



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **Mugav valgusallikas**

### **Comfortable light source**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Jevgenia Boiko

Üliõpilaskood: 180850RDDR

Juhendaja: Juri Bõlov, juhtiv  
tehnikaspetsialist



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **Комфортный источник света**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Jevgenia Boiko

Üliõpilaskood: 180850RDDR

Juhendaja: Juri Bõlov, juhtiv  
tehnikaspetsialist

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"...." ..... 20.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." ..... 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Jevgenia Boiko (sünnikuupäev:31.05.1986)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Mugav valgusallikas, mille juhendaja on Juri Bõlov,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Jevgenia Boiko, 180850RDDR

Õppekava, peeriala: RDDR Tootmise automatiseerimine (lõputööd)

Juhendaja(d): Juri Bõlov, juhtiv tehnikaspetsialist, juri.bolov@taltech.ee

Konsultant: nimi, amet

ettevõtte, telefon, e-post

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) Mugav valgusallikas

(inglise keeles) Comfortable light source

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. LED-lampide tehnoloogiate kirjeldus
2. Valguse mõju kirjeldus inimesele
3. Mugava valgusallika loomine

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	LED-lampide tehnoloogiate kirjeldus	jaanuar
2.	LED-lampe iseloomustavad peamised parameetrid	veebbruar
3.	Valguse mõju kirjeldus inimesele	märts
4.	Mugava valgusallika loomine	aprill, mai

**Töö keel:** vene keel                      **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....."..... 20.....a

**Üliõpilane:** Jevgenia Boiko  
/allkiri/    "....."..... 20.....a

**Juhendaja:** Juri Bõlov  
/allkiri/    "....."..... 20.....a

**Konsultant:** .....  
/allkiri/    "....."..... 20.....a

**Programmijuht:** .....  
/allkiri/    "....."..... 20.....a

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СИМВОЛОВ	8
ВВЕДЕНИЕ	9
1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЛЕД ЛАМП	10
1.1. Светодиодная лампа	10
1.2. Недостатки светодиодных ламп	11
1.3. Источники света	12
2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЛЕД ЛАМПЫ	12
2.1 Световой поток	12
2.2 Энергосбережение	14
2.3 Цветовая температура	15
2.4 Индекс цветопередачи	16
2.5 Спектр	18
2.6 Уровень пульсации	21
3. SUNLIKE	22
4. ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА ЧЕЛОВЕКА	28
4.1 Влияние на биоритмы человека	28
4.2 Исследование влияния света на человека	31
5. КОМФОРТНЫЙ ИСТОЧНИК СВЕТА	34
5.1 Драйвер светодиодной лампы	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
КОККУVÕTE	48
SUMMARY	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	52

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Данная работа о влияния искусственного света на человека и окружающую среду была выбрана, потому что искусственный свет неотъемлемая часть нашей жизни и на данный момент он наносит вред не только человеку, но и природе. Все сведения и информация берется из интернета. Небольшая исследовательская работа ведется с помощью фитнес браслета и приложения Xiaomi Wear.

Работа по созданию комфортного источника света велась в лабораториях 46, 106, 202. Выражаю благодарность за такую возможность. Отдельную благодарность хочу выразить педагогическому составу за полученные знания.

Ключевые слова: светодиодные источники света, искусственное освещение, влияние света, циркадный ритм, мелатонин, комфортный источник света, diplomitöö.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СИМВОЛОВ

Вт – Ватт

I – сила света

W – телесный угол

F – угол рассеивания

lm – обозначение люмен

COB (Chip on board) – название светодиода

SMD (Surface-Mount-Device-Emitting Diode) – название светодиода

lx – обозначение люкс

K – обозначение градусов Кельвина

CRI (Color Rendering Index), Ra – коэффициент цветопередачи

нм (нанометр) – доляная единица измерения

Гц (Герц) – единица частоты периодических процессов

ЭЭГ – электроэнцефалограмма

TRI-R – технология использования фиолетовых кристаллов

REM (Rapid Eye Movement) – фаза с быстрым движением глаз

NREM - фаза глубокого сна

HRV - сердечный ритм

ЭМП электромагнитные помехи

ККМ – коррекция коэффициента мощности

IC – интегральная микросхема

КПД – коэффициент полезного действия

mV (милливольт) единица измерения электрического потенциала

## **ВВЕДЕНИЕ**

Немного истории... Говорить об искусственном свете и не сказать о его возникновении будет неправильно, так вот, первым источником света был огонь, потом были масляные светильники, свечные. Первая улица была освещена газовым освещением. 11 июля 1874 года получает патент на нитевую лампу инженер Александр Николаевич Лодыгин, а 27 января 1880 года Томас Эдисон за изобретение цоколя и колбы. В 1990х годах был открыт светодиод, который в современном мире вытеснил лампы накаливания благодаря своим характеристикам не только в плане энергосбережения, но и влияния как на человека, так и на природу. Наше общество живет с желанием сохранить экологию земли, поэтому светодиодная лампа лучше всех остальных ламп поможет в поддержании чистоты, в ней нет ртути, газа и других загрязняющих планету элементов. Научное исследование показало, что освещение играет важную роль комфортного существования человека. Естественный солнечный свет помогает людям чувствовать себя более энергично и жизненно. По мере развития технологий освещения производители могут выпускать светодиоды с различными спектрами. Современные технологии искусственного освещения помогут человеку вести здоровый образ жизни.

Задача:

- Изучить воздействие света на человека
- Определить влияния света на человека
- Экспериментально определить параметры драйвера
- Провести расчет драйвера
- Создать комфортный источник света

В данной работе попробуем создать источник света спектр, которого близок к солнечному свету, не имеющий высокого показателя синего света. Не качественный источник света вредит здоровью человека и наносит непоправимый урон поэтому целью является именно создание комфортного источника света. Работа будет проводиться как в домашних условиях, так и в лабораториях Ида-Вирумаа колледжа.

# 1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП

Строение лампы достаточно сложное, оно содержит в себе электронный преобразователь в виде драйвера или источника напряжения. Принцип работы светодиодной лампы заключается в следующем: при включении, ток протекает от цоколя к преобразователю напряжения, а затем к последовательно соединенным светодиодам. В лампах встроен драйвер, который способен противостоять перепадам питающей сети, от качества драйвера зависит, будет пульсация или нет. [47]

## 1.1. СВЕТОДИОДНАЯ ЛАМПА

Строение светодиодной лампы:



Рис. 1.1 [9]

1. Рассеиватель;
2. Светодиод;
3. Алюминиевая печатная плата;
4. Радиатор;
5. Драйвер;
6. Полимерное основание цокольной части;
7. Цоколь.

Сравним разные типы ламп:

	Лампа накаливания	Компактная люминесцентная лампа	Светодиодная лампа	Филаментная лампа
Свет	Угол освещения - 360°. Комфортный для глаз	Угол освещения - 360°. Не комфортный для глаз	Угол освещения 180-270°. Менее комфортный для глаз	Угол освещения 360°. Комфортный для глаз
Здоровье	Не содержит ртути-безопасна	Содержит ртуть - небезопасно	Не содержит ртути-безопасна	Не содержит ртути-безопасна
Экологичность	Хорошо	Удовлетворительно	отлично	отлично
Нагрев	Сильный	Средний	Низкий	Низкий
Стоимость	Низкая	Средняя	Выше среднего	Высокая, но быстро окупается
Электроэнергия	75 Вт	15 Вт	10 Вт	6 Вт
Срок службы	1000 часов	6000-12000 часов	30000 - 50000 часов	30000 часов

Таблица 1.1 [10]

### 1.3 НЕДОСТАТКИ ЛЕД ЛАМП

Светодиодная лампа сложное устройство и имеет достаточно много деталей, от которых зависит качество света, безопасность и долговечность. Плюсов у такой лампы намного больше, чем минусов, но все-таки они есть. Такие как:

- Плохое качество света
- Пульсация
- Низкая показатель цветопередачи
- Некомфортная цветовая температура
- Несоответствие цветового потока

### 1.4 ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Источники света должны быть подобраны и расположены в помещении правильно, так как это влияет на комфорт и атмосферу помещения.

Виды источников света для помещений:

- Настольные лампы
- Напольные светильники
- Потолочные светильники
- Светодиодные лампочки

## 2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ЛАМПЫ

### 2.1 СВЕТОВОЙ ПОТОК

Световой поток измеряется в люменах и является общим количеством света, которое дает лампа. От количества люмен зависит яркость лампы. Угол рассеивания вычисляется по формуле:

$$F=IW,$$

где  $I$  – сила света,  $W$  – телесный угол, в котором он рассеивается. Примерный угол рассеивания света светодиодной лампы равен  $120^\circ$ .

Диаграмма Ламберта показывает, что светодиод светит во все стороны одинаково, если бы светодиод был шариком, то и распределение света было бы одинаковым по кругу

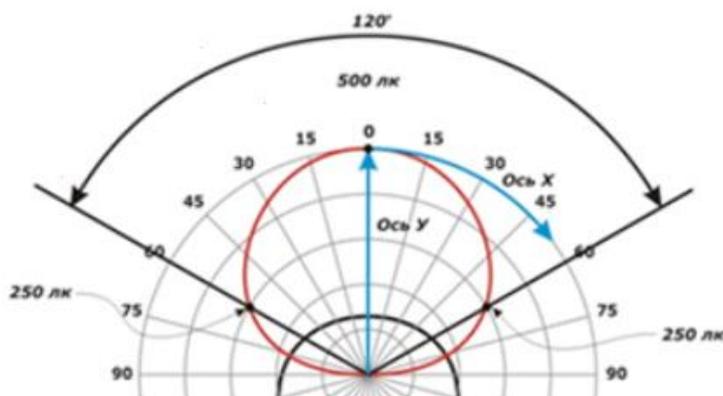


Рис. 2.1 Угол рассеивания света на диаграмме Ламберта [3]

Свет является маленькими частичками и называются фотонами:



Рис.2.2 Распределение света от светодиода [43]

## Люмен

Является единицей измерения полного светового потока лампы, характеризует сколько света излучает во все стороны. Единица измерения – люмен (lm). Средняя светоотдача от 100 Вт лампы накаливания 1000 люмен, для того чтобы заменить данную лампу нам потребуется 10 штук светодиодов по 100 люмен. То есть показывает сколько света лампа выдает на один Ватт потребляемой мощности. Измеряется в люменах на Ватт. Теоретическим пределом световой отдачи является 683 лм/Вт. [25]



Рис. 2.3 Люмен [25]

Светодиодные матрицы LUXEON CoB имеют световой поток от 1000 до 7000 лм и типовую эффективность 130 лм/Вт [26]:



Рис. 2.4 Матрица COB [26]

## Люкс

Является соотношением количества люмен и освещаемой площади. 1 люкс — это 1 люмен на 1 м<sup>2</sup>. Измеряется в люксах (lux, lx). Разница между люкс и люмен в том, что люкс учитывает площадь, на которую распространяется световой поток, а люмен сконцентрирован на 1 кв. метр. [25]

Замер освещения жилого помещения можно выполнить с помощью приложения Luminous Meter:



Рис. 2.5

## 2.2 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Светодиодные лампы являются энергосберегающими. По сравнению с лампами накаливания 93% экономии, 90% по сравнению с галогеновой лампой, а с люминесцентными лампами 66%. Свои свойства светодиоды не теряют даже после 50000 часов работы, при том, что срок службы лампы накаливания составляет всего 1000-1500 часов, а флуоресцентные лампы работают около 6000 часов. [48]

Светодиодные лампы не содержат токсичных веществ, вредных газов, кроме того, они, они не вызывают ультрафиолетовое излучение по сравнению с другими видами ламп, тем самым являются экологичными.

