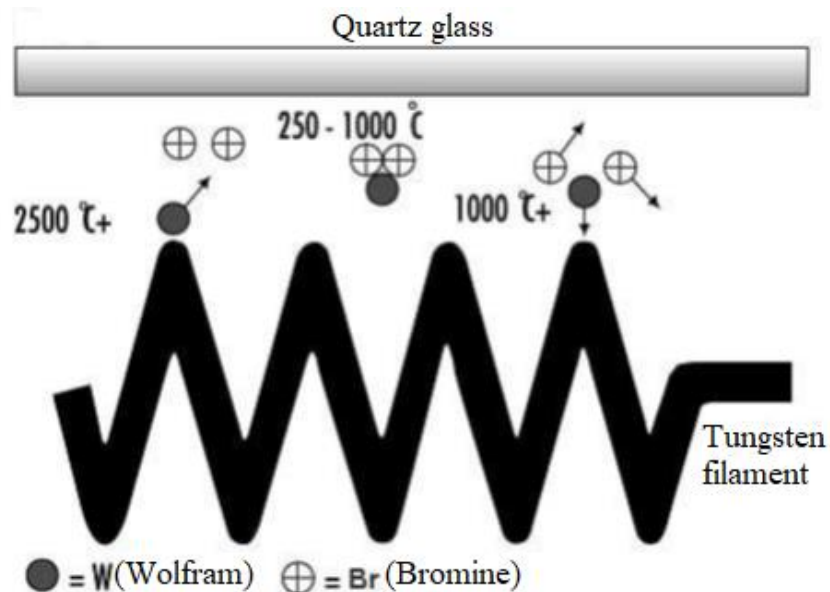


Figure 3 - Tungsten-halogen cycle

Most tungsten-halogen lamps have a longer service life than similar incandescent lamps, and the filament operates at a higher temperature, giving more whiterlight. Tungsten-halogen lamps have become popular where the main requirements are small size and high performance.

### 1.1.1 Gas discharge lamps

In gas discharge light sources, radiation of the optical spectrum range arises as a result of an electric discharge in an atmosphere of inert gases, metal vapors, or mixtures thereof.

The term gas discharge means the totality of phenomena that occur in a gas when an electric current is passed through it.

There are several types of electrical discharge. Light sources mainly use glow (low currents) and arc (high currents) discharges.

The nature and intensity of radiation in a gas discharge depends on the pressure in the lamp.



At low pressure radiation is determined by transitions between the energy levels of individual atoms and the spectrum is linear in nature.

With increasing pressure up to 1 atm, the lines of the spectrum expand, the spectrum becomes striped.

Advantages of discharge lamps:

- higher service life;
- have significantly greater brightness than a lamp incandescent;
- may have a linear spectrum with the arrangement of lines in any part of the optical range;
- the possibility of creating short flashes with high power.

Disadvantages of discharge lamps:

- the linear spectrum of discharge lamps does not allow using them as a light source;
- Gas discharge lamps are characterized by ripple luminous flux and the associated stroboscopic effect that is dangerous to people;
- There is a need to use balance sheet devices
- The ignition voltage of the gas discharge higher than the working lamp voltage;
- Long lamp ignition period.

Low-pressure discharge lamps have a discharge bulb 1 in the form of a glass tube, at the ends of which pin current leads 5 are mounted in the lamp bases 4 (Fig. 4.). In both lamp bases 4 through the glass legs 2, the oxidized electrodes 3 are soldered, made in the form of a monospiral of tungsten.

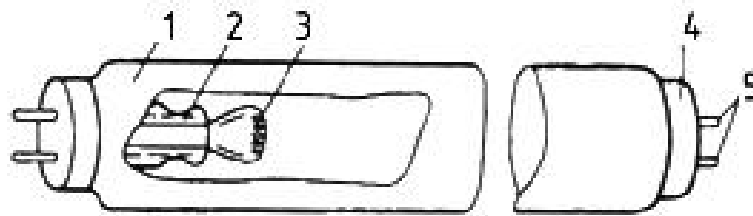


Figure 4 - The device of a tubular discharge lamp of low pressure: 1 - bulb; 2 - a glass leg; 3 - spiral electrode; 4 - base; 5 - pin current leads

For lighting lamps, the inner part of the bulb made of ordinary glass, which does not transmit UV radiation, is coated with a layer of phosphor. The internal volume of the flask is filled with argon and a small amount of mercury. An electric discharge in a lamp begins in an atmosphere of an inert gas of argon, and then, as the mercury evaporates, it continues in its vapor.

### **1.1.2 Luminescent radiation sources**

Luminescence is the ability of certain substances to radiate energy accumulated within an atom during the transition of electrons from higher energy levels to lower ones. Phosphor - a substance that contains atoms which can be excited.

