

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 12.04.02 «Оптотехника»
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Адресные таблички с автономной подсветкой

УДК 681.848.2:621.383

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ6А	Саттыбаев Дархан Ермакович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЛИСТ	Зыков Илья Юревич	к. ф.-м. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально- гуманитарных наук	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения контроля и диагностики	Назаренко Ольга Браниславовна	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код резул ьтата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способность формулировать цели, задачи научного исследования или разработки в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность выделять и обосновывать критерии, на основании которых формируются модели принятия решений, составлять план работ, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи
P2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов
P3	Способность к профессиональной оценке проблем проектирования в области светотехники, оплотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы
P4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности
P5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов
P6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения

P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов
P11	Способность к оценке современного состояния развития науки и техники, владение иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P12	Способность к сбору сведений, анализу и систематизации знаний об исследуемом объекте

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) 12.04.02 «Оптотехника»

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП «Оптотехника»
ОМ ИШНПТ

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ6А	Саттыбаев Дархан Ермакович

Тема работы:

Адресные таблички с автономной подсветкой

Утверждена приказом директора (дата, номер)

25.04.2018г. №2952/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

- Светотехнические журналы и монографий по выбранной теме

- Информационные данные из интернета

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Освоение программы “Solidworks”, “Dialux” 2. Рассмотрение вопросов конструирования адресных табличек 3. Определение параметров (размер, уровень освещение, мощность и тд.) 4. Разработка адресной таблички (светотехнические части, конструкция, элементного состава, оптерделение дизайна)
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Эскиз адресной таблички, макет.</p>
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Е.В., Доцент отделения социально-гуманитарных наук
Социальная ответственность	Назаренко О.Б., Профессор отделения контроля и диагностики
Разделы, выполненные на иностранном языке	Ажель Ю. П., Старший преподаватель отделения иностранных языков

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
<p>История и современная состояния адресных табличек, обзор и история создания светодиодов.</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зыков И.Ю.	к.ф-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ6А	Саттыбаев Дархан Ермакович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ6А	Саттыбаев Дархан Ермакович

Институт	ИШНПТ	Отделения	Материаловедения
Уровень образования	Магистр техники и технологии	Направление/специальность	12.04.02 Оптотехника

Исходные данные к разделу «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Потенциальные потребители результатов НИИ</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации установки 10% Норма амортизации ПК 33,3</i>
<i>3. Использование систем налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные страховые фонды, которые составляют 30 %.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	<i>SWOT-анализ НИИ, разработка иерархической структуры проекта</i>
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Проект выполняет в рамках магистерской диссертации, устав не требуется.</i>
<i>3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Разработка календарного плана и бюджета научного исследования.</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение целесообразности и эффективности НИИ: оценка рисков и научно-технического уровня исследования, оценка ресурсоэффективности проекта</i>

Перечень графического материала:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Карта сегментирования рынка 2. Иерархическая структура работ 3. SWOT -анализа проекта 4. Диаграмма Ганта 5. Смета затрат на научно-исследовательскую работу
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ6А	Саттыбаев Дархан Ермакович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ6А	Саттыбаеву Дархану Еркемовичу

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Магистр техники и технологии	Направление/специальность	12.04.02«Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования</p> <p><i>1. 1 Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p><i>Рабочим местом является отдельное помещение (научная лаборатория).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Вредные факторы: отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровней шума, вредные вещества.</i> – <i>Опасные факторы: лазерное излучение, электрический ток, пожар.</i> – <i>Возможные чрезвычайные ситуации, характерные для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия.</i>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p>	<p>К вредным факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Неблагоприятные условия микроклимата; – повышенный уровень шума; – недостаточной освещенности; – электромагнитные излучения;
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды</p>	<p>К опасным факторам относится :</p> <ul style="list-style-type: none"> – электрический ток;
<p>3. Экологическая безопасность <i>организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации установки, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).</i></p>	<p>В производстве используются такие методы утилизации отходов, как:</p> <ul style="list-style-type: none"> – переработка и вторичное использование; – захоронение.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>перечень возможных ЧС на объекте;</i> – <i>выбор наиболее типичной ЧС;</i> – <i>разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</i> – <i>разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</i>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения</p>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые</i>

безопасности	<i>нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</i>
---------------------	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения контроля и диагностики	Назаренко Ольга Браниславовна	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ6А	Саттыбаев Дархан Ермекович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 104 с., 29 рисунков, 31 таблиц, 41 источника, 1 приложения.

Ключевые слова: Солнечная панель, аккумулятор батарей, светодиоды, адресная табличка, флуоресцентная краска, гравировка оргстекла,

Объектом исследования является адресная табличка с возможностью его автономной подсветкой от солнечных панелей для освещения и читаемости в темное время суток .

Целью работы является исследования возможности создания адресных табличек со светодиодными источниками света, и с автономным питанием

Методология проведения работы. Для отображения графики значений падений послесвечения флуоресцентной краски использовался программный комплекс «Pixel Profile».

Область применения: Зданий представляющие историческую и архитектурную ценность.

Определения, обозначения, сокращения

В работе использованы следующие обозначения и сокращения:

LED – light-emitting diode;

SMD – surface mounted device;

ПММА – Полиметилметакрилат;

АКБ – аккумуляторная батарея;

КПД – коэффициент полезного действия;

Ni-MH – nickel-metal hydride;

Оглавление

Глава 1. История и современная состояния адресных табличек, обзор и история создания светодиодов.	15
1.1 История появления адресных табличек.....	15
1.2 Светодиоды.....	17
1.3 Светодиодные освещение и возможность экономии энергии.....	19
Глава 2. Объект и методы исследования.	23
2.1 Объект исследования.	23
2.2 Обзор и характеристики основных компонентов используемых материалов.	24
Глава 3. Энергосберегающие мероприятие.	42
3.1 Оценка возобновляемого энергетического потенциала для г.Томск	42
3.2 Расчет потребляемой мощности.....	43
3.3 Методика эксперимента	45
3.4 Краткая описания технологического процесса.	49
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
Введение.....	52
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
4.2 Иерархическая структура работ	54
4.3 SWOT-анализ НТИ	55
4.4 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования.....	57
4.5 Расчет бюджета для научно-технического исследования	61
4.6 Оценка рисков НТИ	65
4.7 Анализ и оценка научно-технического уровня исследования	67
4.8 Оценка ресурсоэффективности проекта.....	69
Глава 5. Социальная ответственность.....	71
Введение.....	71

5.1 Производственная безопасность	72
5.2 Экологическая безопасность.....	81
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	83
Заключение	85
Список литературы	86
ПРИЛОЖЕНИЕ А	90

Введение

Актуальность работы. Световое оформление городской среды включает в себя, главным образом, утилитарное освещение, архитектурное освещение и рекламно – оформительское освещение. Тем не менее, существует еще одна группа световых приборов, часто выпадающая из области внимания светотехников – подсветка информационных указателей и в частности – адресных табличек. Они остаются либо без подсветки, либо, в любом случае, представляет собой достаточно громоздкие лайтбоксы[1].

Вместе с тем, существует достаточно много зданий, представляющих историческую и архитектурную ценность, для которых крайне желательно минимизация любых посторонних элементов, размещенных на фасаде. К таким элементам относятся, в том числе, и адресные таблички и кабели для питания их подсветки, и сами элементы подсветки, если они не интегрированы в табличку. Одним из вариантов решения этой проблемы может стать создание табличек с наименьшим загрязнением фасада со встроенной светодиодной подсветкой и, по возможности, автономным питанием от солнечных элементов. Поэтому исследование энергоэффективных и компактных адресных табличек является актуальным.

Целью работы является исследования возможности создания адресных табличек со светодиодной подсветкой, с автономным питанием от солнечных батарей. Преимуществом исследуемой адресной таблички является энергонезависимость, хорошая читаемость в ночное время суток.

Постановка задачи:

- Исследование и сравнение различных комбинаций источников излучения
- Расчет энергоэффективности
- Сделать обзор по основным компонентам используемых материалов

Научная или практическая новизна

- Попытка создания адресных табличек на автономном питании от солнечных элементов без вынесения в виде отдельных батарей;

- Создание системы экономии электроэнергии, засчет применения флуоресценции краски;

Реализация и апробация работы. Результаты по теме ВКР были представлены на VI международной научно – технической конференции молодых ученх, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике» 5-7 декабря 2017 года.

Глава 1. История и современная состояния адресных табличек, обзор и история создания светодиодов.

1.1 История появления адресных табличек

Сегодня сложно себе представить дома и улицы без наличия номерных указателей. Они необходимы для лучшего ориентирования людей на местности. В любом городе сегодня вы обязательно найдете адресные таблички и номерные знаки домов.

Необходимость в обозначении улиц и номеров домов возникла приблизительно в XVII веке. Первые адресные таблички были в виде деревянных дощечек, закрепленных на столбах. Ввести такие обозначения приказала императрица Екатерина II. В подписанном ею указе было сказано о том, что таблички с простым названием должны присваиваться каждому переулку и улице. Чуть позже деревянным добавились мраморные таблички, на которых были надписи и цифровые указатели. На них были указаны улицы города, кварталы и районы.

В начале XIX столетия для изготовления табличек использовалось железо, а к концу века их стали заменять эмалированными изделиями. В это время по всему городу была выполнена нумерация домов, в Петербурге их оказалось около 4,5 тысяч [2].

Табличка на дом является важным элементом любого здания, дома или парковки. У адресных указателей может быть любой стиль, между собой они отличаются материалом изготовления.

- Пластик - благодаря качественным показателям, низкой стоимости и внешнему виду такие таблички пользуются наибольшей популярностью. Основа из пластика может быть легко закреплена, она проявляет хорошую устойчивость к разного рода климатическим воздействиям.



Рисунок 1 – пластиковая табличка

- Металл - стоимость таких табличек несколько выше пластиковых, но у них большая прочность.



Рисунок 2 - Металлическая табличка.

Один из главных недостатков этих табличек было и будет, плохая видимость в ночное время суток.

- С отражающей пленкой или подсветкой (лайтбокс) – благодаря покрытию табличка становится заметной в темноте [3].



Рисунок 3 - Лайтбокс

Как вы видите, на рисунке для подсветки лайтбокса требуется проложить кабель. Вместе с тем, существует достаточно много зданий, представляющих историческую и архитектурную ценность, для которых крайне желательна минимизация любых посторонних элементов, размещенных на фасаде. К таким элементам относятся, в том числе, и адресные таблички и кабели для питания их подсветки, и сами элементы подсветки, если они не интегрированы в табличку. Одним из вариантов решения этой проблемы может стать создание табличек с наименьшим «загрязнением» фасада со встроенной светодиодной подсветкой и, по возможности, автономным питанием от солнечных элементов.

1.2 Светодиоды

Вопрос экономии электричества сегодня актуален для нас, как никогда. Никому не хочется получать баснословные счета за свет, да и зачем тратить энергию впустую, когда её количество довольно ограничено. Поэтому в последние годы многие инженеры стремятся к тому, чтобы оптимизировать энергопотребление во многих электроприборах. Не обошло это стороной и освещение. Современные пользователи стремятся к тому, чтобы даже простая лампочка не «мотала» много, и это разумный правильный подход. Именно поэтому, сегодня многие переходят на светодиоды, чтобы сократить расходы на электричество и не терять при этом качества освещения.

Светодиод — это полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение, по-английски светодиод называется light-emitting diode, или LED [4].

Светодиод состоит из корпуса с контактными выводами и оптической системы и полупроводникового кристалла на токонепроводящей подложке. Для повышения жизнестойкости пространство между кристаллом и пластиковой линзой заполнено прозрачным силиконом. Алюминиевая основа служит для отвода избыточного тепла [5].



Рисунок 4 - устройство светодиода [5].

Типы светодиодов: индикаторный; осветительный.

К индикаторным можно отнести светодиоды, применяемые в техниках и в автомобилях. Полупроводники этого вида различаются по цвету, материалу и диаметру колбы 3мм, 5мм, 8мм,10мм [5].



Рисунок 5 – индикаторные светодиоды [5].

Осветительные светодиоды. Используется несколько методик получения белого цвета. К первому относится способ RGB. RGB-светодиод это совмещённые в одном корпусе светодиоды красного, зелёного и синего цветов. Другой метод получения белого света заключается в том, что светодиод, излучающий невидимый глазу ультрафиолет, покрывается тремя видами люминофора, излучающими при их возбуждении голубой, зелёный и красный цвета. При смешении этих цветов получается излучение белого света [5].

Осветительные светодиоды вида SMD

Аббревиатура SMD - Surface Mounted Device – англ. прибор. монтируемый на поверхность. Состоят из алюминиевой или медной подложки. На подложку монтируется сам кристалл, припаиваемый к контактам корпуса, в котором заключена подложка. Кристалл покрывают линзой, в некоторых

случаях только люминофором. На одной подложке можно разместить до трех диодов, в зависимости от применения будущего источника света[5].



Рисунок 6 - Осветительные светодиоды вида SMD [5].

Светодиоды COB

Диоды COB типа (Chip On Board – англ. чип на плате). В этом случае на одну плату (подложку) монтируется от 9 и более кристаллов. Их заливают люминофором. В таком виде мы получаем светодиод с большой яркостью. Основное назначение – освещение [5].

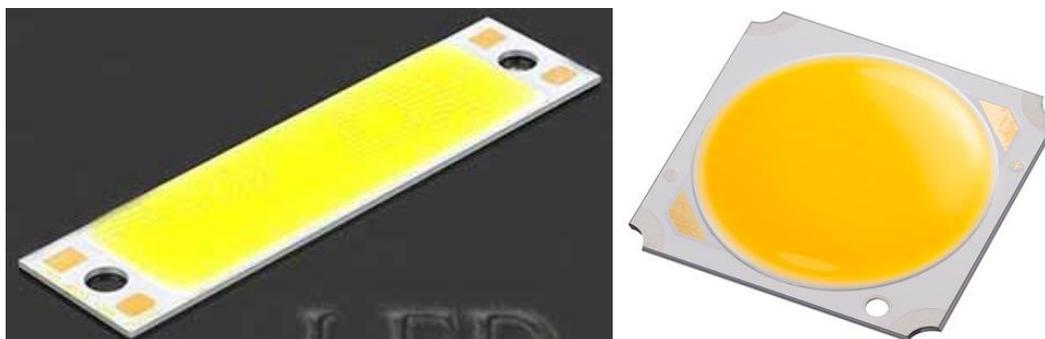


Рисунок 7 - Осветительные светодиоды вида COB.