## 2.3 ЦВЕТОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Светодиодные лампы обладают разными цветовыми температурами и измеряются в градусах Кельвина:

- Теплый свет – 2700К
- Белый комфортный свет – 3000 К
- Белый свет – 4000 К
- Холодный белый свет – 6500 К

По мнению ученых, работоспособность улучшают холодный белый и белый свет, а теплый свет успокаивает. Считается, что для полноценного отдыха дома лучше использовать теплое освещение с цветовой температурой 2700 – 3000 К, а работать лучше при холодном белом свете с цветовой температурой 3500 – 5000 К, так как спать и отдыхать при таком освещении желания нет и увеличивается концентрация внимания, работоспособность, а также ускоряет реакцию. [53]

При подсветке различной цветовой температурой светодиодными модулями можно сравнить качество отображения объекта:



Рис. 2.6 [17]

Выбор освещения очень важен для каждого помещения, от спектра свечения зависит комфорт человека. В таблице ниже рекомендован выбор для разных областей применения:

Цветовая температура	Теплый свет, 2700 К	Белый свет, 3000 К	Нейтральный свет, 3500 К	Холодный свет, 4100 К	Дневной свет, 5000-6500 К
Эффекты и атмосфера	Теплая Уютная Открытая	Дружеская Интимная Индивидуальная	Дружеская Располагающая Безопасная	Ясная Чистая Продуктивная	Яркая Тревожная Подчеркивающая цвета
Области применения	Рестораны Вестибюли гостиниц Бутики Жилые помещения	Библиотеки Офисные помещения Магазины	Выставочные залы Книжные магазины Офисные помещения	Офисные помещения Классные комнаты Супермаркеты Больницы	Галереи Музеи Ювелирные магазины Помещения для медицинских осмотров

Таблица 2.1 [42]

Комфортный спектр для человека находится в пределах 2700-5000 К. Значит, чем выше показатель, тем он выше активность синего света, который опасен для человека. Не мало важно то, что комфортный спектр восприятия лежит в пределах 2700-5000 К и чем выше этот показатель, тем ближе цветовая температура к синему свету.

Разные источники света:

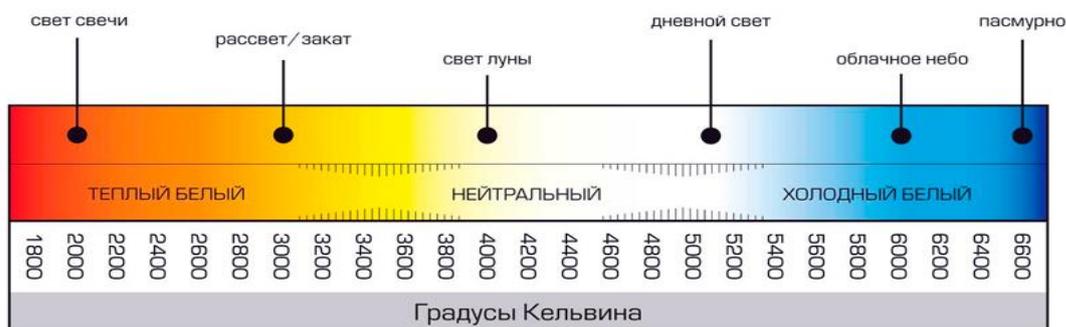


Рис.2.7 [33]

## 2.4 ИНДЕКС ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ

Световой комфорт зависит от таких характеристик:

- Однородная освещенность

- Оптимальная яркость
- Высокая цветопередача
- Отсутствие пульсации света
- Правильное распределение цветовой температуры

При искусственном освещении индекс цветопередачи показывает, насколько цвета будут соответствовать тем, которые мы видим при солнечном свете. Измеряется в единицах или в процентах. Идеальное значение 100%, что соответствует солнечному свету. Солнечный свет имеет CRI=100 Ra и, чем ниже индекс у искусственного источника света, тем хуже свойства цветопередачи. Значение цветопередачи определяется по методике Color Rendering Index (CRI) и имеет размерность Ra. [49]

Цветопередача идентичная солнечному свету важна для восприятия окружающих предметов и формированию зрительных ощущений, что является важным критерием для создания безопасной и комфортной световой среды.[49] На рис. 2.8 видно влияние высокого и низкого коэффициенты цветопередачи:

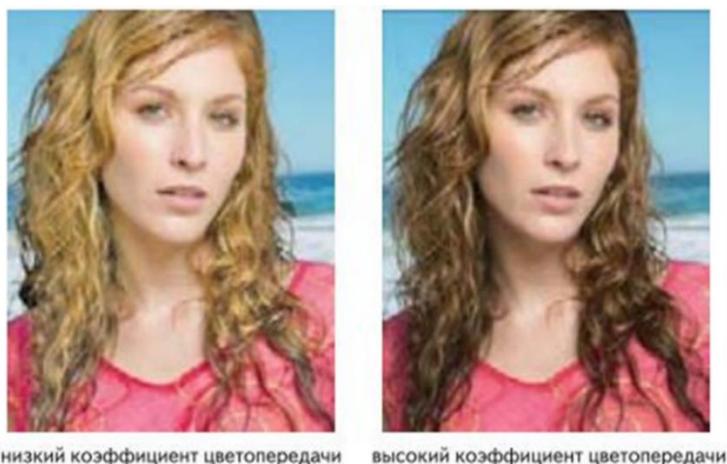


Рис. 2.8 [17]

Благодаря индексу цветопередачи мы можем видеть, какой уровень разных цветовых компонентов в свете, мы видим свет белым, но в нем есть различные цвета каких-то больше каких-то меньше. Свет, обладающий низким Ra, плохо передает оттенки и визуально неприятен. Таким же индексом, как у солнечного света Ra=100, обладают лампы накаливания, у светодиодных ламп Ra=80, у хорошего качества светодиодов Ra=90 и более. Лампы, имеющие Ra меньше 80 не советуют использовать в помещении.[49]

К сожалению, индекс учитывает только восемь цветов и нет розового, хотя он влияет на восприятие человеческой кожи, но можно встретить лампы с указанием R9, это и есть розовый цвет. [8]

## 2.5 СПЕКТР

Спектром электромагнитного поля является совокупность монохроматических волн, упорядоченных по длине, на которую распадается свет или иное электромагнитное излучение. Спектральный диапазон человеческого глаза составляет 400 – 750 нм. [23]

Основные цвета спектра:

- Красный
- Оранжевый
- Желтый
- Зеленый
- Голубой
- Синий
- Фиолетовый

Типы спектров:

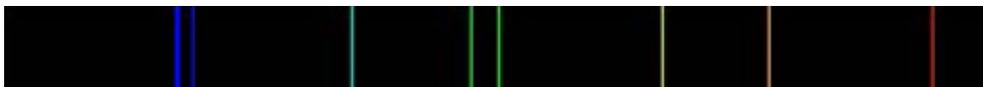


Рис. 2.9 Линейчатый [41]



Рис. 2.10 Непрерывный [41]



Рис. 2.11 Линейчатый спектр поглощения [41]

На рис. 2.13 видно, что показатель синего цвета высок при больших градусах Кельвина, чем ниже градусы Кельвина, чем ниже активность синего цвета. Свет синего спектра воздействует на зрение и приводит к усталости глаз, а также синий свет препятствует выработке мелатонина из-за этого сбиваются биологические часы и нарушается сон, снижается концентрация внимания. [50]

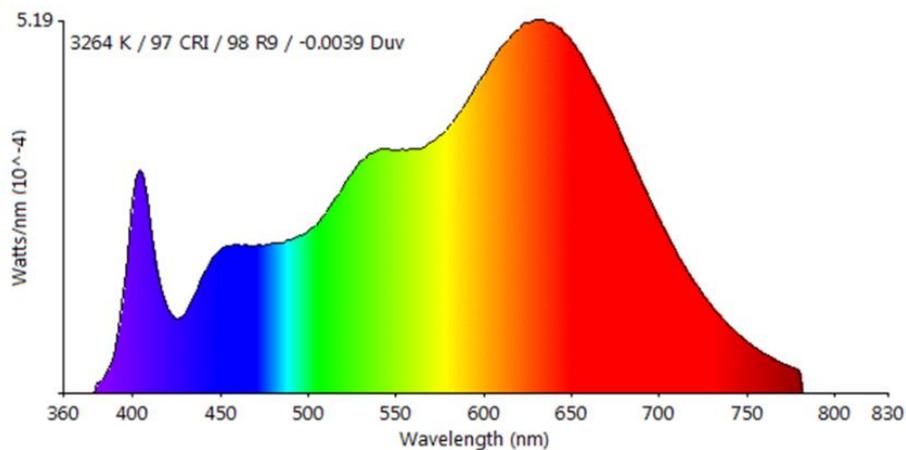


Рис. 2.12 Спектр светодиодных ламп 3264 К [5]