The fluorescent lamp (Fig. 5) is made in the form of a glass tube, at the ends of which electrodes are soldered. The discharge occurs in an argon atmosphere (400 Pa) with an admixture of mercury vapor. The inner surface of the tube is covered with a thin layer of phosphor, which, absorbing short-wave radiation, emits a continuous spectrum. Part of the gas discharge radiation passes through the phosphor powder. Light output 45-90 lm /W.



Figure 5 – Fluorescent lamp

The marking of low pressure fluorescent lamps contains an alphabetic designation starting with the letter L (luminescent) and the second letter that reveals the features of its emission spectrum: W - white, WW - warm white, CW - cold white, D - daylight, N - natural, WN - white natural, CN - cold natural. C - with enhanced color rendering, UV - ultraviolet, P - photosynthesis, R - reflex, U - U - shaped.

Numbers that follow after the letters indicating the lamp power in watts and after hyphen is coming the serial development number.

### **1.1.3 High-pressure mercury lamps**

Mercury arc lamps (Fig. 6) - high-pressure gas-discharge mercury lamps, used for street lighting and lighting of large production areas. They are used in AC networks with voltage of 220 V and frequency of 50 Hz. Mercury arc lamps are switched on via electronic starting control devices. Their design uses an arc discharge in an atmosphere of gases and mercury vapor at high pressure (0.3-1.5 MPa).

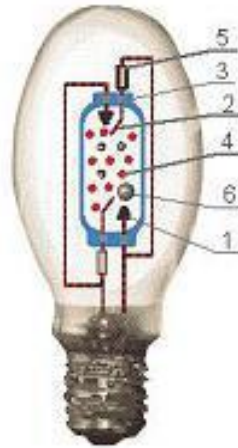


Figure 6 - High-pressure mercury lamps: 1 - main electrodes; 2 - ignition electrodes; 3 - inputs of electrodes; 4 - buffer gas (argon - serves for initial ionization and obtaining an arc discharge); 5 - posistors (used to limit the glow discharge current on ignition electrodes); 6 - mercury (serves to change the gradient of the potential in the discharge)

The discharge occurs in an internal argon-filled flask. The emission spectrum consists of ultraviolet, blue and green visible spectrum. The components of the red region of the spectrum are completely absent. The phosphor layer on the inner surface of the outer bulb converts the ultraviolet component into light from the red part of the spectrum.

The process of ignition of Mercury arc lamps after switching on lasts about seven minutes, the disappearance of voltage leads to the extinction of the lamp. It is impossible to light a hot lamp; the lamp must be completely cooled.

Advantages of high pressure mercury lamps:

- high light output (up to 65 lm / W);
- compactness, with high unit power (up to 1 kW);
- ability to work at below zero temperatures;
- long service life (up to 20 thousand hours).

Disadvantages of high pressure mercury lamps:

- low (incorrect) color rendition
- ripple of the light flux
- criticality to voltage fluctuations

- long ignition process.
- some complexity of installation and maintenance.

#### **1.1.4 Metal halide lamps**

The principle of operation of modern metal halide lamps (MHL) is basically the same as for all gas-discharge lamps: the luminous substance here is the plasma of electric arc discharge, and the main elements filling the gas-discharge tube are mercury (Hg) and argon (Ar).

However, in addition to these components, in the gas medium of the MHL there are halides of certain metals, the ionized atoms of which at high discharge temperature create optical radiation of increased intensity.

Of course, this reduces the cost of paying for electricity and the installation of light fixtures that use metal halide lamps, since in order to provide the necessary level of illumination, they require a much smaller number of lamps, and in themselves they are much more economical than other halogen light sources. The undoubted advantages that metal halide lamps have, it is also necessary to include their low heat dissipation, long service life, good color rendering. In this case, depending on the combination of the halides used and the discharge temperature, various color effects can be achieved. The glow can be either bright white or bluish or have many other color shades.

Metal halide lamps (for example mercury arc with radiating additives) have the following characteristics:

- improved color rendering with 1.5-2 times increased light output by compared with mercury arc lamps (up to 100 lm / W);
- shorter burning time (up to 10 thousand hours).

#### **1.1.5 LEDs**

A light emitting diode or light emitting diode (LED) is a semiconductor device that emits light when an electric current is passed through it. Electrical energy is converted into optical radiation energy based on the phenomenon of injection electroluminescence occurring in a semiconductor crystal with a p-n junction or heterojunction or in a metal-semiconductor contact. The emitted light lies in a narrow

part of the spectrum, its color characteristics depend on the chemical composition of the semiconductor used in the LED.