1.3 Светодиодные освещение и возможность экономии энергии

Нобелевский комитет присуждает премию, основанную на пользе человечества по изобретению, и в этом случае потенциал экономии энергии для освещения. Не моя цель широко обсуждать историю освещения и то, как встраивается светодиодное освещение (также называемое твердотельным освещением). Однако можно кратко напомнить, что изобретение ламп накаливания во второй половине XIX века было революция в том смысле, что

она позволила иметь надежный источник света, который был намного более эффективным и менее опасным, чем масляная лампа. Эффективность осветительного устройства выражается в единицах люмен на ватт. Просвет - это физическая единица, которая измеряет световую силу, свернутую откликом человеческого глаза. Определение состоит в том, что при пиковой чувствительности глаза (555 нм) 1 Вт света соответствует 683 лм. Другими словами, максимальная эффективность осветительного устройства составляет 683 лм / Вт, для устройства, излучающего строго на 555 нм и без потерь. Очевидно, что источник белого света будет иметь более низкую эффективность освещения, так как он будет включать длину волны, для которой глазная реакция не является оптимальной, а ультрафиолетовое или инфракрасное излучающее устройство будет иметь эффективность освещения 0 лм / Вт. Обратите внимание, что входная мощность может соответствовать электрической мощности или химической мощности, что позволяет нам, например, сравнивать электрические устройства и масляные лампы. Интересно отметить, что эффективность освещения масляной лампы составляет от 0,1 до 1 лм / Вт, а лампа накаливания - 15 лм / Вт белый источник света будет иметь более низкую эффективность освещения, так как он будет включать длину волны, для которой эффект отклика не является оптимальным, а ультрафиолетовое или инфракрасное светоизлучающее устройство будет иметь эффективность освещения 0 лм / Вт. Обратите внимание, что входная мощность может соответствовать электрической мощности или химической мощности, что позволяет нам, например, сравнивать электрические устройства и масляные лампы. Интересно отметить, что эффективность освещения масляной лампы составляет от 0,1 до 1 лм / Вт, а лампа накаливания - 15 лм / Вт белый источник света будет иметь более низкую эффективность освещения, так как он будет включать длину волны, для которой эффект отклика не является оптимальным, а ультрафиолетовое или инфракрасное светоизлучающее устройство будет иметь эффективность освещения 0 лм / Вт. Обратите внимание, что входная мощность может соответствовать электрической мощности или химической

мощности, что позволяет нам, например, сравнивать электрические устройства и масляные лампы. Интересно отметить, что эффективность освещения масляной лампы составляет от 0,1 до 1 лм / Вт, а лампа накаливания – 15 лм / Вт[6]. Это само по себе показывает, сколько оборотов лампа накаливания была с точки зрения экономии энергии для освещения. Другая поразительная особенность заключается в том, что технология ламп накаливания была очень постоянной в течение многих десятилетий. Он был настолько постоянным, что стало привычным выражать мощность освещения лампочки в ваттах, что на самом деле соответствует мощности освещения лампы накаливания, потребляющей так много ватт электроэнергии. Поскольку люди не знакомы с люменами, это заставило производителей отображать странные уравнения на их так называемых энергосберегающих лампочках, таких как 11,5 Вт = 75 Вт, что означает: с 11,5 Вт электроэнергии, получаем столько же видимый свет, как получили с традиционной лампой накаливания, потребляющей 75 Вт.

Светодиоды имеют ряд преимуществ перед традиционными видами освещения и подсветки:

- Срок службы до 100 тысяч часов или до 25 лет работы;
- Высокая экономичность энергопотребления светодиодов;
- Экологическая безопасность и отсутствие необходимости специальной утилизации светодиодных светильников;
- Высокая механическая прочность, виброустойчивость и надежность светильников;
- Отсутствие сильного нагрева светильника при светодиодном освещении и подсветке;
- Чистота спектра излучения;
- Светодиоды дают возможность использования любой цветности излучения при светодиодном освещении;

- Отсутствие вредного эффекта низкочастотных пульсаций при освещении и подсветке с использованием светодиодов, светодиодных прожекторов, светодиодного дюралайта;

Глава 2. Объект и методы исследования.

2.1 Объект исследования.

Объектом исследования является адресная табличка со светодиодными источниками света, использующий солнечный панель и надпись с флуоресцентной краской.

Для адресных табличек главными характеристиками являются хорошая видимость, дистанция восприятия, архитектура зданий, а так же освещенности.

В соответствии с Правилами сооружений в муниципальном образовании «Город Томск», ремонта фасадов зданий и содержания и, утвержденными постановлением Мэра Города Томск от 12.05.2088 № 362 (с изменениями от 16 ноября 2016г.), владельцы, собственники зданий, сооружений и иные лица, на которых возложены соответствующие обязанности, должны поддерживать в исправном состоянии фасада сооружений и зданий (далее -фасады) и сохранять архитектурно – художественное убранство сооружений и зданий. Общим требованиями к размещению табличек адресации:

- стандартизация мест установления;
- с учетом условий транспортного и пешеходного движения, освещенность адресных табличек, дистанция восприятия, должна быть хорошая видимость;
- знаки адресации должны иметь следующие характеристика:
гарантированную антикоррозийную стойкость, длительную светостойкость (для знаков надписей), морозоустойчивость, и они должны быть изготовлены из материалов устойчивых к воздействию климатических условий. [7];

2.2 Обзор и характеристики основных компонентов используемых материалов.

Оргстекло.

В качестве оптическим компонентом табличек был выбран оргстекло с размером 15x15 см. Оргстекло – синтетический материал, изготовленный из акриловых смол. Оргстекло получают следующими способами: литьем и экструзией. Сам способ производства определяет некоторые свойства пластика и делает ряд ограничений. Экструзивное оргстекло получают способом резкой по заданным размерам, непрерывной экструзии расплавленной массы гранулированного ПММА, через щелевую головку с последующим охлаждением. Литьевого получают методом полимеризацией до твердого состояния, и заливкой мономера ММА между двумя плоскими стеклами. Особенности экструзионного оргстекла по сравнению с литым оргстеклом: возможная длина листов больше, а ряд возможных толщина листов меньше, что определяется возможностью экструдера, разнотолщинность листов в партии меньше (допуск по толщине 5% вместо 30% у литого акрила), меньшая химическая стойкость, меньшая ударостойкость, большая чувствительность к концентрации напряжений, лучшая способность к склеиванию, большая усадка при нагреве (6% вместо 2% у литого акрила), меньший и более низкий диапазон температур при термоформовке (примерно 150-170°C вместо 150-190°C), меньшее усилие при формовке, [8]. Характеристики по которым был выбран именно оргстекло в качестве оптической части адресной таблички:

1. Легкость.

Плотность оргстекла — 1,19 г/см³. Оргстекло почти в 2,5 раза легче обычного стекла, на 17% легче компактного ПВХ и на 7% — полиэфирных стекол, поэтому при строительстве самонесущих конструкций не требуется применение дополнительных опор. Оргстекло имеет равный вес с поликарбонатом и на 15% тяжелее полистирола.

2. Ударопрочность. Ударная прочность оргстекла, чем у обычного

силикатного стекла в раз выше.

3. Светопроницаемость. Прозрачность и отсутствие собственной окраски предоставляют возможность обеспечить более высокую светопроницаемость. Светопроницаемость акриловых листов такая же, как и у стекла. Светопропускание составляет до 93% видимого света (только 8 % падающего света отражается) — это больше, чем у любого другого полимерного материала. Окраска оргстекла не изменяется с течением времени, сохраняет свой оригинальный цвет. Светопропускание «матового» оргстекла может находиться в пределах от 20% (т. е. быть практически «глухим») до 75% (полупрозрачным). Листы со светопропусканием 50—75% используются, например, для производства светильников. Оптимальный вариант светопропускания для рекламных изделий с внутренней подсветкой — 25—30%.

4. Оргстекло – экологически чистый материал, не продуцирует никаких токсических веществ и абсолютно безопасен. Оргстекло может быть использован повторно после его переработки.

5. Оргстекло легко в обработке. Его можно резать, сверлить, склеивать, гнуть и формовать, полировать и фрезеровать, окрашивать и гравировать (в том числе осуществлять лазерную гравировку)

6. Оргстекло устойчиво к действию различных газов, присутствующих в городском воздухе и воздухе морских побережий. Оно также устойчиво к воздействию сырости, бактерий и микроорганизмов, обладает высокой химической стойкостью к воздействию неорганических веществ, солей и их растворов.

7. Органическое стекло пропускает 90% ультрафиолетовых лучей, при этом обладает хорошей светостойкостью и превосходным уровнем устойчивости к действию ультрафиолетовых лучей, не требуя специальной защиты. Это объясняется тем, что по своей химической природе оргстекло прозрачно для ультрафиолетового излучения. Поэтому ультрафиолет не задерживается в массе полимера и не действует разрушающе на его внутреннее

строение (ультрафиолетовые лучи не вызывают его пожелтения и деградации, и материал не теряет своих механических свойств в течение 10 и более лет).

8. 10-летняя гарантия на сохранение всех свойств оргстекла, без изменения его оптических, физико-механических и эксплуатационных характеристик [8].

Аккумулятор батарей.

В данной главе представлены два вида аккумуляторов: никель – металлгидридный и литий – ионный аккумуляторы батареи. А так же детально рассмотрены технические аспекты их функционирования, конструкция и принцип работы, разработанных к настоящему времени аккумуляторов [9].

Литий – ионный.

Самые первые аккумуляторные элементы с анодом из лития были выпущены в семидесятых годах прошлого столетия. У них была высокая удельная энергоёмкость, что сразу сделало их востребованными. Специалисты давно стремились разработать источник на основе щелочного металла, который имеет высокую активность. Благодаря этому было достигнуто высокое напряжение этого типа батарей и удельная энергия. При этом сама разработка конструкции таких элементов была выполнена довольно быстро, а вот их практическое использование вызвало сложности. С ними удалось справиться только в 90-е годы прошлого века.

На протяжении этих 20 лет исследователи пришли к выводу, что основной проблемой является литиевый электрод. Этот металл очень активный и при эксплуатации протекал ряд процессов, приводивших в итоге к воспламенению. Это стали называть вентиляцией с образованием пламени. Из-за этого в начале 90-х годов производители были вынуждены отозвать батареи, выпущенные для мобильных телефонов.

Это случилось после ряда несчастных случаев. В момент разговора ток, потребляемый от аккумулятора, выходил на максимум и началась вентиляция с выбросом пламени. В результате произошло много случаев получения

пользователями ожогов лица. Поэтому учёным пришлось дорабатывать конструкцию литий – ионных аккумуляторов. Рассмотрим достоинства и недостатки, свойственные всем их типам [10].



Рисунок 8 – Литий ионные аккумуляторы

Достоинства и недостатки.

Основными достоинствами Li-ion-аккумуляторов представляются:

– большая емкость по сравнению с никелевыми аккумуляторами при тех же самых габаритах.

– низкий саморазряд. Высокое напряжение единичного элемента упрощает конструкцию (3.6 В против 1.2 В у NiCd и NiMH). Многие изготовители сегодня ориентируются именно на такой одноэлементный аккумулятор для применение сотовых телефонов. Но необходимо чтобы он мог отдавать более высокий ток, для того чтобы обеспечить ту же самую мощность. А это возможно только при низком внутреннем сопротивлении аккумулятора.

– низкая стоимость обслуживания (эксплуатационных расходов), поскольку отсутствует эффект памяти и не требуются периодические циклы разряда для восстановления емкости.

Основными недостатками Li-ion-аккумуляторов являются:

– необходимость встроенной схемы защиты (что ведет к дополнительному повышению его стоимости), которая ограничивает максимальное напряжение на каждом элементе аккумулятора во время заряда и предохраняет его от слишком низкого напряжения на элементе при разряде. Кроме того, она должна ограничивать максимальные токи заряда и разряда и контролировать температуру элемента.

– аккумулятор подвержен старению, даже если не используется и просто лежит на полке. Процесс старения характерен для большинства Li-ion-аккумуляторов. Небольшое уменьшение емкости заметно после одного года, вне зависимости от того, используется аккумулятор или нет. Через два или три года он часто становится непригодным к эксплуатации. Для уменьшения процесса старения необходимо хранить заряженный примерно до 40 % от номинальной емкости аккумулятор в прохладном месте отдельно от телефона.

– более высокая стоимость по сравнению с NiCd-аккумуляторами.

По удельным характеристикам Li-ion аккумуляторы лидируют среди массово выпускаемых и занимают одно из первых мест среди применяемых электрохимических систем. Li-ion аккумуляторы обладают высокой удельной энергией (до 190 Вт•ч/кг), высоким разрядным напряжением (3,4–4 В и более, в зависимости от используемых электродных материалов), очень низким саморазрядом (менее 1 % в месяц) и длительным сроком службы (более 1000 циклов заряда/разряда, до снижения емкости на 20 % от номинальной к тысячному циклу). В зависимости от материалов и конструкции эти аккумуляторы могут работать в интервале температур от –40 до +80°C. При этом их стоимость постоянно снижается, а область применения расширяется. На рисунке 2 показаны возможные сочетания удельной энергии и удельной мощности у аккумуляторов различных типов [10].

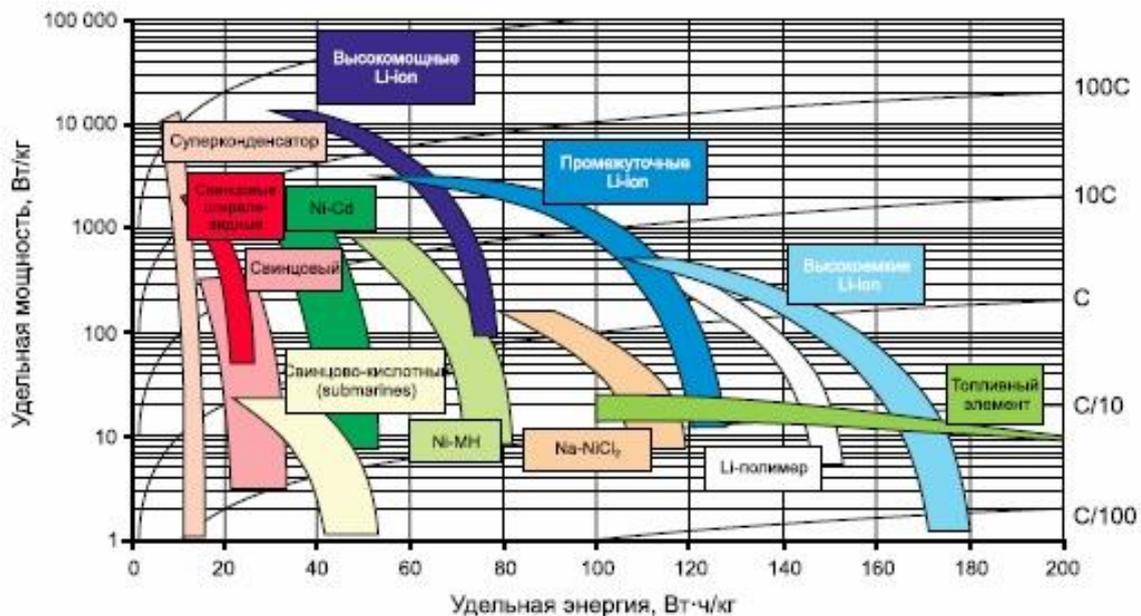


Рисунок 9 – Удельные характеристики различных типов аккумуляторов

Устройство литий–ионных аккумуляторов

По своему исполнению Li-Ion аккумуляторы выполняются в цилиндрическом и призматическом исполнении. Цилиндрическая конструкция представляет рулон электродов с сепараторным материалом для разделения электродов. Этот рулон помещён в корпус из алюминия или стали. С ним соединён минусовой электрод [11].

Положительный контакт выводится в виде контактной площадки на торец аккумулятора.

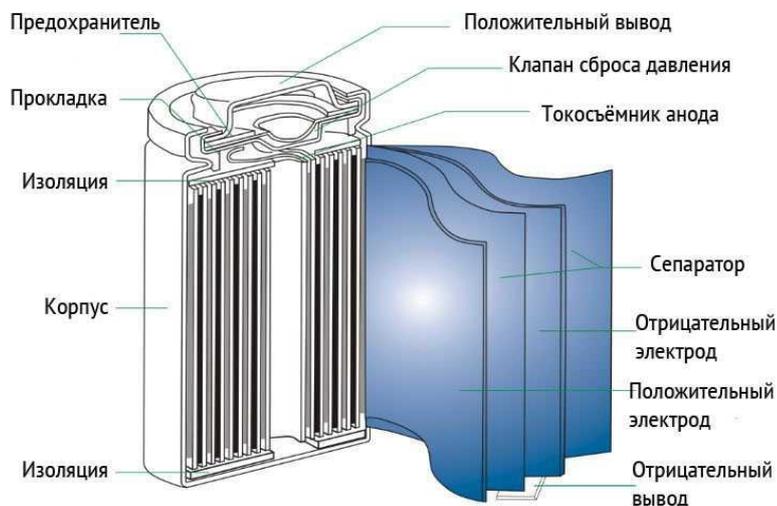


Рисунок 10 – Цилиндрический литий–ионный аккумулятор.