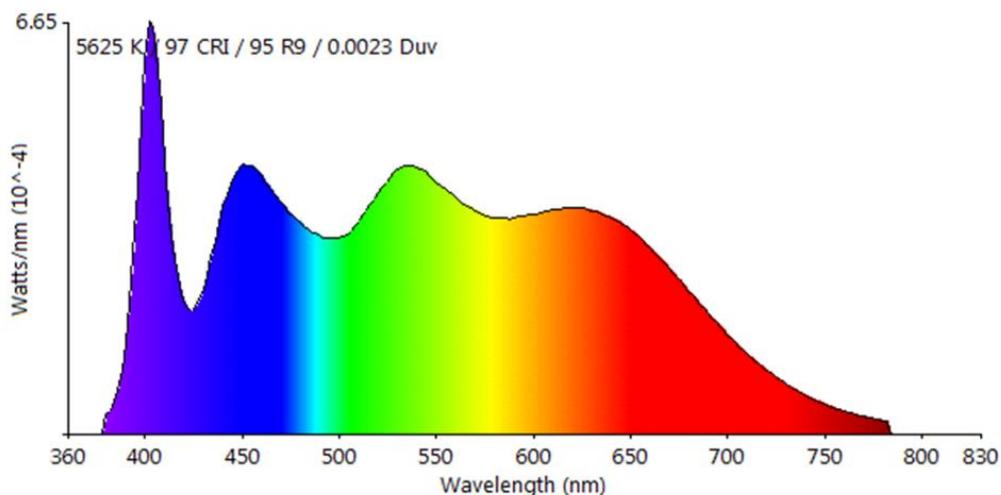


Рис. 2.13 Спектр светодиодных ламп 5625 К [5]

Спектр солнечного света во время светового дня:



Рис. 2.14 Восход 4000К[40]  
[40]



Рис. 2.15 День 5000К [40]



Рис. 2.16 Закат 2700К

Видимый спектр имеет длину волны от 400 нм до 800 нм, ультрафиолетовое излучение имеет длину 100 нм и 400 нм [22].

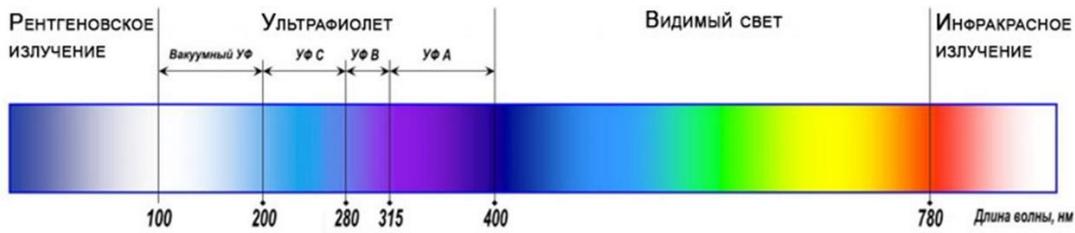


Рис. 2.17 Спектр естественного солнечного света [22]

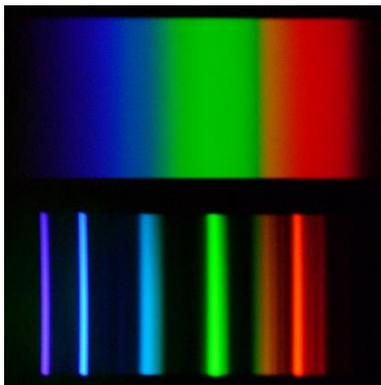


Рис. 2.18 Спектр излучения. вверху: непрерывный 60-ватной лампы накаливания, внизу: линейчатый 11-ватной компактной люминесцентной лампы [18]

Спектр светодиодных ламп отличается от ламп накаливания и имеет спектр приближенный к солнечному свету:



Рис. 2.19 [24]

Спектры источников белого света для общего освещения:

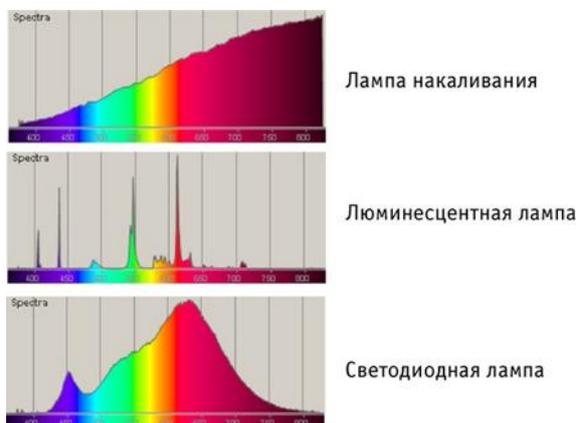


Рис. 2.20 [8]

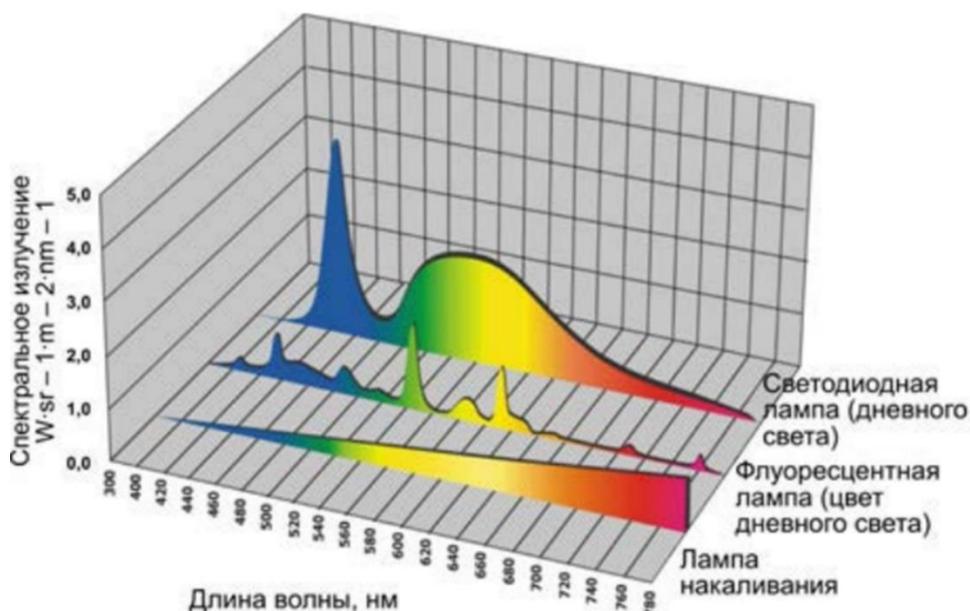


Рис. 2.21 [18]

## 2.6 УРОВЕНЬ ПУЛЬСАЦИИ

Из-за того, что напряжение в сети переменное, лампы могут мерцать. Низкочастотные пульсации могут оказывать стробоскопический эффект. Солнце и другие естественные источники света светят равномерно, а электрические источники света имеют пульсацию, при этом частота и степень пульсации разная. Пульсация искусственного света оказывает негативное влияние на здоровье человека нарушает работу нервной системы и повреждает органы зрения. Тем самым разрушает естественные биоритмы человека. Человек не видит пульсацию, но организм будет реагировать и появятся такие симптомы как головные боли, сухость и боль в глазах, раздражительность, а также быстрая утомляемость. К сожалению, если долго находится под таким светом могут возникнуть и хронические болезни. На рис.2.22 автором показан результат электроэнцефалограммы головного мозга человека. На рисунке А показаны результаты ЭЭГ человека, сидящего в затемненной комнате, а на рисунке Б – в помещении с освещением пульсирующими лампами частотой 120 Гц. [6]

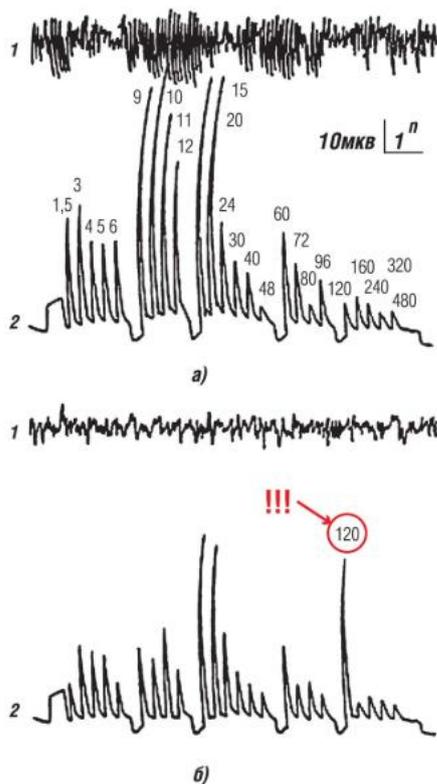


Рис. 2.22 На рисунке Б обозначен ненормальный пик активности, который влияет на биоритмы и самочувствие человека. [6]

Коэффициент пульсации рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{п}} = \frac{L_{\text{max}} - L_{\text{min}}}{L_0}$$

где  $L_{\text{max}}$  – максимальное значение светового потока,  $L_{\text{min}}$  – минимальное значение светового потока,  $L_0$  – среднее значение светового потока от лампы.[6]

Коэффициент не должен превышать 20%, лампы, имеющие более 20%, нельзя использовать для общего освещения.