Figure 7 - Simplified form of LED structure

When electric current is transmitted in the forward direction, electrons are injected from the n-type semiconductor into the region with p-conductivity, where the main charge carriers are electron holes. The minority carriers (electrons) injected from the **p-n** junction recombine with the main ones (electron holes) with the emission of photons. In a similar way, electron holes are injected into the n-conduction region and radiation is produced when they recombine with electrons.

Not all semiconductor materials effectively emit light during recombination. Good emitters are, as a rule, direct-gap semiconductors of the AIII BV type (for example, GaAs or InP) and AII BVI (for example, ZnSe or CdTe).

By varying the composition of semiconductors, it is possible to create LEDs for all kinds of wavelengths from ultraviolet (GaN) to mid-infrared (PbS). Due to the development of silicon technology, work is underway to create silicon-based light-emitting diodes.

Features of LED lamps:

- striped spectrum, The width of the stripe 20-50nm;
- radiation in the range of 360-950 nm;
- high light output up to 100 lm / W (red), and up to 80 lm / W (green);
- the ability to get any shade of light.

## Lighting fixtures

The luminous flux of most light sources in space spreads in all directions. For rational lighting of a room or open space, it is usually necessary to distribute the luminous flux of the light source in a very definite way: direct it down (in the lower hemisphere) or up (upper hemisphere), in some cases distribute it more evenly over a large area, in others - concentrate in a small area (workplace), etc. For such a redistribution of light flux, lighting fixtures are used.

The main purpose of lighting fixtures is to redistribute the luminous flux of the light source. In addition, it protects the eyesight of working from excessive brightness of light sources, protects the lamp from mechanical damage, protects the cavity location of the light source and the cartridge from environmental influences, serves for mounting the light source, wires, electronic starting control devices (for gas discharge sources) and other structural units and details of the light device.

Lighting fixtures are designed to use a lamp of a certain power, permissible for a given type of light fixture.

There are two groups of lighting devices: short-range (luminaires) and long-range (spotlights).

A lamp is a short-range lighting device consisting of a light source (lamp) and fixtures.

According to GOST 13828 -74 "Lamps. Types and designations" luminaires are classified according to a number of signs: the nature of light distribution, the shape of the light intensity curve, the type of light source, the installation method, protection against environmental influences, intended use, etc.

In addition to light intensity curves, the most important lighting characteristics are the protective angle and the efficiency of the lamp.

The protective angle of the lamp  $\eta$  is the angle within which the observer's eye is protected from the glare of the bright parts of the lamp. Usually the protective angle of the lamp is determined by the angle formed by the horizontal passing through the center of the luminous body of the lamp and the line tangent to the luminous body of the lamp and the edge (edge) of the reflector or opaque screen.

In luminaires with fluorescent lamps, two protective angles are distinguished - in the longitudinal and transverse plane of the lamp.

Standards set the minimum value of the protective angle of the luminaire which is  $15^\circ$  for luminaires with incandescent lamps, mercury and fluorescent lamps.

The protective angle is taken into account when establishing the optimal suspension height of the lamp.

Due to the loss of the luminous flux of the light source in the reflector, diffuser and other structural parts of the fixture of the luminaire, the luminous flux  $F_l$  coming out of the luminaire will be less than the luminous flux of the source  $F_s$ . The percentage of these light fluxes is called the efficiency of the lamp:

$$\eta_l = (F_l / F_s) \times 100.$$

if several lamps are placed in the luminaire, then  $F_s$  is the sum of the flows of all the lamps.

The efficiency of the lamp characterizes its effectiveness modern standard fixtures its value ranges from 60-80%.

In addition to meeting the specified lighting requirements, the luminaire must work long and reliably in the specific real conditions of production facilities and open areas.



## **Conclusion**

The first chapter provides theoretical data on various sources of an artificial lighting used in industrial enterprises.

In industrial premises, incandescent, diode, fluorescent, gas-discharge and halogen lamps, as well as their various modifications, can be used as sources of artificial lighting.

It should be noted that in a production environment, the preservation of a person's vision, the state of his central nervous system, productivity, quality and safety of work depend to a large extent on workplace lighting. The importance of artificial lighting systems is also evidenced by the fact that about 10-12% of all generated electricity is spent on lighting. Therefore, the following requirements are put forward to artificial lighting sources: it must be optimal in size, stable (according to changes in lighting performance under operating conditions), evenly distributed over the area of the production room, provide the required brightness in the field of view and meet the requirements of electrical, fire and explosion safety; the spectrum of light should be close to the sun; light fixtures should not create sharp shadows on work surfaces; light installations must exclude glare, be convenient for installation and operation, and also be durable and economically determined.