Li-ion аккумуляторы призматической конструкции делаются с помощью укладывания пластин прямоугольной формы друг на друга. Такие батареи дают возможность сделать упаковку более плотной. Сложность заключается в поддержке сжимающего усилия на электродах. Есть призматические АКБ с рулонной сборкой электродов, скручиваемых в спираль [11].



Рисунок 11 – Призматический литий–ионный аккумулятор

В конструкции любых литий–ионных аккумуляторов предусмотрены меры для обеспечения их безопасной работы. В первую очередь это касается предотвращения разогрева и воспламенения. Под крышкой батареи устанавливается механизм, который увеличивает сопротивление аккумулятора при увеличении температурного коэффициента. При возрастании давления внутри АКБ выше допустимого предела, механизм разрывает положительный вывод и катод.

Сейчас выпускается много призматических литий–ионных аккумуляторов. Они находят применение в смартфонах и планшетах. Конструкция призматических батарей часто может отличаться у различных производителей, поскольку не имеет единой унификации. Электроды

противоположной полярности разделяются сепаратором. Для его производства используется пористый полипропилен [12].

Конструкция Li-Ion и прочих разновидностей литиевых АКБ всегда выполняется герметичной. Это обязательное требование, поскольку вытекания электролита не допустимо. Если он вытечет, то электроника будет повреждена. Кроме того, герметичное исполнение не допускает попадания внутрь АКБ воды и кислорода. Если они попадут внутрь, то в результате реакции с электролитом и электродами разрушат аккумулятор. Производство комплектующих для литиевых аккумуляторов и их сборка находится в специальных сухих боксах в атмосфере аргона. При этом используются сложные приёмы сваривания, герметизации и т. п. [13].

Никель – металлгидридный аккумулятор.

Никель-металлогидридные (Ni—MH) аккумуляторы относятся к группе щелочных. Это химические источники тока, в которых в роли анода выступает водородный металлогидридный электрод, катода — оксид никеля, а электролитом является щёлочь гидроксид калия (KOH). Ni—MH аккумуляторы имеют конструкцию, аналогичную Ni—Cd аккумуляторам. По протекающим в них процессам они похожи на никель-водородные аккумуляторы. По своей удельной энергоёмкости никель—металлогидридные превосходят оба этих типа. В этой статье мы подробно разберём устройство и характеристики Ni—MH аккумуляторы, также их плюсы и минусы. [14].



Рисунок 12– Никель – металлгидридный аккумулятор.

Никель-металлогидридные начали создавать ещё в середине прошлого века. Они разрабатывались с учётом преодолеть те недостатки, которые имели никель-кадмиевые аккумуляторы. Во время проводимых исследований учёные разработали новые никель—водородные батареи, применяемые в космической технике. Им удалось разработать новый способ накопления водорода. В новом типе аккумуляторов водород собирался в определённых материалах, а точнее сплавах некоторых металлов. Эти сплавы могли накапливать объем водорода, в тысячу раз превышающий их собственный объем. В состав сплавов входили 2 или более металлов. Один из них накапливал водород, а другой выступал в роли катализатора, который обеспечивал переход атомов водорода в металлическую решётку.

В Ni—MH аккумуляторах могут использоваться различные комбинации металлов. В результате есть возможности по изменению свойств сплава. Для создания никель—металлогидридных аккумуляторов был налажен выпуск сплавов, которые работают в условиях комнатной температуры и при низком давлении водорода. Разработка различных сплавов и совершенствование технологии производства Ni—MH аккумуляторов ведётся по настоящее время. Современные образцы аккумуляторов этого типа обеспечивают до 2 тысяч циклов заряд-разряд. При этом ёмкость минусового электрода снижается не больше, чем на 30 процентов. Такой результат достигается при использовании сплавов никеля с различными редкоземельными металлами.

В 1975 году Билл получил патент на сплав LaNi_5 . Это был первый образец никель—металлогидридного аккумулятора, где этот сплав был в роли активного вещества. Что касается более ранних экземпляров из других металлогидридных сплавов, то там не была обеспечена требуемая ёмкость.

В дальнейшем был заменён отрицательный электрод, что дало увеличение активной массы плюсового электрода в 1,3—2 раза. Именно от плюсового электрода и зависит ёмкость этого типа аккумуляторов. Ni—MH аккумуляторы обладают более высокими удельными энергетическими параметрами, чем никель—кадмиевые.

Помимо высокой энергетической плотности никель-металлогидридных аккумуляторных батарей, они ещё состоят из нетоксичных материалов, что упрощает их эксплуатацию и утилизацию. Благодаря этим факторам аккумуляторы Ni—MH стали успешно распространяться. [15].

Устройство Ni—MH аккумуляторов.

Конструкция никель—металлогидридных аккумуляторов Ni—MH цилиндрической формы.

В этой конструкции разноимённые электроды разделены сепаратором. Все вместе они свёрнуты в рулон. Он помещается в корпус и герметизируется крышкой со специальной прокладкой. В крышке сделан аварийный клапан, рассчитанный на открытие при возрастании давления внутри аккумулятора до 2—4 МПа. На рисунке ниже показана конструкция никель—металлогидридного цилиндрического аккумулятора.

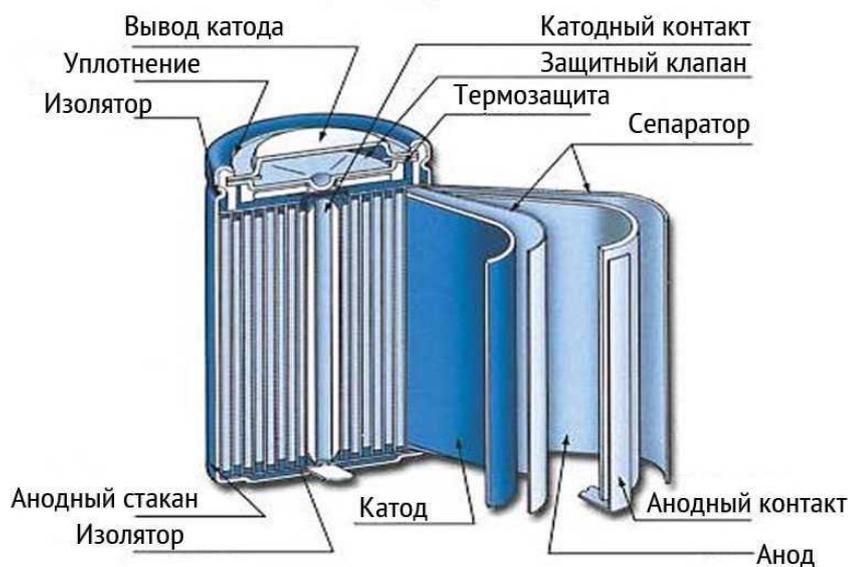


Рисунок 13 – конструкция никель-металлогидридных аккумуляторов цилиндрической формы

Ni—MH призматической формы

В Ni—MH аккумуляторах призматической формы поочерёдное размещение разноимённых электродов. Их также разделяет сепаратор. Сборка электродов находится в металлическом или пластиковом корпусе, который

закрывается герметичной крышкой. В крышке в большинстве случаев ставится датчик или клапан давления. Ниже представлена конструкция никель-металлогидридного аккумулятора призматической формы.



Рисунок 14 – конструкция никель-металлогидридных аккумуляторов призматической формы

Плюсы и минусы Ni-MH аккумуляторов

Среди плюсов никель-металлогидридных аккумуляторов стоит отметить рост удельных энергетических характеристик, но это не единственное преимущество перед никель-кадмиевыми батареями.

Важным плюсом является то, что удалось отказаться от использования кадмия. Это сделало производство более экологически чистым. При этом значительно упростилась технология утилизации отработавших аккумуляторов.

Благодаря этим плюсам Ni-MH аккумуляторов, объём их производства резко вырос по сравнению с никель-кадмиевыми аккумуляторами.

Стоит также отметить, что Ni-MH аккумуляторы не имеют «эффекта памяти», как Ni-Cd батарей. У них это явление обуславливается образованием

никелата в кадмиевом электроде. Но проблемы, касающиеся перезаряда оксидно—никелевых электродов, сохранились.

Чтобы уменьшить разрядное напряжение при длительных перезарядах, нужно периодически (раз в месяц) проводить разряд аккумулятора до 1 вольта. Здесь всё так же, как у никель-кадмиевых аккумуляторов.

Стоит отметить и некоторые минусы никель-металлогидридных аккумуляторов. По некоторым параметрам они уступают Ni—Cd. Поэтому не могут полностью их заменить. Вот некоторые минусы и ограничения:

- Никель-металлогидридные аккумуляторы достаточно эффективно функционируют в узком интервале токов. Это объясняется ограниченной десорбцией водорода при большой скорости разряда;

- При заряде этот тип батарей выделяет больше тепла, чем никель—кадмиевые аккумуляторы. Из-за этого требуется установка в них температурных реле или предохранителей. Производители ставят их на стенке в центральной части аккумулятора;

- Опасность переплюсовки и перегрева элементов в Ni—МН батарее растёт с увеличением срока службы и количества циклов заряд-разряд. Поэтому производители ограничивают аккумуляторные батареи десятью элементами;

- У Ni—МН аккумуляторов достаточно высокий саморазряд. Это обусловлено реакцией водорода из электролита с оксидно—никелевым электродом. В современных моделях эта проблема решается изменением состава сплавов отрицательных электродов. Решается не полностью, но результаты получаются приемлемыми;

- Никель-металлогидридные аккумуляторы функционируют в более узком диапазоне температур. При минус 10 С практически все они становятся неработоспособными. Такая же картина наблюдается при температуре выше 40С. Но есть некоторые серии аккумуляторов, для которых температурный диапазон расширяется легирующими добавками;

- Присутствует необратимая потеря ёмкости отрицательного электрода при разрядке аккумулятора «в ноль». Та, что требования по процессу разряда здесь более жёсткие, чем у Ni—Cd аккумуляторов. Производители рекомендуют разряд элемента до 1 вольта в аккумуляторах с малым напряжением или до 1,1 вольта в батареях из семи – десяти элементов [15].

Солнечные панели.

Сегодня на рынке представлено несколько различных типов солнечных модулей. Они отличаются друг от друга материалами и технологией изготовления, из которых их производят. На рисунке ниже приведена классификация солнечных батарей [16].



Рисунок 15 – Классификация солнечных батарей

Солнечные батареи на основе кремния

Батареи, на основе кремний, являются самыми популярными на сегодняшний день. Это объясняется его относительной дешевизной и высоким показателем производительности, широким распространением кремния в земной коре, в сравнении с другими видами солнечных батарей. Как показано из рисунка13 кремниевые батареи производят из моно- и поликристаллов Si и аморфного кремния [17].

Монокристаллические кремниевые батареи представляют собой силиконовые ячейки, объединенные между собой. Для изготовления таких батарей используют максимально чистый кремний, который получают по методу Чохральского. После затвердевания готовый монокристалл разрезают на тонкие пластины толщиной 250-300 мкм, которые пронизывают сеткой из металлических электродов. Данная технология является относительно дорогостоящей, поэтому и монокристаллические батареи стоят дороже, чем поликристаллические или аморфные батареи. Данный вид солнечных батарей выбирают за высокий показатель КПД (порядка 17-22%) [17].



Рисунок 16 – Монокристаллическая панель

Для получения поликристаллов кремниевый расплав медленно охлаждают. Такая технология является меньшим энергозатратом, следовательно, полученные с ее помощью кремний меньше по себестоимости. Единственный минус поликристаллических солнечных батарей они имеют более низкий КПД (12-18%), чем их моно «конкурент». Причина заключается в следующем, что внутри поликристалла образуются области с зернистыми границами, которые и являются причинами к уменьшению эффективности элементов [18].



Рисунок 17 – Поликристаллическая панель

В таблице 1 приведены основные различия между моно и поли солнечными элементами.

Таблица 1 основные различия моно и поли солнечных элементов

Показатель	Моно элементы	Поли элементы
Кристаллическая структура	Зерна кристалла параллельны Кристаллы ориентированы в одну сторону	Зерна кристалла не параллельны Кристаллы ориентированы в разные стороны
Температура производства	1400 °С	800-1000 °С
Цвет	Черный	Темно-синий
Стабильность	Высокая	Высокая, но меньше, чем у моно
Цена	Высокая	Высокая, но меньше, чем у моно
Период окупаемости	2 года	2-3 года

Батареи из аморфного кремния

Если проводить деление в зависимости от используемого материала, то аморфные батареи относятся к кремниевым, а если в зависимости от технологии производства – к пленочным. В случае изготовления аморфных панелей, используется не кристаллический кремний, а силан или кремневодород, который тонким слоем наносится на материал подложки. КПД таких батарей составляет всего 5-6%, у них очень низкий показатель эффективности, но, несмотря на эти недостатки, они имеют и ряд достоинств:

- лучшая работа при повышении температуры. Фотоэлектрические модули из тонкой пленки аморфного кремния в течение теплого периода года производят больше электрической энергии, в то время как кристаллические модули по мере повышения температуры снижают свою эффективность.

Тонкопленочные солнечные модули меньше подвержены снижению мощности при нагреве, при котором кристаллические модули теряют 15-20% мощности.

- большая выработка при низкой освещенности и при рассеянном свете. Модули из аморфного кремния могут работать при освещенностях, при которых кристаллические модули уже прекращают генерацию энергии, поэтому при слабом и рассеянном солнечном свете работа фотоэлектрических модулей из аморфного кремния намного лучше, чем моно- и поликристаллических кремниевых панелей. В пасмурную и дождливую погоду тонкопленочные солнечные батареи генерируют на 10-20% больше энергии, чем кристаллические панели.

- возможность незаметной интеграции в здание (замена окон, остекление стен, и т.п.)

- Толщина элементов меньше 1 мкм.

- В сравнении с поли и монокристаллами имеет более высокую производительность при пасмурной погоде.

- Повышенная гибкость [19].

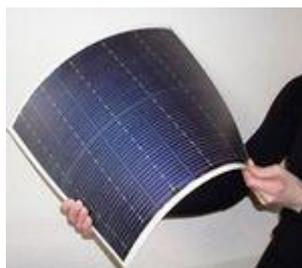


Рисунок 18 – Аморфная панель

Помимо описанных выше видов кремниевых солнечных батарей, существуют и их гибриды. Так для большей стабильности элементов используют двухфазный материал, представляющий собой аморфный кремний с включениями нано- или микрокристаллов. По свойствам полученный материал сходен с поликристаллическим кремнием [12].

Разработка пленочных батарей обусловлена:

1. Потребностями в снижении стоимости солнечных батарей.
2. Необходимостью в улучшении производительности и технических характеристик.

На основе CdTe

Исследования теллура кадмия, как светопоглощающего материала для солнечных батарей начались еще в 70-х годах. В то время его рассматривали как оптимальный вариант для использования в космосе, сегодня же батареи на основе CdTe являются одними из самых перспективных в земной солнечной энергетике. Так как кадмий является кумулятивным ядом, возникают лишь один вопрос: токсичен или нет? Но исследования показывают, что уровень кадмия, высвобождаемого в атмосферу, очень маленький, и не стоит опасаться его вреда. Значение КПД составляет около 11%. Цифра небольшая, зато стоимость ватта мощности таких батарей на 20-30% меньше, чем у кремниевых [20].

На основе селенида меди-индия

Как видно из названия, в качестве полупроводников используются медь, индий и селен, иногда некоторые элементы индия подменяют галлием. Такую практику можно объяснить тем, что большая часть производящегося на сегодня индия необходимо для производства жидкокристаллических мониторов. Именно поэтому с целью экономии схожими свойствами индий замещают на галлий. Пленочные солнечные батареи на основе селенида меди-индия имеют КПД равный 15-20%. Надо иметь в виду, что без использования галлия эффективность солнечных батарей увеличивается примерно на 14% [20].