### 3. SUNLIKE

Южнокорейская компания Seoul Semiconductor разработала технологию Sunlike, которая приблизила спектр лампы к солнечному свету. Главное отличие Sunlike от обычных светодиодных лам является получение белого цвета. Обычные светодиоды излучают синий свет с длиной волны 452-456 нм, люминофорное покрытие частично преобразует синий свет в красный и желтый, а в Sunlike излучение фиолетового света с длиной волны 418-426 нм люминофор преобразует фиолетовый в красный, синий и зеленый свет, что позволяет избавиться от опасного «синего пика». [5]



Рис. 3.1 [27]

Для сравнения спектра были использованы светодиодные лампы 4000К, Sunlike 4000 К, галогеновые и люминесцентные лампы, а также солнце.[5]

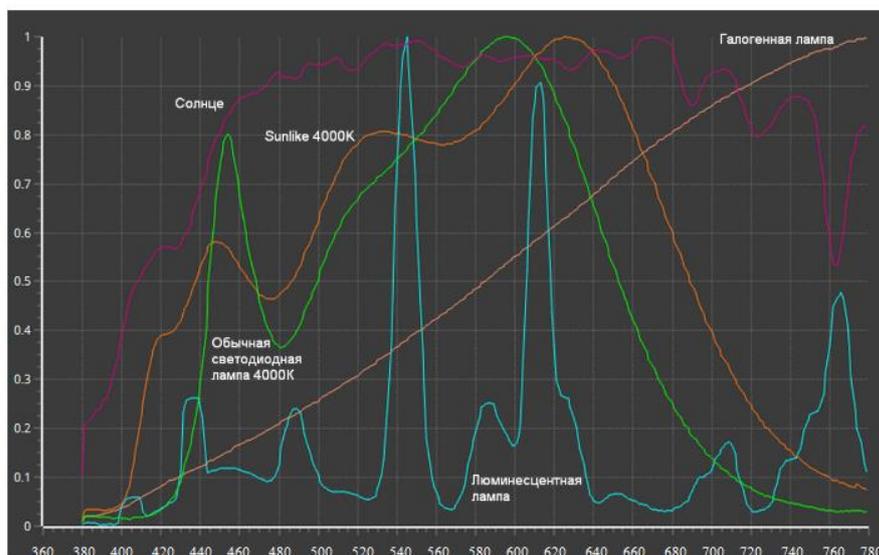


Рис. 3.2 На диаграмме видно, что свет Sunlike больше всех остальных ламп приближен к показателям солнца, что является комфортным для человека. [5]

Для производства светодиодов была использована технология TRI-R от Toshiba Material Co., Ltd. Излучаемый свет близок к солнечному, индекс цветопередачи выше 95 Ra, при том, что обычные светодиоды имеют 80 Ra при цветовой температуре 4000К. [50]

Важные качества осветительных приборов Sunlike [49]:

- цветопередача, подобная солнечному свету [49]
- не искажают цвета и оттенки освещаемых предметов [49]
- формируют естественные зрительные ощущения [49]
- повышают эффективность и точность работы [49]
- создают оптимальные условия для творчества [49]

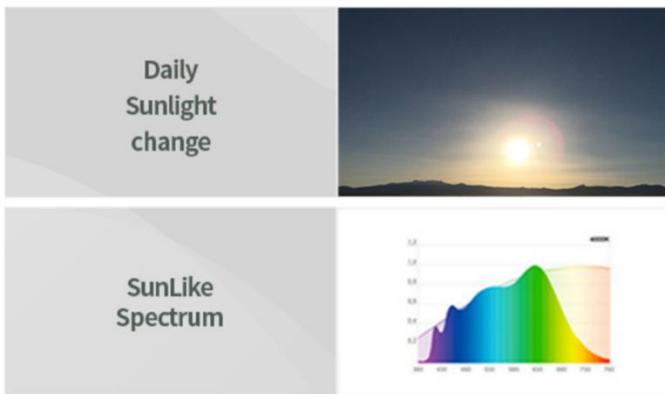


Рис. 3.3 Спектр осветительных приборов Sunlike подобен солнечному спектру [38]

В технологии TRI-R от Toshiba Material Co., Ltd используют фиолетовые кристаллы с длиной волны 420 нм, которые покрыты синим, зеленым, красным люминофором, а в обычных светодиодах используются синие кристаллы с желтым люминофором. Благодаря фиолетовым кристаллам снизилось излучение синего света до безопасного уровня и устранить провал на 480 нм. Светодиоды, имеющий фиолетовые кристаллы, имеют более равномерный спектр и максимально приближены к спектру солнечного света. [50] На рис. 3.4 видно, слева новая технология, не пропускающая синее излучение, а справа обычные светодиод.

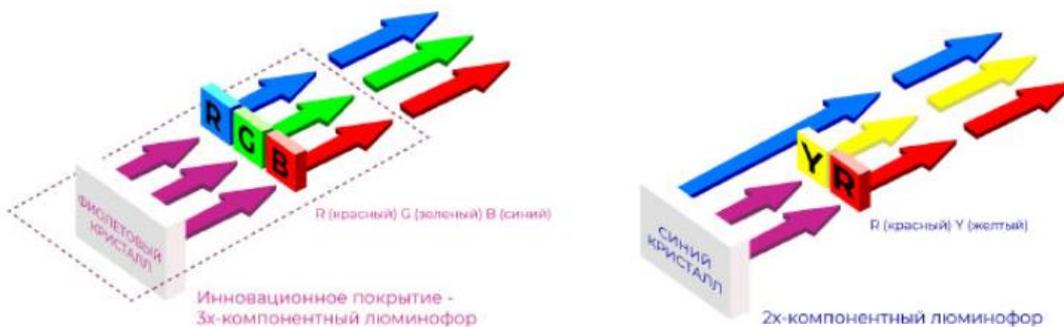


Рис. 3.4 [27]

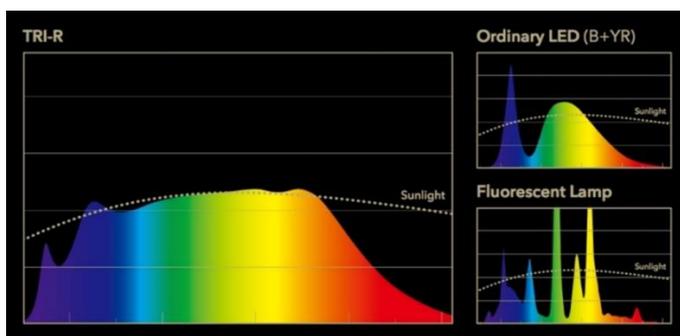


Рис. 3.5 Спектр светодиодов Sunlike равномерный по сравнению с обычными светодиодами и люминесцентными лампами [37]

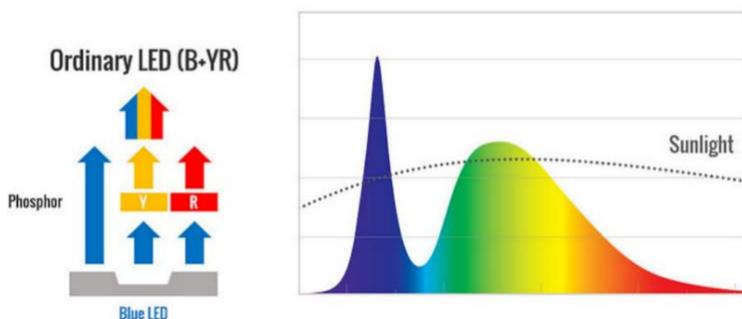


Рис. 3.6 Спектр обычного светодиода имеет пик синего [5]

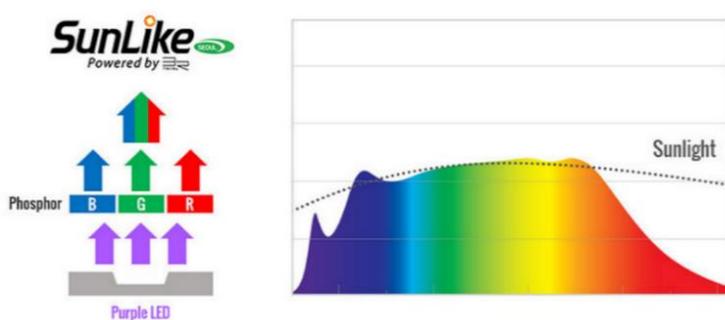


Рис. 3.7 Спектр Sunlike равномерный [5]

Были проведены исследования не визуального воздействия инновационных светодиодов и обычных светодиодов на зрительную систему, на режим сна и бодрствования, быстроту засыпания и качество сна, на уровень активности, работоспособность и самочувствие человека. Результат показал, что светодиоды Sunlike показывают положительные результаты в воздействии на человека и благоприятно влияют на зрительную систему и физиологию человека. А также индекс цветопередачи на 25,3% и биологическая эффективность света на 21% выше, чем у обычных светодиодов. [51]

Влияние светодиодов Sunlike на человека [51]:

- создает комфортную зрительную среду [51]
- гармонизирует циркадные ритмы [51]
- ускоряет засыпание [51]
- улучшает качество сна [51]
- увеличивает работоспособность [51]
- улучшает общее самочувствие человека [51]

Светодиоды Sunlike имеют высокий индекс цветопередачи [4]:

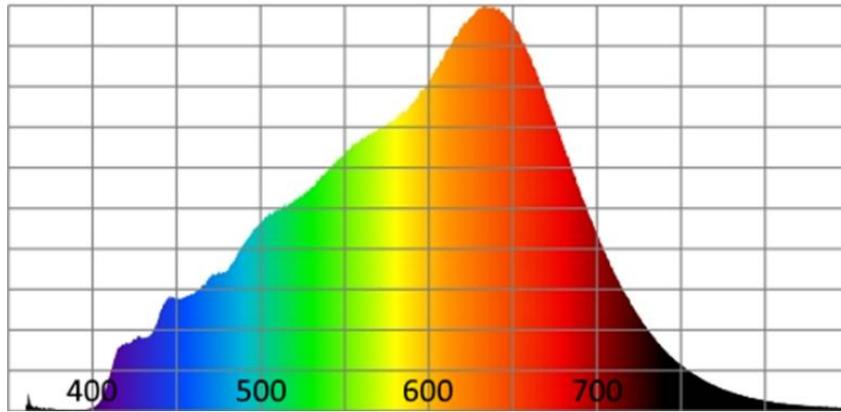
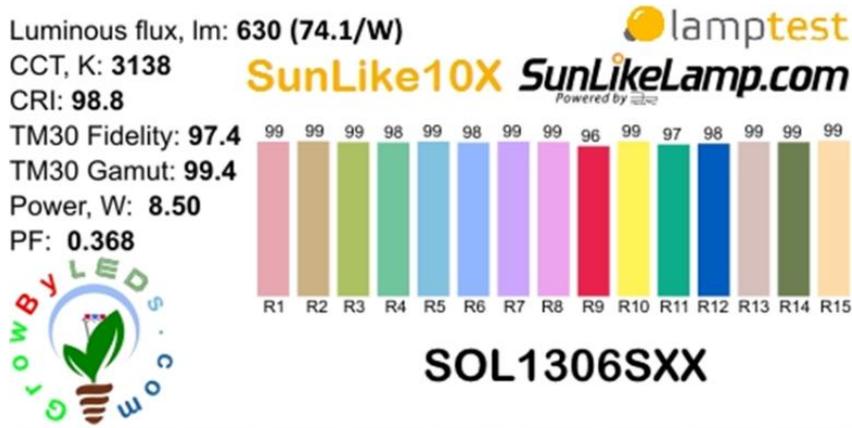