На основе полимеров

Разработка таких видов батарей началась сравнительно недавно. В качестве светопоглощающих материалов используются органические полупроводники, такие как полифенола, углеродные фуллерены, фталоцианин меди и другие. Толщина пленок составляет 100 нм. Такие полимерные

солнечные батареи на сегодняшний день имеют КПД всего 5-6%. Но их главными достоинствами считаются:

- Низкая стоимость производства.
- Легкость и доступность.
- Отсутствие вредного воздействия на окружающую среду.

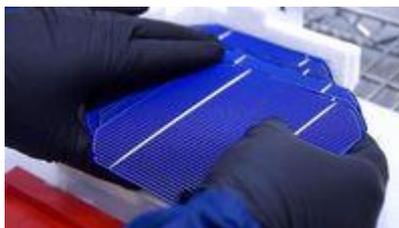


Рисунок 19 - Полимерные панели

Применяются полимерные батареи в областях, где наибольшее значение имеет механическая эластичность и экологичность утилизации [21]. В таблице 2 приведены обобщенные данные о КПД разных видов солнечных батарей

Таблица 2 – обобщенные данные о КПД разных видов солнечных батарей

КПД солнечных элементов, выпускаемых в производственных масштабах	
Моно	17-22%
Поли	12-18%
Аморфные	5-6%
На основе теллурида кадмия	10-12%
На основе селенида меди-индия	15-20%
На основе полимеров	5-6%

Глава 3. Энергосберегающие мероприятия.

3.1 Оценка возобновляемого энергетического потенциала для г.Томск

Среднегодовой удельный гелиоэнергетический потенциал территории Томской области изменяется от 950-1000 кВт•ч/м² на севере (Александровский, Каргасокский и Верхнетокский районы) до 1100-1200 кВт•ч/м² на юге (Кожевниковский, Шегарский, Томский, Бакчарский, южные части Парабельского и Каргасокского районов). При этом его распределение по сезонам года крайне неравномерно: количество энергии, поступающей в летние месяцы, практически на порядок превышает зимние поступления. [23]

Пример районирования региона – Томской области по гелиоэнергетическим ресурсам в виде карты с нанесенными зонами потенциальной энергии солнечного излучения приведен на рис. .

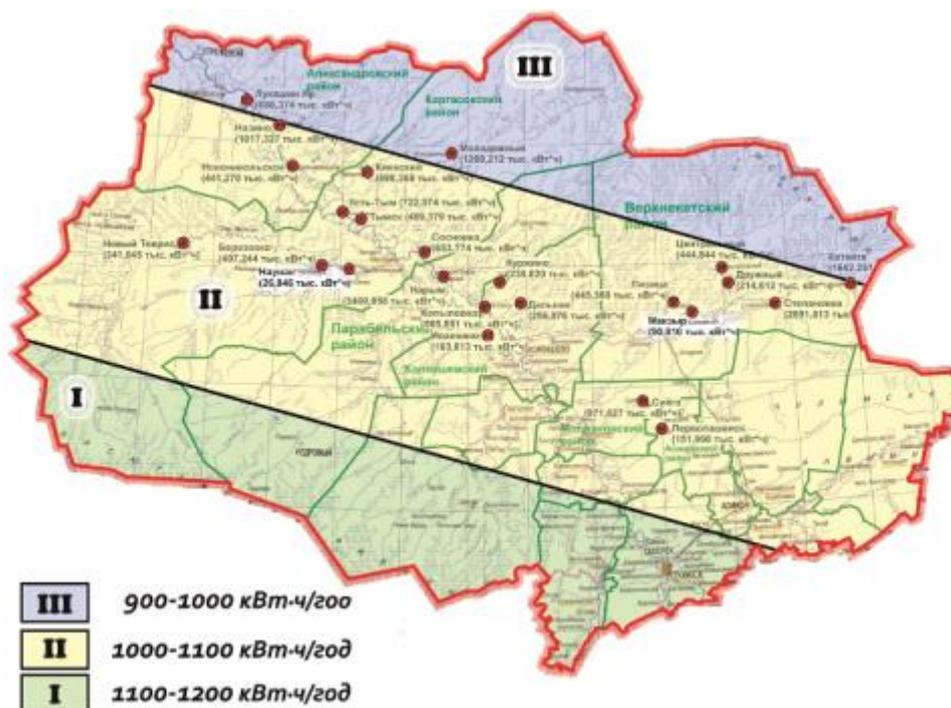


Рисунок 20 - Распределение гелиоэнергетического потенциала по децентрализованным пунктам Томской области

Изучение распределения мощности солнечного излучения по месяцам позволило сделать вывод, что эффективная работа солнечных энергоустановок

в северной и центральной частях Томской области до широты 58° продолжается с апреля по август. В более южных районах период их эффективной работы увеличивается с марта по сентябрь. В остальные месяцы из-за малой высоты солнца над горизонтом и ослабления солнечного излучения атмосферой эффективность использования гелиоприемников падает в 4-5 раз.

Таким образом, Томская область характеризуется довольно широкими возможностями для применения солнечных электроустановок.

В целом, солнечная энергия характеризуется максимальной простотой использования и повсеместным распространением. Эти обстоятельства определяют гелиоэнергетику как одно из наиболее перспективных направлений развития возобновляемой энергетики [23].

3.2 Расчет потребляемой мощности.

Для определения потребляемой электроэнергии необходимо рассчитать потребляемую мощность адресной таблички.

Таблица 3 – Потребляемая мощность АТ

Наименование	Количество шт.	Потребляемая мощность 1шт, Вт	Потребляемая мощность, Вт
Светодиоды	4	1,5	6
Фотодатчик	1	2	2
Контроллер	1	1,5	1,5
Таймер	1	3,5	3,5
			13

Был проведен анализ продолжительности дня и ночи за год (таблица 4-5).

Таблица 4 – Время восхода и захода за каждый месяц

Месяц	I	II	III	IV	V	VI
Восход	9:39	8:48	7:35	6:14	5:07	4:34
Заход	17:16	18:20	19:24	20:29	21:29	22:08
Месяц	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Восход	4:55	5:50	6:52	7:54	9:02	9:44
Заход	21:54	20:56	19:38	18:19	17:13	16:47

Таблица 5 – Продолжительности дня и ночи

Месяц	I	II	III	IV	V
продолж дня(час)	7:37	9:32	11:49	14:15	16:22
продолж ночи(час)	16:23	14:28	12:11	9:45	7:38
Месяц	VI	VII	VIII	IX	X
продолж дня(час)	17:34	16:59	15:06	12:45	10:25
продолж ночи(час)	6:26	7:01	8:54	11:15	13:35

Таблица 6 – Средняя продолжительность дня и ночи

Месяц	День/Ночь(час)	Месяц	День/Ночь(час)
Январь	8/16	Июль	17/7
Февраль	10/14	Август	15/9
Март	12/12	Сентябрь	13/11
Апрель	14/10	Октябрь	10/14
Май	16/8	Ноябрь	8/16
Июнь	17/7	Декабрь	7/17

Для определения потребляемой мощности электроэнергии за месяц для АТ необходимо учитывать количество дней, часы работы ОП и потребляемую мощность адресных табличек.

Найдем потребляемую электроэнергию за январь для АТ:

$$W = 31 \cdot 15,5 \cdot 16 = 7,6 \text{ кВт*ч}$$

Таблица 7 – Месячное и дневное потребление электроэнергии

Месяц	W _{потр} за месяц, кВт*ч	W _{потр} за день, Вт*ч
Январь	6,4	0,208
Февраль	5,8	0,182
Март	4,8	0,156
Апрель	3,9	0,13
Май	3,2	0,104
Июнь	2,7	0,091
Июль	2,8	0,091
Август	3,6	0,117
Сентябрь	4,2	0,143
Октябрь	5,6	0,182
Ноябрь	6,2	0,208
Декабрь	6,8	0,221
Итого за год:	56 кВт*ч	

На рис. 20 показан график нагрузки годового потребления электроэнергии.

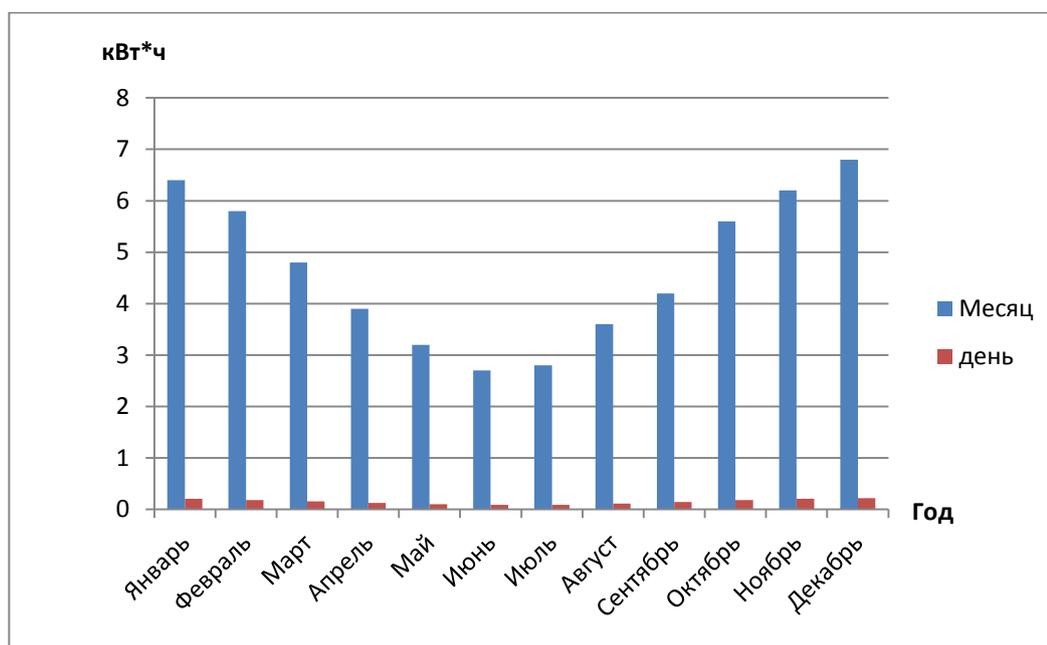


Рисунок 21 – График нагрузки годового потребления электроэнергии

3.3 Методика эксперимента

Основные элементы:

- Оргстекло
- Флуоресцентная краска
- Светодиоды

Процесс лазерной гравировки оргстекла. В процессе лазерной гравировки оргстекла на его поверхности испаряется верхний микрослой, в результате чего образуется матовое изображение. Процесс начинается с удаления защитного слоя с той стороны поверхности, на которую планируется нанести изображение. С лицевой стороны защитный слой оставляем нетронутым, чтобы не нанести случайно повреждения на поверхность. Удаление слоя с материала заготовки происходит сфокусированным лазерным пучком. Гравировка проходила на малой мощности, но на высокой скорости. От

мощности зависит качество нанесения изображения. На боковой грани оргстекла сделаем отверстие для подсветки светодиодам.



Рисунок 22 – выгравированный образец

Флуоресцентная краска. Для эксперимента взяли 2 цвета краски зеленый и оранжевый. На готовый выгравированный оргстекло нанесли 3 слоя флуоресцентной краски. После высыхания краски, продолжили эксперимент с подсветкой и наблюдением поведением краски.

Подсветка светодиодом. Для эксперимента взяли 2 светодиода с мощностью 1,2Вт синего и белого цвета.

Эксперимент №1.

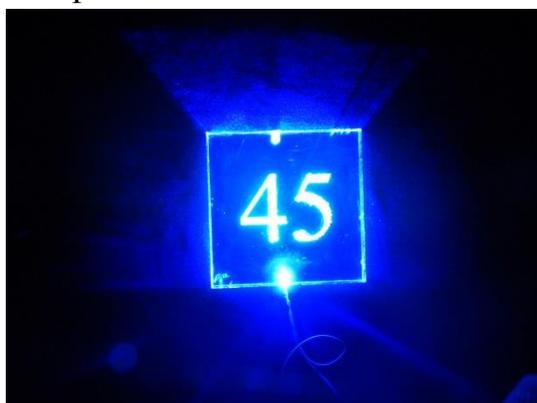


Рисунок 23. Зеленый цвет с синим освещением



Рисунок 24. Зеленый цвет с белым освещением

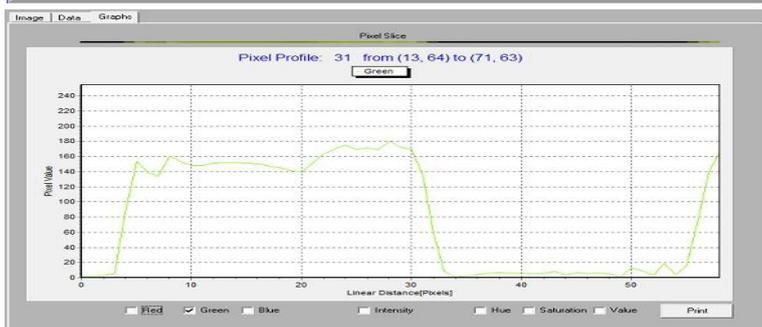
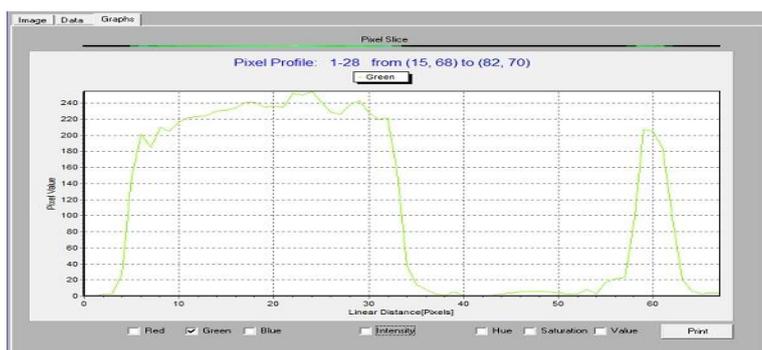
Эксперимент №1.2



Рис. 25. Оранжевый цв. с белым осв. Рис. 26. Оранжевый цвет с синим осв.

После полученных результатов мы видим, что часть света, который освещает табличку рассеивается. Связи с этим перед нами появляется еще одна задача, сохранить как можно больше света для освещения надписи на табличке. Один из вариантов решением этой задачи надумывается обвести контур таблички с отражающим покрытием. На рынке существует немало таких изделия, один из них светоотражающий пленка ТМ 3100, 1240 мм., белая.

Входе экспериментов наблюдали над свойством накапливание световую энергию с продолжительным послесвечением флуоресцентной краски.



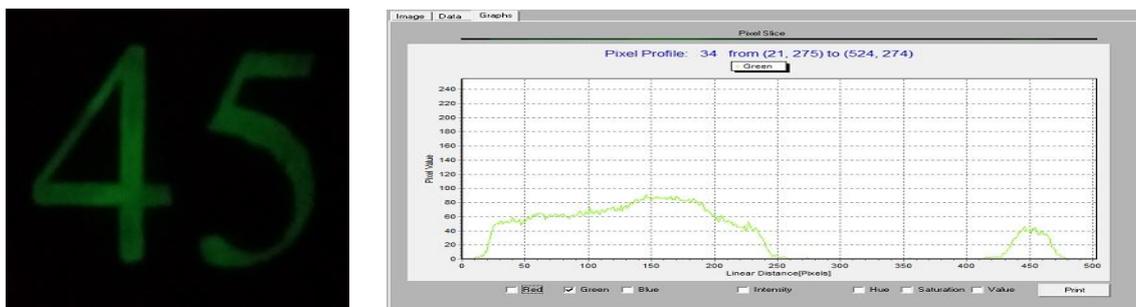


Рисунок 27. Послесвечение надписи из флуоресцентной краски

В этом эксперименте было продолжительное освещение (около 60 мин) надписи из флуоресцентной краски. После мы наблюдали послесвечение надписи флуоресцентной краски около 30 мин. После медленное затухание краски. Чтобы измерить интенсивность затухание флуоресцентной краски мы использовали программу «PixelProfile». Далее каждые 3 мин (9 раз) измерялось послесвечение. Относительно измеренных данных построили график падение интенсивности послесвечения краски.