Рис. 3.8 [4]

Для сравнения спектры трёх светодиодных ламп: обычной с CRI 80, лампы с CRI 95 и лампы на Sunlike [4]:

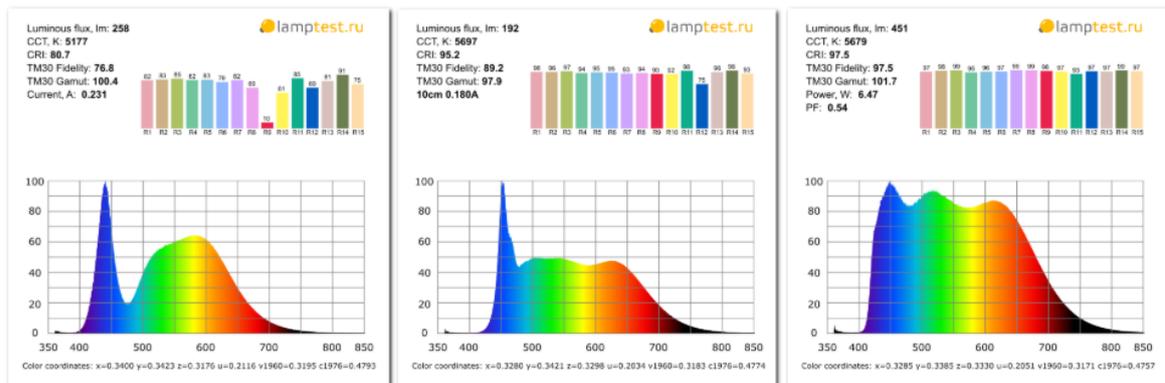


Рис. 3.9 [4]

Качественный свет для жилых помещений должен быть не меньше CRI:80:

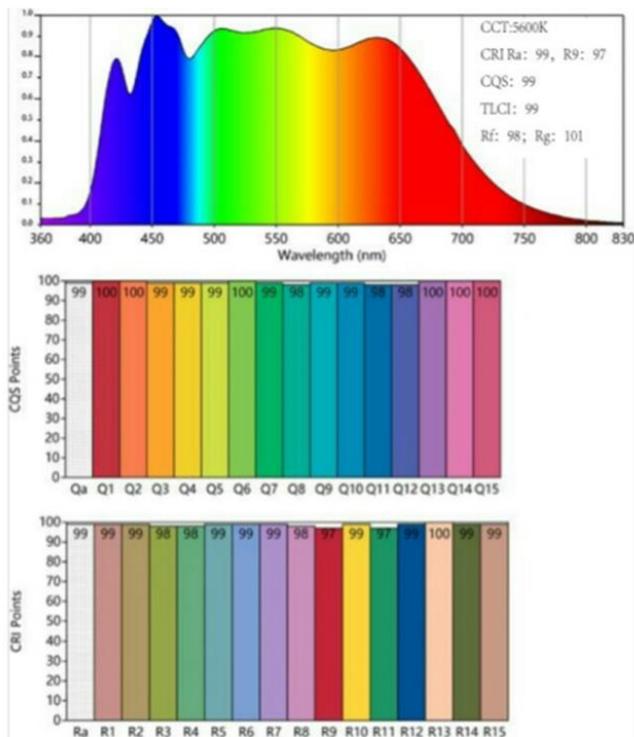


Рис. 3.10 Sunlike [38]

Критерии хорошего освещения:

- освещенность (от 150 люкс)
- отсутствие пульсации (до 5%)
- спектр без пиков и провалов на спектрограмме (как солнечный)

Электрооптические характеристики ламп Sunlike [38]:


**SEIOL SEMICONDUCTOR**
Product Data Sheet  
**S4SM-0661xx9736-0A600H3S-00001(SunLike COB)**  
 – Chip on Board

### Performance Characteristics

Table.2 Electro Optical Characteristics, T<sub>j</sub>=85°C

Part Number	CCT (K) <sup>[1]</sup>	Typical Luminous Flux <sup>[2]</sup> Φ <sub>v</sub> <sup>[2]</sup> (lm)	Typical Forward Voltage (V <sub>f</sub> ) <sup>[4]</sup>	CRI <sup>[3]</sup> R <sub>a</sub>	Viewing Angle (degrees) 2θ 1/2
	Typ.	0.17A	0.17A	Typ.	Typ.
S4SM-0661659736-0A600H3S-00001	6500	635	36.4	97	115
S4SM-0661509736-0A600H3S-00001	5000	611	36.4	97	115
S4SM-0661409736-0A600H3S-00001	4000	593	36.4	97	115
S4SM-0661359736-0A600H3S-00001	3500	583	36.4	97	115
S4SM-0661309736-0A600H3S-00001	3000	553	36.4	97	115
S4SM-0661279736-0A600H3S-00001	2700	543	36.4	97	115

Рис. 3.11 [38]

## 4. ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА ЧЕЛОВЕКА

Комфортный источник света гармонизирует циркадные ритмы и улучшает качество сна, а также позитивно влияет на работоспособность и активность. Высокая степень цветопередачи формирует правильное зрительное ощущение.

Высокий уровень синего света в спектре травмирует сетчатку глаза, а в последствии серьезные глазные дисфункции.



Рис. 4.1 [27]

### 4.1 Влияние на биоритмы человека

Мелатонин – гормон эпифиза, является регулятором циркадного ритма живых организмов, а также регулирует биологические ритмы в организме, негативно реагирует на синий диапазон волн светового спектра. [19]

Циркадный ритм отвечает за изменение химических, физических, психических процессов в организме в течение суток. В цикл входят все периоды суточной жизни – отдых, активное бодрствование, продуктивные фазы, усталость и сон. На циркадный ритм влияют свет, звуки, питание и окружающая среда.[19]

Пик синего света негативно влияет на биологические процессы в организме.

У каждого человека свой личный циркадный ритм, который закладывается на генетическом уровне и узнать его можно с помощью определенных медицинских исследований.[19]

## Циркадные ритмы:

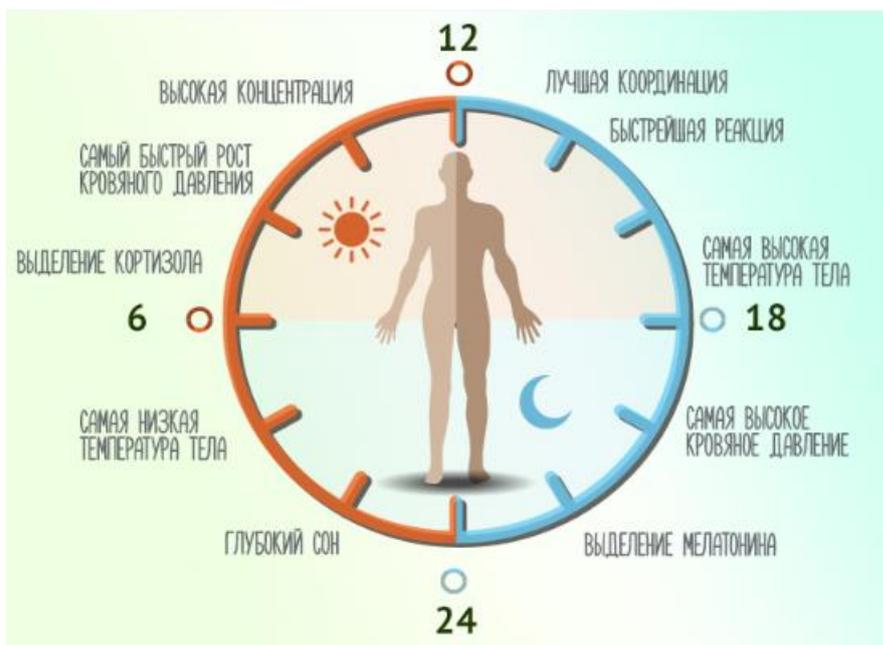


Рис. 4.2 [19]

## Сон

Сон занимает примерно треть нашей жизни, в среднем 25-30 лет и зависит от циркадных ритмов, которые регулируют процессы в организме и соответствуют смене времени суток. Ритмичность эндогенна, которая заложена в работе организма и заметна на уровне отдельных клеток. Очень важно спать в тот момент, когда организм нуждается во сне и готов к запуску необходимых механизмов. К сожалению, недостаток сна может нанести вред организму. [14]

За регулировку биоритмов в нашем организме отвечает мелатонин и шишковидная железа, находящаяся в глубине мозга, вырабатывает его, как только прекращается влияние «синим» светом. Его уровень повышается в вечернее и ночное время суток, максимум достигается между полночью и пятью часами утра, в это время производится около 70% его суточного количества. На повышение и понижение мелатонина влияет количество света. Яркое освещение замедляет выработку мелатонина и спать не хочется, но, когда темнеет уровень мелатонина увеличивается и приходит сонливое состояние. [14]

Как у человека, так и у многих других животных сон делится на фазы [14]:

1. Фаза с быстрым движением глаз (REM)
2. Фаза глубокого сна (NREM) имеет четыре стадии от NREM 1 до NREM 4

Данный цикл длится примерно 1,5 часа. Здоровый сон длится 7-8 часов и имеет структуру, которую мы видим на Рис.4.3 [14]

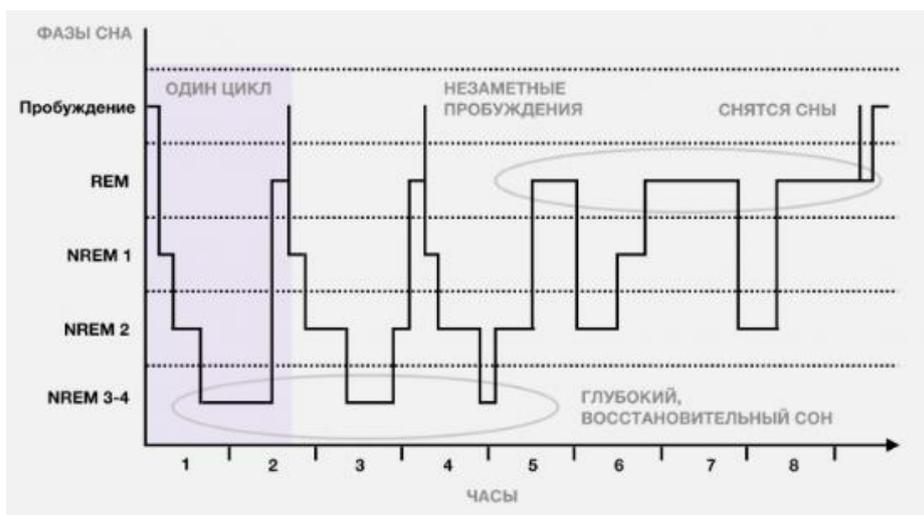


Рис. 4.3 На графике видно, что NREM фазы сокращаются, а длительность REM возрастает в течение 8ми часового сна. Если сократить время сна до 6ти часов, то потеря REM – сна будет 60-90%. [14]

Недостаток глубоких фаз NREM и REM может привести к серьезным последствиям, таким как нарушение когнитивных функций, сердечно-сосудистых заболеваний, онкологических, депрессии, диабету и болезни Альцгеймера. [14]

С помощью фитнес браслета можно проверить что и как влияет на качество сна. У разных моделей есть разные функции, наиболее важны определения длины фазы сна и температура тела, сердечный ритм (HRV) во сне (временной интервал между сердцебиениями HRV отражает уровень стресса). Высокое значение HRV хорошо, а если низкий, то это говорит о том, что организм не восстановился во время сна до нужного уровня, поэтому стоит воздержаться от физических нагрузок в этот день. [14]

Запуск сна регулируется двумя системами одна реагирует на внешний свет, вторая действует изнутри, человек впадает в сонливое состояние. Аденозин накапливается в клетках мозга во время бодрствования и играет важную роль во многих биохимических процессах, а также его способность замедлять передачу сигналов между нейронами воспринимается как сонливость. Наши глаза способны улавливать электромагнитные волны длина, которых в промежутке между 380 и 780 нм и из этого формируется наше зрение и то, как мы видим и воспринимаем цвет, формы, движение, тени. [14]

Совсем недавно учеными было обнаружено, что помимо «колбочек» и «палочек» в глазах присутствует еще светочувствительные ганглионарные клетки, которые

реагируют на свет с длиной волны 460-480 нм (синий свет) и сигнализируют расположенному в глубине мозга супрахиазматическому ядру, который отвечает за биологические часы, приспособляющихся к циклам дня и ночи.[14]

В современном мире можно отрегулировать свой режим сна, если изучить, как устроен собственный циркадный ритм. Для этого надо сдать анализы крови в лабораторию. Генетический тест на хронотип сравнивает соответствие дневного ритма к генетическому циркадному ритму, так можно узнать «утренним» или «вечерним» является человек и как влияет на когнитивные и физические способности, режим питания и обмен веществ. [15]

Качество сна можно отследить с помощью фитнес браслета.

## 4.2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕТА НА ЧЕЛОВЕКА

В качестве источника света была выбрана настольная лампа с тремя режимами 6500 К, 4200 К, 3300 К:



Рис. 4.4 [36]

Для исследования влияния света было задействовано только два режима 6500 К белый свет и 3300 К желтый свет. Так как исследование проводилось ночью, других источников света не было. Также я использовала смарт браслет Mi Smart Band 4C и приложение в телефоне Xiaomi Wear для слежения за пульсом и режимом сна.

15 дней под белым светом 6500К. Удивительно, то, что за работу я садилась ночью в достаточно уставшем состоянии, но после включения белого света активность повышалась и спать совершенного не хотелось, приходилось следить за часами, чтобы лечь спать. Уснуть после пребывания под белым светом также получалось не сразу.

Посмотрим, что записала программа во время эксперимента:

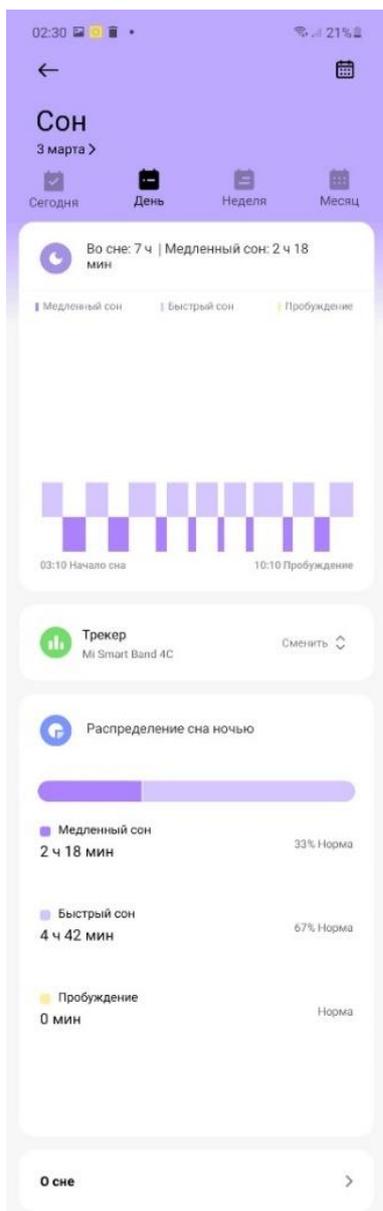


Рис. 4.5 Статистика сна



Рис. 4.6 Пульс

15 дней под желтым светом 3300 К. Никогда не думала, что свет от обычной настольной лампы может так сильно влиять. Но... После 15 «активных» ночей под белым светом работа шла хорошо и казалось, что вот — вот и я закончу свою дипломную работу. После первой ночи стало понятно, что работать при желтом свете гораздо сложнее, единственный плюс, в том, что засыпалось намного быстрее, чем во время опыта под белым светом.

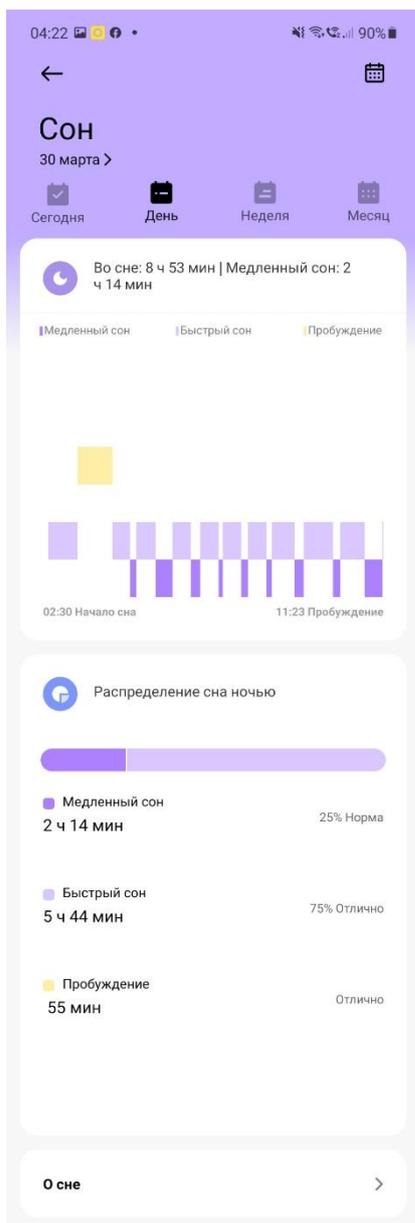


Рис. 4.7 Статистика сна

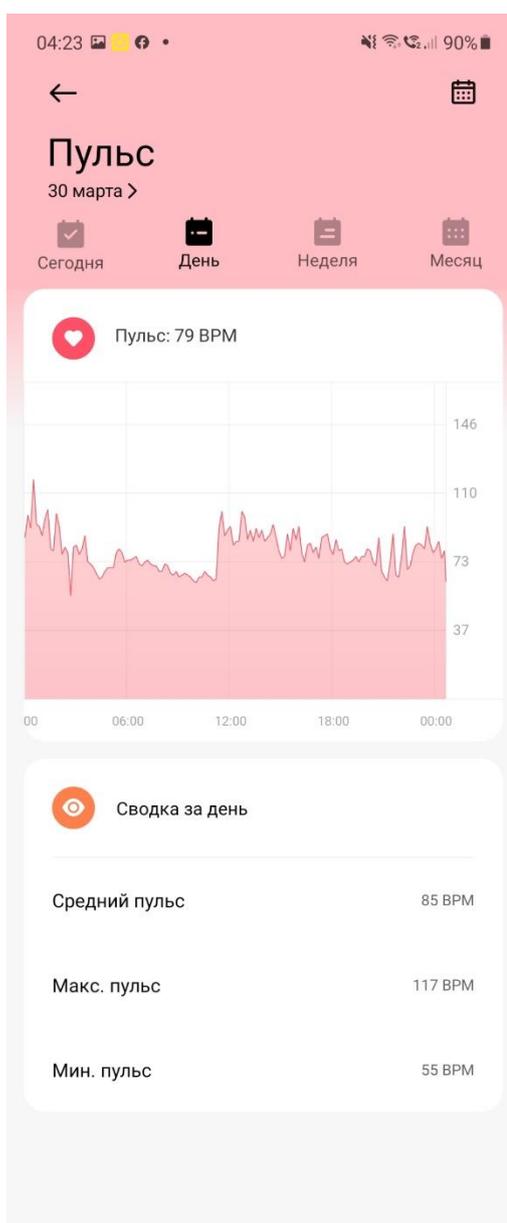


Рис. 4.8 Пульс

Вывод:

Использование фитнес браслета с программой в смартфоне Xiaomi Wear должны были отследить качество сна, но к моему сожалению, программа не дала того результата, которого хотелось, так как при использовании света с разными температурами Кельвина, программа должна была показать хоть немного разные результаты, но нет. Также программа показывала результат отлично или норма, даже, когда на сон уходило всего два часа в сутки, при норме 6-8 часов. Поэтому в правильности результатов от фитнес браслета есть сомнения.