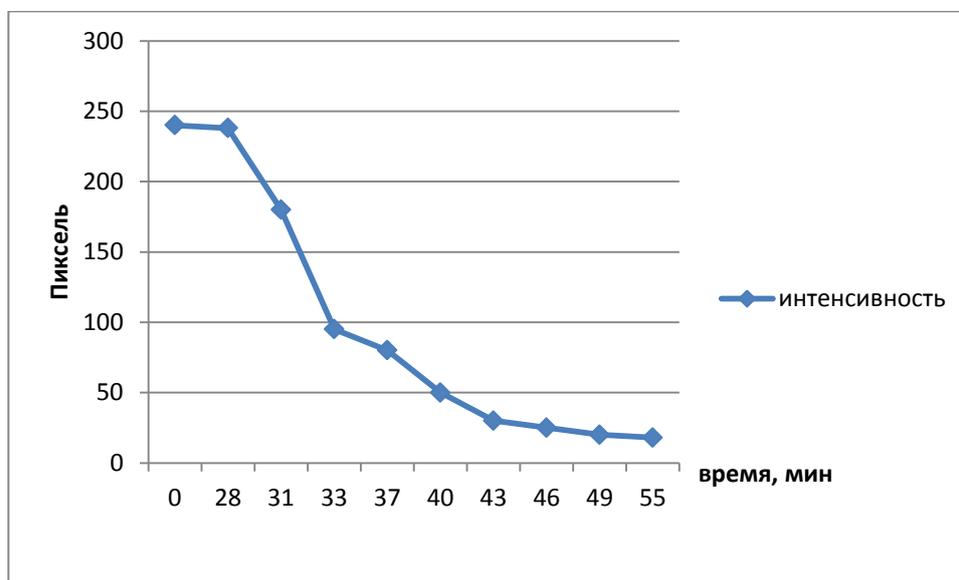


Рисунок – 28 График интенсивности

В этом графике мы можем наблюдать что интенсивность стабильна до 30 мин, после начинается резкое затухание.

3.4 Краткая описания технологического процесса.

Особенность конструкции адресовых табличек, в первую отличается своей уникальной конструкцией. Это позволяет снизить себестоимость на производственной части, которая в несколько раз отличается от примитивных адресовых табличек изготовленных их листов различных металлов. Однако, важно отметить новизну данного проекта, ведь инновационный подход в их создании является применение как энергоэффективных источников света, роль которых играет светодиоды, которые питаются от возобновляемого источника напряжения – солнечных батарей. Важно отметить, что солнечные батареи используются в качестве питания не только светодиодов, но и всех элементов, роль которых вносят огромный вклад в целостной работе всей структуры, на которую опирается электротехническая часть адресной таблицы.

Остановимся отдельно на каждом из элементов, необходимых для конструирования адресной таблички.

Лицевая сторона адресной таблички. Данный элемент несет в себе роль облицовочной стороны, на которую наносится надпись. Для изготовления этой структуры в первую очередь необходимо заняться раскройкой оргстекла. Изображение наносится при помощи лазерной гравировки. В рамках ВКР использовался лазер АКJ1610. Данная процедура занимает порядка несколько минут. После чего, на боковых гранях при помощи дрели сверлятся отверстия для источников света, роль которых выполняют светоизлучающие диоды.

Корпус адресной таблички. Данный элемент несет в себе роль не только каркаса всей структуры, но и является облицовочной стороной, на которую наносится надпись. Важно отметить, надпись изначально наносится при помощи лазерной гравировки. В рамках ВКР использовался лазер АКJ1610. Данная процедура занимает порядка несколько минут. После чего, на боковых гранях при помощи сверлильного станка наносятся отверстия для источников света, роль которых выполняют светоизлучающие диоды.

Флуоресцентная краска. Этот материал является неотъемлемой частью новизны всего проекта – адресной таблички. Данная краска обладает эффектом накопления энергии для последующего его испускания в качестве излучения. В рамках научно-исследовательской работы использовалась краска марки GLOW. Изначально необходимо нанесения маски на лицевую сторону адресной таблички, которая упрощает нанесение краски, которая накладывается на оргстекло без каких-либо дефектов. Краска наносилась на погравированную надпись, которую, как вышеописанное, получили при помощи лазерного станка.

Корпус адресной таблички. Данный элемент несет в себе основной каркас, на котором запитаны все элементы в единый блок. Конечно, конструкция не является надежной по отношению к социальным угрозам со стороны не правомерных граждан, однако проблема другого уровня. Материалом в качестве корпуса является алюминий.

Электрическая схема адресной таблички. Третьей группой элементов являются электротехническая линия, обеспечивающую бесперебойную работу всей системы. Ведь симбиоз электрической схемы и флуоресцентной краски дают именно ту инновационную составляющую, на котором строится вся уникальность данного проекта. Электрическая схема представляет из себя связь между следующими элементами:

1. *Солнечная панель.* Его мощность подобрана таким образом, что позволяет накапливать энергию в дневное время суток, для обеспечения даже в пасмурные дни энергией, необходимого для работы всей электрической системы, для освещения адресной таблички.
2. *Фотодиод.* Роль выполняющую в качестве пускового элемента. При уменьшении освещенности радиации солнечной энергии, данный элемент выполняет роль кнопки, что позволяет светодиодам начинать освещать адресную табличку.

3. *АКБ*. Роль аккумуляторных батарей очевидна. Ведь они помогают накапливать электрическую энергию, для использования ее в ночное время суток, а так же в пасмурные дни.
4. *Таймер*. Роль таймера автоматически включение и отключение освещения в запрограммированные часы времени.
5. *Соединительные провода*. Роль, которых заключается в объединении всех элементов электрической схемы адресной таблички.

Исходя их технологической карты, важно отметить дополнительные элементы, которые являются частью технологического процесса изготовления адресной таблички, к ним относятся:

1. Сверлильный станок.
2. Покрасочный бокс.
3. Гравировочный лазер.
4. Паяльник.
5. Маска.

Таким образом, при объединении всех вышеперечисленных компонентов должным образом, можно получить новую модель и макет адресных табличек, отличающихся от других своей уникальностью в виде подсветки.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Ведение

Темой магистерской выпускной квалификационной работы является разработка адресной таблички с автономной подсветкой. В этом разделе будет рассматриваться финансовые данные от проектируемой адресной таблички с подсветкой от солнечных батарей, предназначенные для архитектурных зданий с минимизацией фасада”.

Целью раздела «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент» является оценка эффективности и возможности проведения данного исследования, оценки рисков и затрат, а также решение задач [1].

Поставим задачи для данного раздела:

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

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

Перспективность исследований определяется не столько значимостью и глобальностью открытия, которые будет сложно оценить на начальных этапах проекта, а именно коммерческой оценкой. Оценка коммерческой ценности – обязательно условие, необходимое для поиска источников финансирования и, следовательно, для успешного проведения научного исследования [1].

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов НТИ

Потенциальными потребителями данного научно технического исследования являются архитектурные здания с минимизацией фасада а так же города где наиболее солнечные погодные условия.

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка

		Отрасли, занимающиеся световыми приборами			
		Научные институты	Внедренческие организации	Заводы-изготовители	Компании, занимающиеся 3D печатью металлами
Сфера деятельности по световому прибору	Разработка адресной таблички питающиеся от солнечных батарей	x		x	
	Освоение новых методов создания адресных табличек на основе светодиода и солнечных панелей	x	x		
	Изучение свойств солнечных панелей	x		x	
	Анализ характеристик светодиода	x	x		
	Продажа адресных табличек	x	x	x	
	Продажа результатов исследований и анализов адресных табличек с автономной подсветкой	x			
	Использование светового прибора в промышленных целях			x	x

Как видно из карты сегментирования, научные институты выполняют наибольший цикл работ, связанных с данной разработкой.

Основным сегментом данного рынка являются научные институты, производящие и изучающие световые приборы.

Сегментом, на который ориентирована цель магистерской диссертации, является проектирование адресной таблички на основе светодиода и с автономной подсветкой, изучение свойств и их анализ.

В будущем предполагается применение проектированных результатов во многих институтах и компаний, занимающихся разработкой адресных табличек.

4.2 Иерархическая структура работ

Иерархическая структура работ – инструмент, позволяющий разбить проект на составные части. Она устанавливает иерархически структурированное распределение работ по реализации проекта, описывает все работы, которые должны быть выполнены в проекте.

Содержание работ данного проекта определено и структурировано в виде иерархии, которая приведена на рисунке 29.

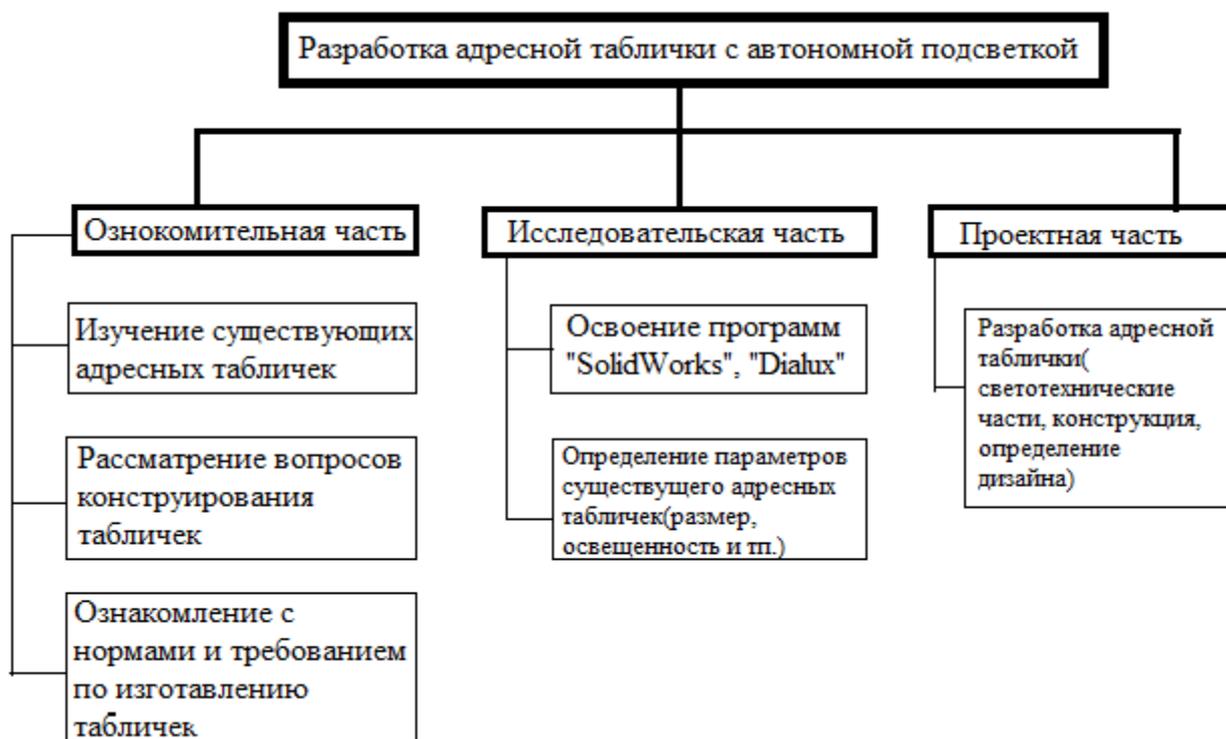


Рисунок 29 - Иерархическая структура работ

4.3 SWOT-анализ НТИ

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

Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1.Актуальность проводимого исследования С2.Уникальность исследования С3.Освоение продвинутых проектирующих программ С4.Наличие опытного научного руководителя	В1.Анализ существующих приборов и разработка новых систем освещения для потребителей В2.Развитие отношений с зарубежными производителями и потребителями и укрепление конкурентности В3.Получения государственной поддержки в рамках программ поддержки наукоемкого бизнеса на городском, областном и федеральном уровнях
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1.Большие финансовые, производственные затраты на реализации проекта Сл2.Требуется деталей и материалов сложных форм, разрешаемым за счет приобретения у других стран Сл3. Техническая сложность в эксплуатации Сл4.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования	У1.Продукция маловостребована У2.Развитие конкуренции в сфере исследований комбинированных световых приборов с солнечными батареями У3.Слабые стороны проекта может стать преимуществом для конкурентов обладающих более развитыми технологиями и низкими издержками

Следующий этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Результаты анализа SWOT – матрицы проекта представлены в таблице 10.

При анализе сильных сторон проекта можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В1С1С2С3С4, В2С1С2С3, В3С1С3, также можно выявить следующие корреляции сильных сторон и угроз: У1С1С2.

При анализе слабых сторон можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В1Сл1Сл2, В2Сл2Сл3 Сл3, также можно выявить следующие корреляции слабых сторон и угроз: У1Сл2, У2Сл3, У3Сл1Сл2Сл3.

Таблица 10 - SWOT-анализ итоговой матрицы

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

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

4.4 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ выполняется поэтапно:

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

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

В данном пункте составлен перечень работ в рамках проведения научного исследования и распределены исполнители по видам работ. Порядок приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание исследовательской части работ	Содержание технической части работ	Должность исполнителя
Ознакомительная часть	1	Изучение существующих адресных табличек	Обзор литературы, сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, изучения характеристик существующих приборов.	Магистрант
	2	Рассмотрение вопросов конструирование	Обзор светотехнических характеристик существующих приборов.	Руководитель
	3	Календарное планирование работ по теме	Составление графика выполнения работ на всех этапах.	Магистрант
Исследовательская часть	4	Освоение программ “dialux”, “solidworks”	Обзор методических указаний по светотехническому расчету и проектированию деталей в 3д форме.	Магистрант
Проектная часть	5	Составление комплектации	Перечень необходимых материалов для разработки таблички	Магистрант
	6	Разработка лицевой части таблички	Моделирование лицевой части и применение его в компоновке таблички в программе “solidworks”	Магистрант
	8	Расчет электрической части	Выбор электрических драйверов для комфортно работы, сборка электрического блока	Магистрант
Оформление отчета, по НИР	9	Составление пояснительной записки	Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов.	Магистрант
	10	Архивация полученных выводов	Написание выводов о проделанной работе.	Руководитель, Магистрант

Линейный график проекта представлен в виде календарного плана.

Таблица 12 – Календарный план

№ работ	Вид работ	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Изучение существующих адресных табличек	20	10.09.17	30.09.17	Магистрант
2	Рассмотрение вопросов конструирование	21	2.10.17	23.10.17	Руководитель
3	Календарное планирование работ по теме	5	24.10.17	29.10.17	Магистрант
4	Освоение программ “dialux”, “solidworks”	12	30.10.17	11.11.17	Магистрант
5	Определение параметров существующих адресных табличек на рынке	1	13.11.17	14.11.17	Магистрант
6	Разработка лицевой части таблички	60	15.11.17	13.01.18	Магистрант
7	Сборка комплектации	30	15.01.18	13.02.18	Магистрант
8	Расчет электрической части	30	14.02.18	15.04.18	Магистрант
9	Составление пояснительной записки	7	15.05.18	22.05.18	Магистрант
10	Архивация полученных выводов	7	23.05.18	30.05.18	Руководитель, Магистрант
	Итого		193		

Таблица 13 - Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	Дни	Продолжительность выполнения работ											
				Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май			
1	Изучение сущ. адресных табличек	магистрант	20	■											
2	Россмотрение вопросов конструирование	руководитель	21		■										
3	Календарное планирование работ по теме	магистрант	5			■									
4	Освоение программ "dialux", "solidworks"	магистрант	12			■									
5	Определение параметров сущ. АТ на рынке	магистрант	1			■									
6	Разработка лицевой части таблички	магистрант	60			■	■	■							
7	Сборка комплектации	магистрант	30					■	■						
8	Расчет электрической части	магистрант	30						■	■					
10	Составление пояснительной записки	магистрант	7											■	
11	Архивация полученных выводов	руководитель, магистрант	7											■	

■ - научный руководитель ■ - магистрант

По анализу диаграммы Ганта общее число работ составило 10. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 28 чел/дней, для студента-исполнителя составила 172 чел/дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 193 календарных дней. При этом стоит учитывать вероятностную составляющую оценки трудоемкости, то есть продолжительность работ по этапам может увеличиваться или сокращаться.

4.5 Расчет бюджета для научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета НТИ используется группировка затрат по статьям:

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

Так же для оценки расходов, затраченных на проведение данного научно-технического исследования, составим смету расходов и амортизацию используемой техники.

Рассчитываем смету расходов, включающую затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

4.5.1 Специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а

в ряде случаев по договорной цене. Наименование оборудование и его цены указаны в таблице 14.

Таблица 14 – Спецоборудование для научных работ

№ п/п	Наименование	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб
1	ПК	1	45000	45000
2	светодиод	15	5	75
3	Цифровой фотоаппарат	1	6500	6500
4	Флуоресцентная краска	2	300	600
5	Батарейка	2	51	102

4.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном пункте рассчитывается основная заработная плата руководителя и магистранта. Заработная плата определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок ТПУ. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Пункт включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

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

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}} , \quad (2)$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Таблица 15 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	214
Рабочие дни	28	172

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{гс} , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб.дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	28361	1011	28	28308
Магистрант	12975	593	172	101996
Итого				130304

Тарифные ставки были приняты на основании регламентирующих документов планово-финансового отдела ТПУ [2].

4.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (3)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 4.5.4.

4.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данном пункте рассчитываются обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (4)$$

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

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году водится пониженная ставка – 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлено в таблице 17.

Таблица 17 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Итого
Научный руководитель	28308	4125	32431
Магистрант	101996	15031	117027
Итого	130304	19156	149458
Отчисления, руб (30 %)			
Научный руководитель	9729		44837
Магистрант	35108		

4.5.5 Накладные расходы

Накладные расходы – то все прочие затраты, не вошедшие в предыдущие пункты (ксерокопии, электроэнергия, отопление, услуги связи и др.). Вычисляются по следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (5)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%, тогда размер накладных расходов составит 23913,3 рублей.

4.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведено в табл. 18

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Итого	%
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	130304	55,45
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19156	9,45
3. Отчисления во внебюджетные фонды	44837	18,5
4. Накладные расходы	23913	16,6
Бюджет затрат НИИ	218210	

Таким образом, основная заработная плата 130304 рублей, дополнительная заработная плата 19156 рублей, отчисления во внебюджетные фонды 44837 рублей, накладные расходы 23913. Суммарный бюджет затрат научного исследования составил – 218210 рублей. Учитывая перспективность исследования и бюджет НИ ТПУ, было бы целесообразно провести данное научное исследование, т.к. затраты сравнительно небольшие для исследования такого уровня, если предположить что такие исследования будут проводиться каждый год.

4.6 Оценка рисков НИИ

При оценке рисков НИИ оценивается вероятность их наступления (P_i). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Экономические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Инфляция	100	1	0,019	1,960
2	Экономический кризис	25	2	0,039	0,980
3	Недобросовестность поставщиков	25	6	0,117	2,941
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	7	0,137	6,862
5	Снижение уровня спроса на продукцию	50	10	0,196	9,803
6	Сложность выхода на мировой рынок	75	7	0,137	10,294
7	Колебания рыночной конъюнктуры	25	6	0,117	2,941
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	2	0,039	0,980
9	Низкие объемы сбыта	50	10	0,196	9,803
	Сумма		51	1	46,568

Таблица 20 – Технологические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Возможность поломки оборудования	25	7	0,25	6,25
2	Низкое качество поставленного оборудования	25	9	0,3214	8,0357
3	Неправильная сборка оборудования	25	8	0,2857	7,1428
4	Опасность для работающего персонала и аппаратуры	75	4	0,1428	10,714
	Сумма		28	1	32,142

Таблица 21 – Научно-технические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Развитие конкурентных технологий	75	7	0,145	10,937
2	Создание новых методов синтеза	75	7	0,145	10,937
3	Риск невозможности усовершенствования технологии	50	8	0,166	8,333
4	Отсутствие результата в установленные сроки	50	7	0,145	7,2916
5	Получение отрицательного результата при внедрении в производство	25	10	0,208	5,208
6	Несвоевременное патентование	25	9	0,187	4,687
	Сумма		48	1	47,395

Далее производится расчет общих рисков:

Таблица 22 – Общая оценка риска проекта

Виды рисков в группе	P _i	b _i	W _i	P _i *W _i
Экономические	46,57	10	0,25	11,64
Технологические	32,14	9	0,5	16,07
Научно-технические	47,4	6	0,25	11,85
Итого		25	1	39,56

Итоговая оценка составила около 40%, что является весьма неплохим показателем для научного исследования.

4.7 Анализ и оценка научно-технического уровня исследования

Необходимо рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i \cdot П_i \quad (6)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

$П_i$ – количественная оценка i – го признака.

Таблица 23 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.4
Теоретический уровень	0.2
Возможность и масштабы реализации	0.4

Таблица 24 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
<u>8-10</u>	<u>Сравнительно высокий НТУ</u>
11-14	Высокий НТУ

Таблица 25 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
<u>Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами</u>	<u>8</u>
Разработка алгоритма	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 26 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
<u>В течение первых лет</u>	<u>10</u>
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
<u>Отрасль</u>	<u>4</u>
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.4, P_1 = 10, k_2 = 0.2, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$HTU = 0.4 \cdot 10 + 0.2 \cdot 8 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 8.4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей (освещение закрытых больших площадок). Таким образом, анализируя результаты оценки, можно заключить, что проектная работа имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, а также приемлемый уровень рисков.

4.8 Оценка ресурсоэффективности проекта

Ресурсоэффективность разработки светового прибора определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

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

где: I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент проекта;

b_i - бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 27.

Таблица 27 - Сравнительная оценка характеристик проекта

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

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

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет важное значение при выполнении раздела «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент». Его высокое значение говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности и надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы.

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

В условиях научно-технического прогресса, быстро растущего производства, внедрения новой техники и технологий, роста роли человека на производстве и социальной значимости безопасных и здоровых условий труда, проблема безопасности жизнедеятельности приобретает особую актуальность.

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. Увеличение освещенности рабочей поверхности улучшает видимость рабочих объектов за счет повышения их яркости, увеличивает скорость различения деталей, что сказывается на росте производительности труда. В данном разделе будут рассматриваться характеристики производственных и экологических опасностей, разработка системы обеспечения экологической и производственной безопасности, организационно-экономическое обеспечение системы безопасности жизнедеятельности при разработке адресных табличек с автономной подсветкой. В данной главе будет описана социальная ответственность научно-исследовательской работы в компьютерном классе.

Основные и вспомогательные работы, с использованием ПЭВМ производятся в помещении компьютерного класса (учебный корпус 16В, 248 ауд.). В аудитории имеется 12 персональных компьютеров. Выполнение данной выпускной квалификационной работы осуществлялось с помощью прикладного программного обеспечения.

Цель данного раздела: проанализировать опасные и вредные факторы при данном виде производственной деятельности и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов. А также изучить требования, предъявляемые к условиям работы пользователей ПЭВМ и обеспечить безопасность в чрезвычайных ситуациях.

5.1 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды

К вредным факторам относятся:

- неблагоприятные условия микроклимата.
- повышенный уровень шума;
- недостаточной освещенности;
- электромагнитные излучения;

Неблагоприятные условия микроклимата

Большое внимание необходимо уделять параметрам окружающей среды. От температуры, давления и влажности зависят условия электробезопасности. Микроклиматические условия в помещении существенно сказываются на качестве работы и производительности труда, а также на здоровье работников.

Неблагоприятные условия микроклимата приводят к нарушению теплового баланса. Понижение температуры окружающего воздуха приводит к увеличению теплоотдачи от организма за счет теплопроводности, конвекции и излучения. Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха также увеличивает теплоотдачу от организма и может привести к переохлаждению организма за счет возрастания отдачи теплоты конвекцией и при испарении пота. При переохлаждении организма уменьшается функциональная деятельность органов человека, скорость биохимических процессов, снижается внимание, затормаживается умственная деятельность и, в конечном счете, снижается активность и работоспособность.

При повышении температуры, тепловыделения человека начинают превышать теплоотдачу, может возникать перегрев организма. Ухудшается самочувствие и падает работоспособность. Действие высокой температура

воздуха на организм нередко вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, наблюдаются изменения со стороны дыхания, снижается секреция желудочного и поджелудочного сока, желчи, угнетается моторика желудка, снижается сила условных рефлексов, ослабляется внимание, ухудшается координация движения, что может быть причиной роста травматизма, снижение работоспособности и производительности труда.

При обеспечении допустимых показателей микроклимата температура внутренних поверхностей конструкции, ограждающих рабочую зону (стен, потолка, пола) не должна превышать предел допустимых величин температуры воздуха.

В холодный период года следует применять средства защиты рабочего места от радиационного охлаждения от остекленных поверхностей оконных проемов, в теплый период от попадания прямых солнечных лучей. Производственное помещение располагается в цокольном этаже и не имеет оконных проемов.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей оборудования, осветительных приборов не должна превышать 70Вт/м при величине облучения поверхности от 25 % до 50 % на постоянных рабочих местах[6].

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период и системой вентиляции в теплый период.

Таблица 28 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более		
		Верхняя	Нижняя						
		Пост. пост.	Не пост.	Пост. пост.	Не пост.				
Холодный	22 – 24	25	26	21	18	40 - 60	75	0,1	0,1
Теплый	23 – 25	28	30	22	20	40 - 60	70	0,1	0,1

Характеристика помещения:

- температура колеблется в пределах (23 – 26) °С;
- относительная влажность 50 %;
- скорость движения не более 0,1 м/с.

Следует отметить, что при обеспечении оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года необходимо применять средства защиты рабочего места от охлаждения от остекленных поверхностей оконных проемов, в теплый период года – от попадания прямых солнечных лучей.

Из приведенных данных следует, что температура воздуха в помещении соответствует нормам. Принятия дополнительных мер по созданию благоприятных условий не требуется.

Повышенный уровень шума

Шум оказывает на организм человека неблагоприятное воздействие и может вызвать различного рода болезненные состояния, в том числе тугоухость и глухоту. Источником звуков являются вибрирующие тела, вызывающие колебания частиц воздуха

Подобные шумы небольшой интенсивности, порядка 50-60 дБА, негативно воздействуют на нервную систему человека, вызывают бессонницу, неспособность сосредоточиться, что ведет к снижению производительности труда и повышает вероятность возникновения несчастных случаев на производстве. Если шум постоянно действует на человека в процессе труда, то могут возникнуть различные психические нарушения, сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и кожные заболевания, тугоухость [16].

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17] в производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормами (таб. 3).

Таблица 13 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука при научной деятельности и обработке данных для широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума (ГОСТ 12.1.003-83 (1999)) [18]

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами а Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
5	3	5	0	0	0	0	0	0	50
86	7	61	54	49	45	42	40	38	

	1								
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--

При постоянном шумовом воздействии необходимо строго соблюдать режим труда и отдыха [16].

Недостаточная освещенность

В данном помещении используют искусственное и естественное освещение, поскольку работа в основном зрительная, то естественного освещения не достаточно, особенно в темное время суток.

Исследование освещенности рабочей зоны необходимо для обеспечения нормативных условий в помещениях и на открытых площадках в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [19]. Реальная освещенность на рабочем месте может быть взята из паспорта производственного помещения, материалов аттестации рабочих мест по условиям труда, измерена при помощи люксметра, или определена путем расчета, изложенного ниже.

Требования к освещению ряда производственных помещений представлены в таблице приведены в таблице 29 в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [19].

Таблица 29 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г и В горизонтальная, вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, Лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
				всего	от общего			
1. Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительств а	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Электромагнитные излучения

Оценка уровней электромагнитных полей проводится при выполнении ряда работ с компьютерами и прочим электрическим оборудованием.

При работе с компьютером допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) указаны в таблице 32. Они нормируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17].

Таблица 30 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

По паспортным данным компьютер и монитор соответствуют нормам ТСО 1999 и MPR – II, значит величина ЭМП соответствует нормативным значениям.

Монитор отвечает требованиям ТСО 1999, а значит, что в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17] мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса монитора (на электроннолучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не превышает 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч).

Мероприятия по защите от воздействия электромагнитных полей:

- уменьшение составляющих напряженностей электрического и магнитного полей в зоне индукции, в зоне излучения уменьшение плотности

потока энергии, если позволяет данный технологический процесс или оборудование;

- защита временем (ограничение времяпребывания в зоне источника электромагнитного поля);
- защита расстоянием (60 — 80 мм от экрана);
- метод экранирования рабочего места или источника излучения электромагнитного поля;
- рациональная планировка рабочего места относительно истинного излучения электромагнитного поля;
- применение средств предупредительной сигнализации;
- применение средств индивидуальной защиты.

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов производственной среды

К опасным факторам относится :

- электрический ток ;

Электрический ток. Электрические установки, к которым относятся ПЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность. В процессе эксплуатации или при проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под током.

Согласно классификации помещений по электробезопасности, дипломный проект разрабатывался в помещении без повышенной опасности (класс 01 по ГОСТ 12.1.019 – 85 [21]), характеризующимся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220В, 50Гц;
- относительная влажность воздуха не более 75%;
- средняя температура не более 35°С;
- наличие деревянного полового покрытия.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако, возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящихся под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение электрическим током организма человека носит название электротравмы. Чем больше время воздействия тока, тем сильнее будет поражение и тем меньше вероятность восстановления жизненных функций организма. В таблице 13 представлены значения предельно допустимых уровней напряжения и тока в зависимости от продолжительности воздействия на организм человека.

Таблица 31 – Предельно допустимые уровни напряжения и тока (ГОСТ 12.1.038-82) [16]

Ряд тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые уровни, не более, при продолжительности воздействия тока, с											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	С.в.
Перемежные и 50 Гц	Напряжение, В Ток, мА	650	50	25	1	1	1	8	7	65	5	5	6
Перемежные и 400 Гц	Напряжение, В Ток, мА	650	50	50	3	2	2	1	1	11	1	1	3
Постоянный	Напряжение, В Ток, мА	650	50	40	3	3	2	2	2	22	2	2	4

Основными техническими способами и средствами защиты от поражения электрическим током являются:

- защитное зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное заземление;
- электрическое разделение сети;
- изоляция токоведущих частей;
- оградительные устройства и другое.

В помещении компьютерного класса не имеется не защищенных изоляцией токоведущих частей электроустановок. Для контроля состояния электрической изоляции проводов, производят периодические испытания изоляции. Периодическое измерение сопротивления изоляции позволяет своевременно выявить и устранить повреждения.

Суть электризации заключается в том, что нейтральные тела, не проявляющие в нормальном состоянии электрических свойств, в условиях отрицательного контакта или взаимодействия становятся электростатически заряженными. Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры и вредном воздействии его на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля, возникающем при заряженном поле.

Для защиты от статического электричества компьютерная и орг. техника в помещении заземлена, а также ежедневно в помещении проводится влажная уборка.

В компьютерном классе используются для питания приборов напряжение 220 В переменного тока с частотой 50 Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому обязательны следующие предосторожности:

- перед началом работы убедиться, что выключатели, розетки закреплены и не имеют оголенных токоведущих частей;

- не включать в сеть компьютеры и другую оргтехнику со снятыми крышками;
- при обнаружении неисправности компьютера необходимо выключить его и отключить от сети;
- при обнаружении неисправностей или порчи оборудования необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений и ничего не разбирая сообщить преподавателю или ответственному за оборудование;
- запрещается загромождать рабочее место лишними предметами;
- по окончании работы ответственный должен проверить оборудование, выключить все приборы и главный рубильник.