## 5. КОМФОРТНЫЙ ИСТОЧНИК СВЕТА

Для создания комфортного источника света был взят потолочный светильник с SMD светодиодами и обычным линейным драйвером со стабилизатором SM2082B. Так как лампа имела низкий показатель цветопередачи и уровень пульсации превышал 30% было принято решение поменять светодиоды и драйвер. Светодиоды SMD были заменены на более качественные светодиоды COB, имеющие показатели цветопередачи более 90 CRI, спектр приближен к солнечному свету. Линейный драйвер заменили на импульсный с микросхемой Clare CPC9909.

Вид лампы до замены светодиодов:



Рис. 5.1 SMD светодиодами

Заменяли на светодиод COB со спектром приближенным к солнечному свету:

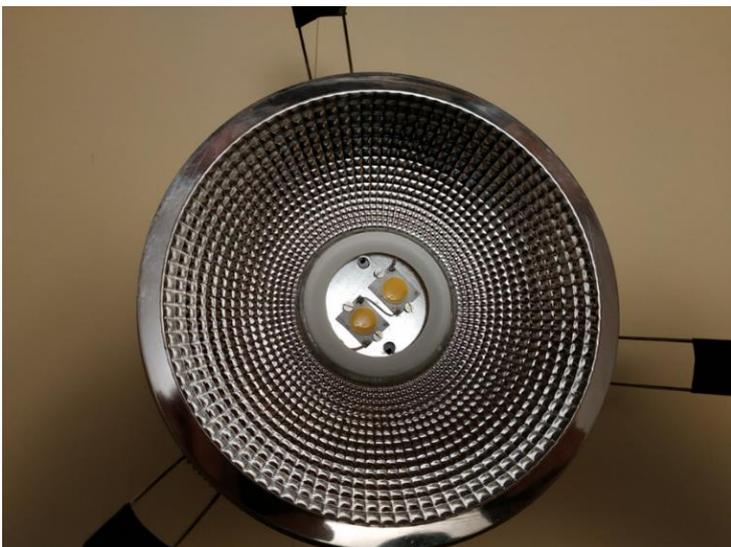


Рис. 5.2 COB светодиоды

Вид лампы с новыми светодиодами COB и импульсным драйвером с микросхемой Clare CPC9909:



Рис. 5.3 Лампа и драйвер

Излучаемый свет имеет пульсацию 5%:



Рис. 5.4

### **5.1 Драйвер светодиодной лампы**

Драйвер был приобретен готовым. Но были внесены изменения: емкость конденсаторов C1, C2 (Рис. 5.9), увеличены в два раза.

Драйвер является платой с электронными компонентами, за счет преобразования переменного тока в постоянный, питает светодиоды.

Старый драйвер:



Рис.5.5

Новый драйвер:



Рис.5.6

Схема блока питания светодиодной лампы:

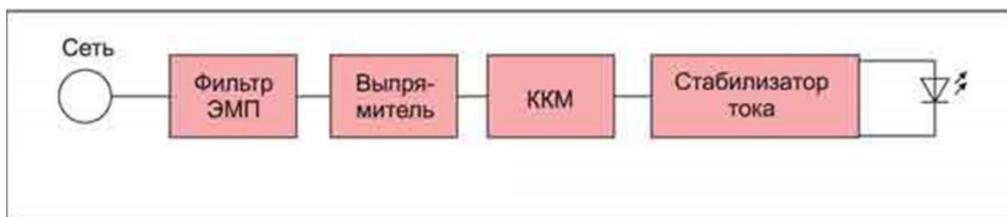


Рис. 5.7 [35]

Через фильтр электромагнитных помех (ЭМП) на выпрямитель проходит сетевое переменное напряжение, а уже затем выпрямленное напряжение проходит через ступень коррекции коэффициента мощности (ККМ) и питает, импульсный стабилизатор тока, к выходу которого подключены светодиоды. [35]

Схема фильтра для подавления симметричной помехи:

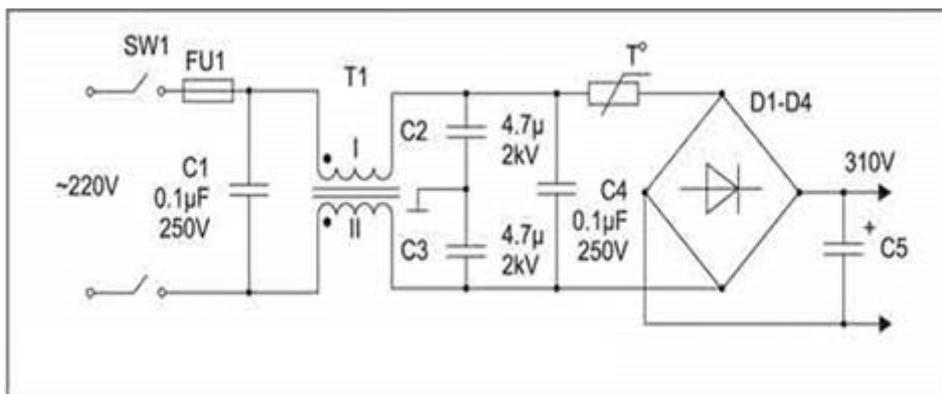


Рис. 5.8 [35]

Составляющие любого драйвера[12]:

- диодный мост (преобразовывает переменное напряжение в постоянное) [12];
- входной конденсатор (сглаживает колебания тока) [12];
- входной резистор (ограничивает ток в момент включения лампы и не даёт выключателю искрить) [12];
- выходной конденсатор (устраняет колебания тока и помех, появившихся в процессе преобразования тока) [12];
- выходной резистор (обеспечивает разряд выходного конденсатора при выключении лампы и регулировки нагрузки в случае выхода из строя части светодиодов) [12].

Типы драйвера:

Линейные и импульсные драйверы [45]:

- У линейного выходом служит генератор тока, который обеспечивает стабилизацию напряжения, не создавая при этом электромагнитных помех. Такие драйверы просты в использовании и не дорогие, но невысокий коэффициент полезного действия ограничивает сферу их применения. [45]
- Импульсные драйверы, наоборот, имеют высокий коэффициент полезного действия (около 92-95%), но есть и минус – высокий уровень электромагнитных помех. [45]

Примеры реализации драйверов:

Таблица измерения КПД у разных драйверов:

Драйвер	Ток на светодиодах =mA	Выходная мощность Вт	КПД Драйвера, %
BP9916D	63.5	10.033	88.79
BP5131J	27	5.994	71.36
DX3362S	71	10.224	92.11
BP5116	25	6.925	86.56
PT4554D	137	6.85	85.63
P69YL0D9SM	68	4.624	87.25

Таблица 5.1. Драйвер DX3362S имеет самый высокий КПД в сравнение с другими представленными драйверами. [34]

Принципиальная схема импульсного светодиодного драйвера с микросхемой CPC9909:

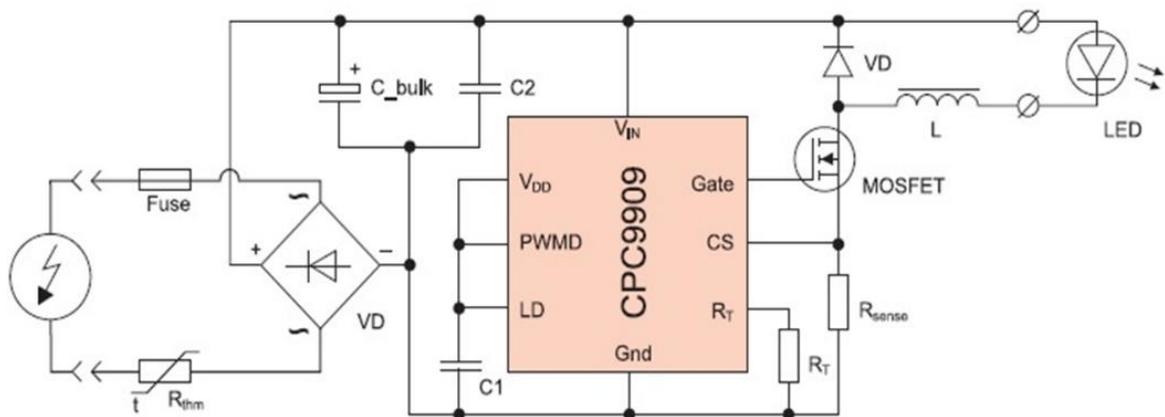


Рис. 5.9 [30]

Внешний вид микросхемы Clare CPC9909



Рис. 5.10 [30]

Расположение выводов микросхемы CPC9909

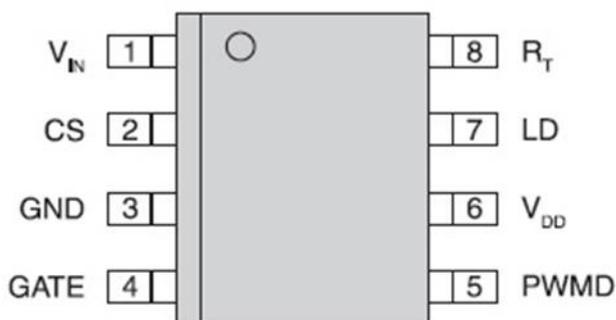


Рис. 5.11 [30]

Микросхема CPC9909 работает по схеме частотно-импульсной модуляции с постоянным контролем высокого показателя тока:

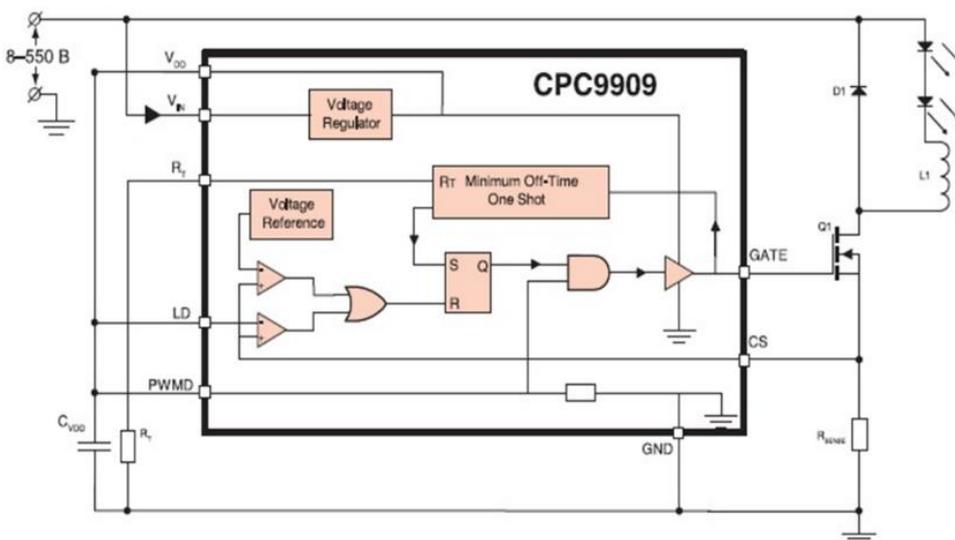


Рис. 5.12 [30]

В период on-time ток на выходе драйвера нарастает и запасается энергия, транзистор закрывается, через светодиоды ток начинает спадать. После этого наступает период off-time, а светодиода продолжают питаться энергией ранее накопленной в индуктивности. Ток спадает и процесс повторяется.