5.2 Экологическая безопасность

В последние годы во всем мире все с большей силой поднимается вопрос об охране окружающей среды. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере, истощение озонового слоя и прочие загрязнения природы приводят к тому, что в природе изменяется привычный для данного периода ход вещей. Для примера – увеличивается средняя годовая температура окружающей среды, что приводит к глобальным изменениям климата, а в последствии и ландшафта поверхности Земли.

По оценке специалистов, только 30% люминесцентных ламп собирают по правилам, остальные 70% выбрасываются в обычный мусорный контейнер. В производстве энергосберегающих ламп в небольших дозах (в виде амальгамы) используется ртуть. Учитывая это, лампы требуют определенных условий для хранения, эксплуатации и утилизации. Согласно санитарным нормам отходы, содержащие ртуть, должны временно храниться в герметичных емкостях или контейнерах в закрытых помещениях, исключая доступ посторонних лиц. Их перевозка на полигоны складирования должна осущест-

вляться специализированными лицензированными организациями. Размещение отходов на полигонах твердых бытовых отходов категорически запрещается.

При выполнении дипломной работы никакого ущерба окружающей среде не было нанесено.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Помещение компьютерного класса по степени пожароопасности относится к классу П-2а [22], так как в нем отсутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п. Для устранения причин возникновения пожаров в офисном помещении проводятся следующие мероприятия:

- сотрудники проходят противопожарный инструктаж;
- сотрудники знают расположение средств пожаротушения и умеют ими пользоваться;
- обеспечивается правильный тепловой и электрический режим работы компьютерной и орг. Техники.

Пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения содержатся в исправном состоянии и находятся на видном и легкодоступном месте. При загорании снять огнетушитель, поднести к очагу загорания, не менее 1 метра, прочистить спрыск иглой или гвоздем, повернуть рычаг до отказа до 180°, перевернуть огнетушитель вверх дном и направить струю на огонь. Действие огнетушителя 60 секунд, длина струи пены 6-8 метров. Выход пены из

огнетушителя 50 литров. Огнетушители ОВП-5 - снять огнетушитель, выдернуть чеку, нажать на спусковой клапан и направить струю на огонь. Время действия - 50 секунд длина струи 5-7 метров, выход пены - 50 литров. Огнетушители ОП-5 - порошковые, предназначены для тушения загорания установок под напряжением до 1000В. При загорании снять огнетушитель, поднести к загоранию, выдернуть чеку и нажать на клавиш, а затем направить пистолет на огонь. Огнетушитель ОУ-2 - углекислотные, применяются для тушения электрооборудования под напряжением до 1000В и др. предметы. При загорании поднести огнетушитель к загоранию, выдернуть чеку и нажав на нижний рычаг направить струю на огонь.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основные требования к помещению с ПЭВМ согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17]:

- запрещено располагать рабочие места с ПЭВМ в подвальных помещениях;
- пол помещения должен быть ровный, с антистатическим покрытием;
- отделка помещения полимерными материалами нежелательна;
- расстояние между боковыми поверхностями мониторов должно быть не менее 1,2 м;
- освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк;
- помещения с компьютерами должны иметь площадь не менее 6 м² на одного работающего;
- концентрации вредных веществ, выделяемых ПЭВМ в воздух помещений, не должны превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для атмосферного воздуха;

– конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения монитора. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17].

Организация и оборудование рабочих мест с ПЭВМ для различных категорий пользователей:

– рабочее место должно располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева;

– окна в помещениях с ВДТ и ПЭВМ должны быть оборудованы регулируемыми устройствами (жалюзи, занавески, внешние козырьки и т.д.);

– расстояние между рабочими столами с видеомониторами должны быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;

– монитор, клавиатура и корпус компьютера должны находиться прямо перед оператором; высота рабочего стола с клавиатурой должна составлять 680 – 800 мм над уровнем пола; а высота экрана (над полом) – 900 – 1280 см;

монитор должен находиться от оператора на расстоянии 60 – 70 см на 20 градусов ниже уровня глаз.

Заключение

В работе проведено экспериментальное исследование с флуоресцентной краской, а так же создано макет лицевой части адресной таблички.

Установлено, что при возбуждение флуоресцентной краской источником света (в нашем случай 5мм белый светодиод) у краски выявляется длительное послесвечение. Выяснилось что при 60 минутном возбуждении краска дает 32 минут стабильного послесвечения. Спустя 5 минут было повторное измерение интенсивности краски. Падение интенсивности краски было зафиксировано в прграмном комплексе PixelProfile.

Были произведены расчеты потребляемой мощности адресной таблички в течение месяца и суток. По полученным данным выяснилось, что максимальная потребляемая мощность приходит на декабрь и январь месяц.

Выполнен анализ обзора рынка солнечных панелей, и составлена сравнительная таблица их основных параметров.

Была разработана технологическая карта, которая описывает поэтапную методику изготовления уникально адресной таблички с подсветкой

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были рассчитаны финансовые расходы на материалы и комплектующие изделия, применяемые при конструировании адресной таблички.

В разделе «Социальная ответственность» были проанализированы опасные и вредные факторы при данном виде производственной деятельности и решено вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

Список литературы

1. Щепетков Н.И. Световой дизайн города. М. : Архитектура-С, 2006. № 19.
2. <https://mihanti.livejournal.com/5659.html>
3. <http://niidg.ru/interes/adresnye-tablichki-kak-poslednij-shtrix-v-arxitekture-doma/>
4. Рябов А. Часто задаваемые вопросы по светодиодам, технологиям их производства и применения / А. Рябов // Цоколь. – 2004. – № 1.
5. <https://leds-test.ru/>
6. Светодиоды – новые технологии рынка освещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ledmir.ru/public_01.htm. – Дата доступа: 19.01.2018.
7. Постановление Мэра г. Томск от 12 мая 2008г. № 362 «Об утверждении правил содержания и ремонта фасадов зданий и сооружений в городе Томске».
8. Гудимов М.М., Перов Б.В. Органическое стекло. М.: Химия. 1981. С. 63-65.
9. Таганова А. А., Бубнов Ю. И., Орлов С. Б. Герметичные химические источники тока: элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: Справочник СПб.: Химиздат, 2005., 52 стр.
10. Современные Li-ion аккумуляторы. Типы и конструкция. Журнал «Компоненты и технологии» № 11 за 2013 год., стр. 67–74
11. Рыкованов А. С. Системы баланса Li-ion аккумуляторных батарей// Силовая электроника. № 1 за 2009., стр. 52–55
12. Способы заряда Li-ion аккумуляторов и батарей на их основе. Журнал «Компоненты и технологии» № 11 за 2012 год., стр. 48–53
13. Электронный ресурс BU-409: ChargingLithium-ion., http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries
14. Коровин Н. Никель-Металлгидридные аккумуляторы. // Электронные компоненты. - 2002. - №4.

15. Афанасьев К. Топливные элементы - батарейки будущего. // Радиолобитель. - 2005. - №2. - с.26-29
16. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – Москва-Берлин – 2004.
17. Никифоров С.Г. Разработка средств измерений и методов контроля параметров полупроводниковых излучателей на основе соединений АПВ V , используемых в высоконадёжных приборах: дис. ... д-ра техн. наук. – Моск- ва, 2015. – 386 с.
18. *Д. Мак-Вейг* Применение солнечной энергии. — М.: Энергоиздат, 1981. — Тираж 5 600 экз. — 210 с.
19. *Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д.* [Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения](#). — Л.: Наука, 1989. — 310 с.
20. Рейви К. Дефекты и примеси в полупроводниковом кремнии. – М.: Мир, 1984. – 472 с.
21. Гременок В. Ф. Солнечные элементв на основе полупроводниковых материалов. – Минск: ИЦ БГУ, 2007. – 222с.
22. Шапавалов В.А., Никитенко Ю.А. Профилированные монокристаллы кремния для солнечной энергетики // Вопросы атомной науки и техники. – 2014. - № 1 (89). – С. 48 – 52.
23. Кучеров А. В. Сравнительный технико-экономический анализ альтернативных источников энергии России / А. В. Кучеров, О. В. Шибилева // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2012.- № 03.- С. 108–111.
24. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

25. Районный коэффициент и северная надбавка. Эл.рес:
<http://bushminsergey.blogspot.ru/2013/01/blog-post.html>

26. Курс Экономики. Учебник. Под ред. Б.А. Райзберга. М.: ИНФРА-М, 2001

27. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпидналзор, 2003.

28. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимое значения напряжений прикосновения и токов.

29. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

30. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: Госстрой России, 1997. – 12с.

31. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

32. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпидналзор России, 2003.

33. ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

34. СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение.

35. Кривошеин Д.А. Экология и безопасность жизнедеятельности: Уч. пос. для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447с.

36. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимое значения напряжений прикосновения и токов.

37. ПОТ Р М-016-2001 «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок». – М., 2001.-94
38. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей – М., 2003. – 183с.
39. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. и допол. – Новосибирск, 2006. – 123с.
40. Ефремова О.С. Требования охраны труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Альфа-Пресс, 2008. – 176с.
41. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Chapter 1. History and current status of address plates, overview and history of creating LEDs directly for highlighting address plates.

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ6А	Саттыбаев Дархан Ермакович		

Руководитель ВКР:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЛИСТ	Зыков И.Ю.	к.ф-м.н		

Консультант - лингвист кафедры ИЯФТИ ФТИ:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение иностранных языков, старший преподаватель	Ажель Юлия Петровна			

Chapter 1. History and current status of address plates, overview and history of creating LEDs directly for highlighting address plates.

1.1 The history of the appearance of address plates.

Today, it is difficult to imagine houses and streets without the presence of numbered indexes. They are necessary for better orientation of people on the ground. In any city today you are sure to find address plates and license plates of houses.

The need for the designation of streets and house numbers arose around the 17th century. The first address plates were in the form of wooden plates, fixed on poles. Empress Ekaterina II ordered this notation. In the decree signed by her, it was said that plates with a simple name should be assigned to each lane and street. A little later, marble plaques were added to the wooden ones, on which were inscriptions and digital signposts. They showed the streets of the city, neighborhoods and districts.

At the beginning of the XIX century for the production of plates used iron, and by the end of the century they were replaced with enamel products. At this time throughout the city the numbering of houses was carried out, in St. Petersburg there were about 4,500.

A sign on the house is an important element of any building, house or parking. Pointers can be of any style, among themselves they differ in the material of manufacture.

- Plastic - due to quality indicators, low cost and appearance, such tablets are most popular. The base of plastic can be easily fixed, it shows good resistance to various kinds of climatic influences.



Figure 1 – plate plastic.

- Metal - the cost of these plates is slightly higher than plastic, but they have greater strength.



Figure 2 – plate metal

One of the main drawbacks of these plates was and will be, poor visibility at night.

- With a reflective film or light (lightbox) - thanks to the coating, the plate becomes noticeable in the dark.



Figure 3 – lightbox.

As you can see, in the figure, you need to lay a cable to light a lightbox. At the same time, there are a lot of buildings representing historical and architectural value, for which it is extremely desirable to minimize any extraneous elements located on the facade. These elements include, among other things, address plates and cables for powering their backlight, and the lighting elements themselves, if they are not integrated into the plate. One of the solutions to this problem can be the creation of tablets with the least "contamination" of the facade with built-in LED backlighting and, if possible, autonomous power from solar cells .

1.2. The LEDs.

The issue of saving electricity today is relevant for us, as never before. Nobody wants to get fabulous bills for light, and why waste energy for when its quantity is quite limited. Therefore, in recent years many engineers have been trying to optimize energy consumption in many electrical appliances. This was not ignored by the side.

Modern users are trying to ensure that even a simple light bulb does not "shake" a lot, and this is a reasonable correct approach. That's why, today many people switch to LEDs to cut electricity costs and not lose the quality of lighting.

The LED is a semiconductor device, the action of which is based on the phenomenon of photon emission that occurs when carriers of unlike charges are recombined in the region of contact of semiconductor materials with different types

of conductivity (the so-called pn junction). Recombination is the disappearance of a pair of free carriers of the opposite charge in a medium, energy. The LED consists of a semiconductor crystal on a conductive substrate, housing with contact terminals and an optical system.

The LED consists of a semiconductor crystal on a conductive substrate, housing with contact terminals and an optical system. To increase the vitality, the space between the crystal and the plastic lens is filled with a transparent silicone. Aluminum base serves to remove excess heat.

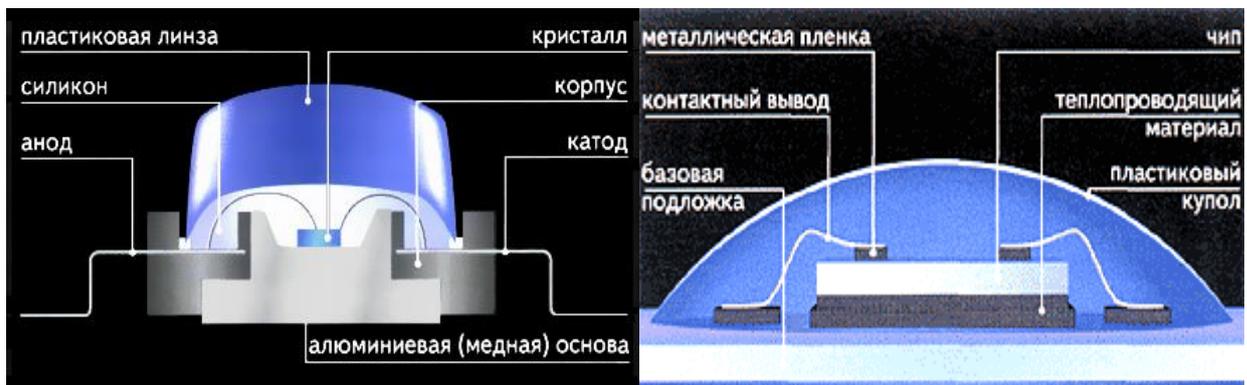


Figure 4 - the device LED.

Types of LED: Indicator; lighting.

Indicators include LEDs used in engineering and in cars. Semiconductors of this type differ in color, material and diameter of the bulb 3mm, 5mm, 8mm, 10mm.



Figure 5 - indicator LEDs.

Lighting LEDs. Several techniques for obtaining a white color are used. The first is the RGB method. RGB-LED is a combination of LEDs of red, green and

blue. Another method of obtaining white light is that the LED emitting the ultraviolet invisible to the eye is covered with three kinds of phosphor, emitting blue, green and red when excited. When these colors are blended, white light is produced.

Lighting LEDs type SMD. Abbreviation SMD - Surface Mounted Device - English. device. surface mounted. They consist of an aluminum or copper substrate. On the substrate itself is mounted the crystal, soldered to the contacts of the housing, in which the substrate is enclosed. The crystal is coated with a lens, in some cases only with a phosphor. One substrate can accommodate up to three diodes, depending on the application of the future light source.



Figure 6 - SMD light emitting diodes.

COB LEDs.

Diodes of COB type (Chip On Board - English chip on the board). In this case, 9 or more crystals are mounted on one board (substrate). They are filled with a phosphor. In this form, we get the LED with great brightness. The main purpose is lighting.

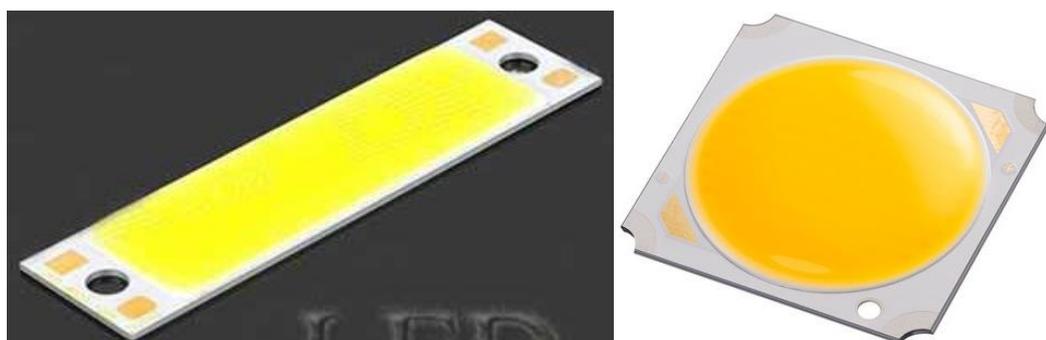


Figure 7 - Lighting LEDs of the COB type.

Light-Emitting Diodes (LEDs) have been part of daily life for many decades, starting with indicator lamps and infrared remote controls in the 1960s. Yet it is only in 2014 that the Nobel Prize in Physics was awarded for LEDs, and namely for blue LEDs that eventually allowed one to produce white light. The aim of this article is to discuss basic LED physics so as to show why LEDs are potentially excellent light emitters, in particular for lighting applications, to present a short history of the various inventions that led to modern LEDs and in particular to explain why the 2014 Nobel Prize in Physics was awarded to Akasaki, Amano, and Nakamura. Finally, I shall discuss whether current LEDs really lead to energy savings, and more prosaically whether at the individual consumer level it makes sense to buy LED bulbs for domestic lighting.

1.3. Semiconductor LEDs.

In this section, I will present a rapid background on the history of electroluminescence, focusing on electroluminescence of inorganic semiconductors, with eventually a discussion of the physics of modern LEDs. Electroluminescence is in general the process through which light is emitted when a current is flown through a material. Note that it might be argued that incandescent bulbs (the “Edison” bulb) are electroluminescent, but in that case the current flow is heating the material and light emission is only due to the filament high temperature: it is therefore more correct to speak of electroluminescence when the current flow is directly responsible for the light emission mechanism. The first report of electroluminescence was made in 1907 by H.J. Round, working for the Marconi Company . What he did was to bias a piece of silicon carbide (at that time named *carborundum*) and to observe light of various colors depending on where he would put the electrodes and on voltage. He did not at that time understand the phenomenon. Twenty years later, Oleg Losev, a young Russian working as a technician at the Nizhny Novgorod Radio Laboratory, made tremendous progresses in the experimental observation and understanding of silicon carbide light-emitting diodes . In particular, he filed a patent in 1929 including the following claim: “The proposed invention uses the known

phenomenon of luminescence of a carborundum detector and consists of the use of such a detector in an optical relay for the purpose of fast telegraphic and telephone communication, transmission of images and other applications when a light luminescence contact point is used as the light source connected directly to a circuit of modulated current.” This is truly incredible: a 26-year-old technician without much of a formal education in physics patented in 1929 the high-rate transmission of data by electrically modulating a semiconductor light source! The visionary papers and patents of Losev remained, however, very little known for decades [5]. In the 1940s, a better mastery and understanding of semiconductors led to the first p–n junction, and subsequently to the first transistor. The first LEDs based on well-mastered p–i–n junctions could thus be elaborated and improved.

Going back to the basics, a semiconductor is a material whose conductivity can be modulated through introduction of impurities (called dopants). Inorganic semiconductors are crystals such as Si, GaAs, InP, GaN, with energy bands for electrons. The highest occupied energy band is called the valence band and is full of electrons for an undoped semiconductor, while the next band higher in energy is called the conduction band and is completely empty in an undoped semiconductor (Fig. 1). The energy difference between the minimum of the conduction band and the maximum of the valence band is called the band gap of the semiconductor. The light-emission process in a semiconductor is quite simple: when there is an electron in the conduction band and an empty state in the valence band (i.e. a lack of electron, called a hole), the conduction-band electron can relax to fill the empty state in the valence band, the energy difference (i.e. the band gap) being released as an emitted photon (Fig. 1). In other words, the electron and the hole recombine to emit a photon. This process happens in most semiconductors, with some notable exceptions called indirect semiconductors such as silicon or germanium (for which the photon emission process is not directly allowed, so that it is extremely inefficient). To make a semiconductor LED, one thus needs to bring at the same place in the material electrons in the conduction band and holes in the valence band. This is where doping becomes important. While an intrinsic semiconductor is essentially an insulator (the

electrons in the valence band cannot move at all as there are no free states to allow any electronic movement), semiconductors can be doped, in two ways. When impurities are introduced in the crystal with an extra electron per atom, these extra electrons end up in the conduction band. For instance, in a GaAs crystal, replacing some Ga atoms by Si atoms will lead to n-type doping, i.e. presence of electrons in the conduction band. Conversely, impurities lacking an electron can be added, leading to p-type doping, i.e. presence of holes in the valence band. An important point is that dopants are minority atoms in the crystal: one doping atom out of one million regular atoms can be enough to yield a large electrical conductivity. It is thus crucial to be able to master the doping level to tailor the electrical properties of semiconductors. It is precisely this mastery that started in the 1940s and 1950s and led to the microelectronics and optoelectronics revolutions. Coming back to LEDs, the basic structure to emit light from a semiconductor structure is thus to have in the same material a stacking of n-type (electrons in the conduction band) and p-type (holes, i.e. lack of electrons, in the valence band) material so that under electrical bias, electrons and holes (flowing in opposite directions as a hole moving leftward in the valence band is really all electrons in the valence band moving rightward) meet at the p–n junction and recombine to emit photons (Fig. 2). Once this was understood by the research community, what was needed to be done was clear: be able to produce high-quality crystals with well-mastered p-type and n-type doping. Thus the first GaAs infrared LED was demonstrated in 1962, soon followed by the first visible LEDs by various groups. In particular, N. Holonyak, then a researcher at General Electric, promoted the GaAsP alloy that allowed him to demonstrate the first visible semiconductor diode laser. It is important mentioning N. Holonyak, who among others has contributed to many progresses in the understanding and mastery of semiconductor light emitters. One very important point is that at a time when, due to lack of material quality, the first semiconductor LEDs were emitting extremely dim light, with efficiencies (electrical to optical power conversion ratio) of fractions of a percent, Nick Holonyak predicted that semiconductor LEDs would someday replace all light bulbs for general lighting applications in a 1963 issue of the Reader's Digest.

On what basis did he make this forecast? What Holonyak realized is the following: as had been very well known, incandescent light bulbs emit roughly as black-body emitters, in other words they emit a spectral curve that is linked to the filament temperature: when the temperature becomes higher, the emission spectrum shifts to shorter wavelengths. For the most efficient incandescent bulbs, most of the emitted light is in the infrared, and thus does not serve the purpose of lighting, but rather of heating. The electrical power to visible optical power conversion is thus intrinsically limited, to something like 5%. For semiconductor LEDs, the physics is totally different: potentially 100% of the electrical power can be converted to optical power, with a well-controlled emission wavelength (remember: the band gap yields the energy and hence the wavelength of the emitted photon). One can thus imagine a device with LEDs emitting at various visible emission wavelengths, each with a very large (ideally unity) conversion efficiency, so that visible white light (or for that matter any chosen mixture of visible colors) can be emitted with no heat losses (Fig. 3). This in principle should work, the only issue being to reach the technological maturity to build such highly efficient LEDs at various chosen wavelengths. This quest kept semiconductor researchers busy for the next decades, and eventually led to the 2014 Nobel Prize.

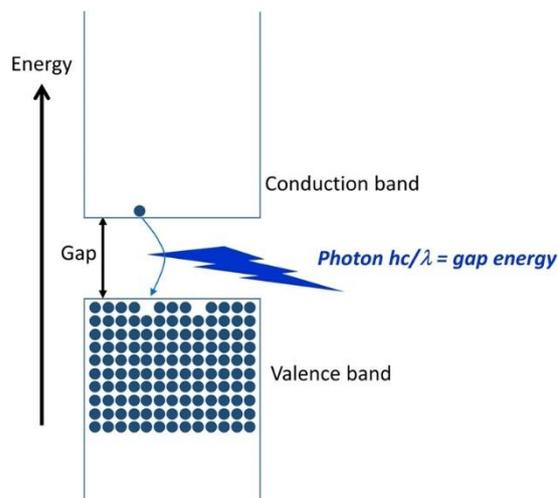


Fig. 8 - Schematics of a semiconductor band structure. The vertical scale is an energy scale for electrons. For an intrinsic semiconductor, the valence band has all of its level occupied by electrons, while the conduction band is empty of electrons. In this

case, electrical conductivity is not possible (an electron in the valence band is frozen as it has no other state to move to). The energy difference between the maximum of the valence band and the minimum of the conduction band is called the band gap of the semiconductor material. When there are electrons in the conduction band, electrical conductivity is made possible. It is also the case when some electrons are missing in the valence band (so called holes). Finally, when a conduction band electron and a valence band hole are at the same place in the semiconductor, they can recombine (i.e. the electron leaves the conduction band to fill the valence band hole) and emit a photon, with an energy (and hence a wavelength) corresponding to the band gap of the material.

In the 1960s and 1970s, the growth of high-quality semiconductors progressed at a large pace, allowing one to increase the performance of LEDs. First commercial applications were soon found, for instance as indicator lamps (for which small emitters working under low dc bias and emitting little light were required: perfect applications for early visible LEDs) or as infrared remotes (in that case, the spectrally narrow emission line at wavelengths invisible to the eye as well as the possibility to directly modulate the light output through electrical bias modulation fit perfectly the abilities of semiconductor LEDs). To be more precise, the better crystal quality (i.e. reduction in crystal imperfections such as point defects and dislocations) that was brought by modern crystal elaboration processes (high-quality epitaxy techniques such as liquid phase epitaxy and later molecular beam epitaxy (MBE) and metal–organic vapor phase epitaxy (MOVPE)) allowed one to reduce the non-radiative recombinations (i.e. energy loss for electrons and holes through emission of heat and not photons), thus increasing the internal recombination efficiency. Technological progress in doping and contacting of semiconductors allowed one to reduce access Joule losses in the electrical injection process.

One major issue was the contribution of photon extraction to the overall losses. This is due to total internal reflection in a high-index material. As is known from the Snell–Descartes law, beyond a critical incidence angle ($\sin^{-1}(n_1/n_2)$),

photons undergo total internal reflection at the interface between two media of different refractive indices. While this is good for some applications of prisms, or for optical fiber communications (the light cannot intrinsically leave the core of the optical fiber due to total internal reflection), this is bad for semiconductor emitters that have a large refractive index (for instance 3.5 for GaAs) and need to emit their photons in air eventually (Fig. 4). If nothing is done to extract light from the semiconductor, emitted photons are mostly internally reflected and eventually reabsorbed by the semiconductor chip or the contact metal for instance, and never make it to the outer world to serve as useful lighting photons. This is a severe problem: one can easily calculate that, for a GaAs emitter, only 2% of the emitted photons go through at their first encounter with a GaAs/air interface. Many strategies were used to tackle this problem, including roughening the surfaces (which enhances the probability of extracting photons at an interface), thinning the semiconductor chips (for correctly chosen chip thicknesses below the wavelength of interest, interference effects increase the light extraction efficiency), all this while maintaining other performances of the LED device (electrical injection and radiative recombination efficiency) and being compatible with low-cost mass production. It turns out that in the 1990s and 2000s many progresses were made, with eventually extraction efficiencies reaching more than 80% .

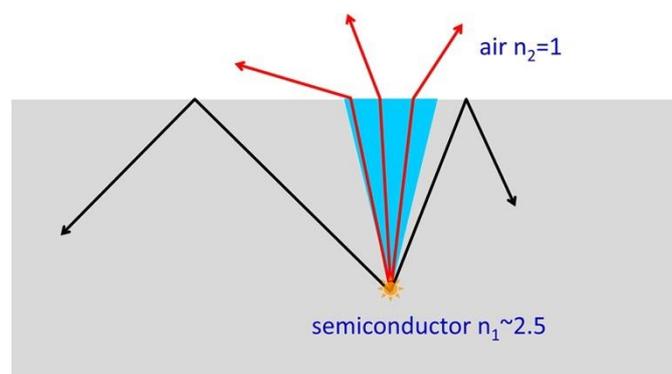


Fig. 9 - Schematics of total internal reflection in a GaN sample: the light emitted from a point source inside the semiconductor is refracted at the semiconductor–air interface, due to the refractive index difference. Above a critical angle given by the Snell–Descartes law, light is totally reflected within the semiconductor. This is a

critical issue to overcome if one is to design a semiconductor LED for which light is efficiently emitted outside the semiconductor chip.

So it seems that most technological issues concerning the efficiency of semiconductor LEDs could be solved, and the early dream of N. Holonyack could become true. The only problem was that while tremendous progresses were made on red and yellow LEDs based on AlGaAsP compounds, researchers very early understood that in order to produce white light, what was needed was a blue LED. Indeed, a blue LED could be mixed with other visible LEDs to produce white light. Another possibility could be to produce blue or ultraviolet (UV) LEDs to then excite phosphors emitting white light (similarly to fluorescent tubes for which a mercury-containing vapor emits UV light under electrical excitation to then excite phosphors – the whitish powder found on the inner surface of the tubes – which in turn emit white light). Despite many attempts in the 1960s and 1970s, the emission yield for blue LEDs remained extremely low compared to their red and yellow counterparts. And this is where the three recipients of the 2014 physics Nobel Prize stepped in.

1.4. LEDs lighting and potential for energy savings.

The Nobel committee awards its prize based on the benefit to mankind of the invention, in that case potential for energy savings for lighting. It is not my purpose to discuss extensively the history of lighting and how LED lighting (also called solid-state lighting) fits in. It can however be briefly recalled that the invention of the incandescent light bulb during the second half of the 19th century was a revolution in the sense that it allowed to have a reliable source of light, which was much more efficient and less hazardous than the oil lamp. The efficacy of a lighting device is expressed in units of lumen per watt. The lumen is the physical unit that measures the light power convoluted by the response of the human eye. The definition is that at the peak sensitivity of the eye (555 nm), 1 W of light corresponds to 683 lm. In other words, the maximum efficacy of a lighting device is 683 lm/W, for a device emitting strictly at 555 nm and with no losses. Evidently, a white light source will have a lower lighting efficiency as it will include wavelength for which the eye response is

not optimum, and an ultraviolet or infrared light-emitting device will have a lighting efficiency of 0 lm/W. Note that the input power can correspond to electrical power, or to chemical power, which allows us, for instance, to compare electrical devices and oil lamps. It is interesting to note that the lighting efficiency of an oil lamp is between 0.1 and 1 lm/W, while that of an incandescent light bulb is 15 lm/W . This in itself shows how much of a revolution the incandescent light bulb has been in terms of energy savings for lighting. The other striking feature is that incandescent light bulb technology has been very constant for many decades. It has been so constant that it has become custom to express the lighting power of a bulb in watts, which in fact corresponds to the lighting power of an incandescent bulb consuming so many watts of electrical power. As people are not (yet) familiar with lumens, this led manufacturers to display strange equations on their so-called energy-saving bulbs, such as $11.5 \text{ W} = 75 \text{ W}$, meaning: with 11.5 W of electrical power, you will get as much visible light as you would get with a traditional incandescent light bulb consuming 75 W.

LEDs have a number of advantages over traditional types of lighting and lighting:

- Service life up to 100 thousand hours or up to 25 years of work;
- High energy efficiency of LEDs;
- Environmental safety and lack of the need for special disposal of LED lighting fixtures;
- High mechanical strength, vibration resistance and reliability of fixtures;
- Absence of strong heating of the lamp with LED lighting and backlight;
- Purity of the radiation spectrum;
- LEDs allow the use of any color emission with LED lighting;
- Absence of harmful effect of low-frequency pulsations under illumination and illumination using LEDs, LED projectors, LED duralight;

- Complete absence of the danger of electric grid overloading at the moment of switching on the LED fixtures;

- Instant switching on of illumination, street, decorative lighting;

- Saving money at the stage of power allocation for the electrical installation.

LED lighting is energy-saving lighting;

- Instantaneous ignition when the supply voltage is applied, and the independence of the LEDs from low temperatures;

- Saving labor and money due to the lack of the need for constant maintenance of LEDs;