Стадии работы драйвера с микросхемой CPC9909:

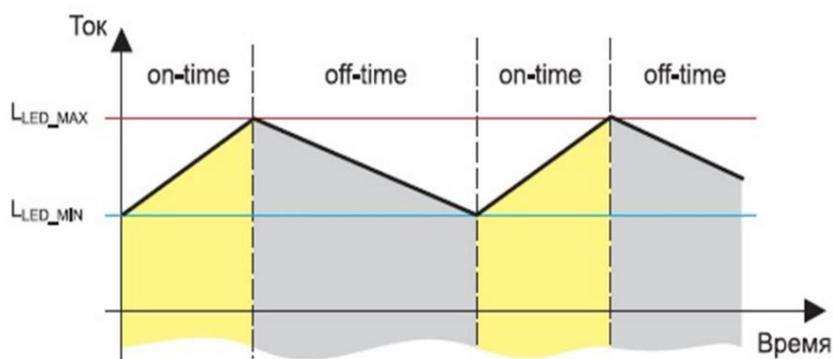


Рис. 5.13 [30]

### Ток протекания во время периода on-time

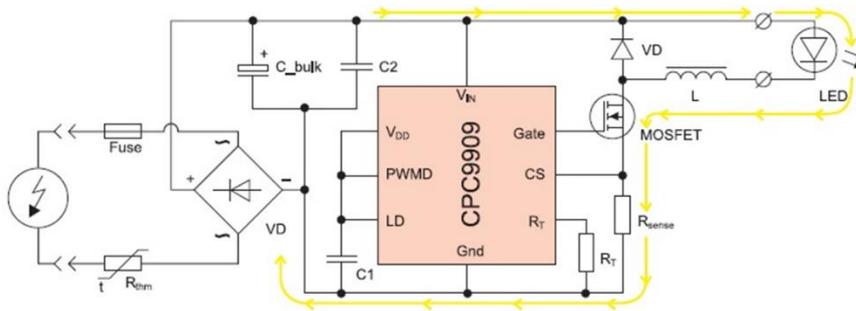


Рис. 5.14 [30]

### Ток протекания во время периода off-time:

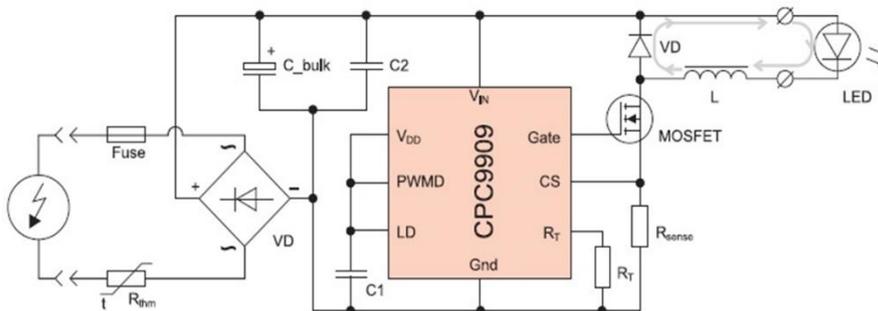


Рис. 5.15 [30]

Расчет для драйвера [30]:

Длительность периода off-time задается резистором  $R_t$ ;

$$T_{off} = (R_t/66000) + 0,8$$

При  $R=309$  кОм величина  $t=5,482$  мкс

Величина при  $t_{off}$  при заданном коэффициенте заполнения  $D$  определяет номинальную рабочую частоту переключения  $F_{sw}$

$$F_{sw} = (1 - D)/t_{off}$$

При этом коэффициенте заполнения  $D$  зависит от соотношения напряжения на светодиодах и напряжения питания микросхемы CPC9909

$$D = V_{LED}/V_{BULK}$$

Где  $V_{LED}$  – номинальное напряжение на выходе драйвера, а  $V_{BULK}$  – напряжение на выходе выпрямительного моста. [30]

Таким образом, номинал  $R$  зависит от величины номинальной рабочей частоты переключения

$$R_t = (t_{off}-0,8) * 66000$$

$$\text{Где } t_{off} = (1-D)/F_{sw}$$

Рекомендованная частота переключения FSW составляет 30...120 кГц – это оптимальный диапазон, позволяющий создать драйвер с высокой электромагнитной совместимостью и при этом использовать компактную индуктивность. [30]

Индуктивность

Ограничим уровень пульсации величиной 30% от величины среднего тока  $I_{LED\_AV}$  (Здесь  $I_{LED\_AV}$  – номинальный ток на выходе драйвера):

$$I_{LED\_MAX} - I_{LED\_MIN} = 30\% * I_{LED\_AV}$$

Для поддержания выбранного уровня пульсаций тока в светодиодах (30%) потребуется использовать индуктивность следующего номинала:

$$L = V_{LED} * t_{off} / (30\% * I_{LED\_AV})$$

При этом пиковое значение тока в индуктивности, нормированное для каждого отдельно взятого индуктора, соответствует  $I_{LED\_AV}$  и может быть определено по формуле:

$$I_L = I_{LED\_AV} * (1 + 0,5 * 30\%)$$

Токоизмерительный резистор

Величина пикового тока ограничивается номиналом резистора  $R_{SENSE}$

$$I_{LED\_MAX} = 250 \text{ мВ} / R_{SENSE}$$

При уровне пульсации на выходе драйвера 30%, можно определить пиковое значение тока на выходе:

$$I_{LED\_MAX} = I_{LED\_AV} * (1 + 0,5 * 30\%)$$

Номинал  $R_{SENSE}$  в схеме:

$$R_{SENSE} = 250 \text{ мВ} / I_{LED\_MAX}$$

Мощность:

$$P_{SENSE} = I_{LED\_AV}^2 * R_{SENSE} * D.$$

Лучший выбор резистора с двукратным запасом мощности.

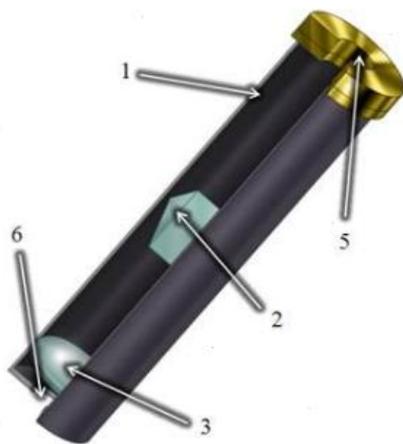
Входной фильтрующий конденсатор 50 Гц:

$$C_{BULK} = P_{AC} / (f_{AC} * dV * dV), \text{ где } dV = V_{BULK\_min} - (1,414 * V_{AC\_min})$$

$P_{AC}$  это сумма мощность отдаваемая в светодиоды и сумма мощностей потерь. [30]

Проведение эксперимента:

Для визуального наблюдения видимого спектра излучения (380-760 нм) применяем оптический прибор спектроскоп прямого зрения. Спектроскоп используем для разложения света на спектр.



- Устройство спектроסקопа прямого видения**
1. Металлическая трубка.
  2. Призма.
  3. Собирающая линза.
  4. Подвижный держатель с винтом.
  5. Коллиматорная щель.
  6. Крышка с окулярным отверстием.

Рис. 5.16 Спектроскоп прямого зрения [46]

Исследовали экспериментальную лампу и стандартную светодиодную лампу. На следующих рисунках представлены спектры: солнца, экспериментальной лампы, стандартной светодиодной лампы:



Рис. 5.17 Спектр солнца

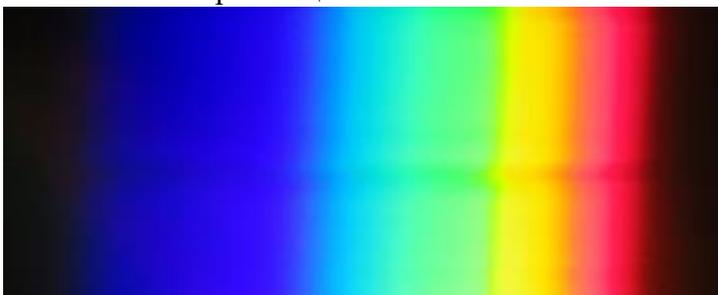


Рис. 5.18 Спектр экспериментальной лампы



Рис. 5.19 Спектр стандартной светодиодной лампы

Вывод:

Спектр экспериментальной лампы близок к солнечному спектру.

Измерения потребляемой мощности источника света (экспериментальная лампа):

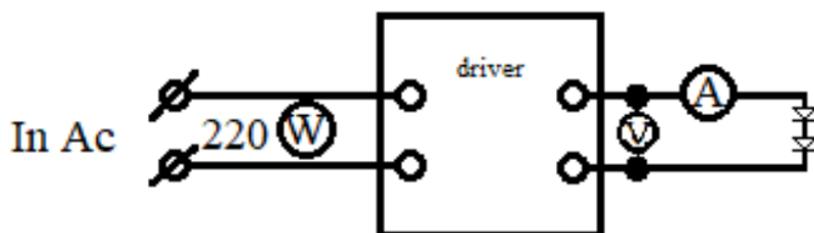


Рис. 5.20 Схема измерения потребляемой мощности

На нижеследующих рисунках представлены измеряемые величины: тока, напряжения и мощности:

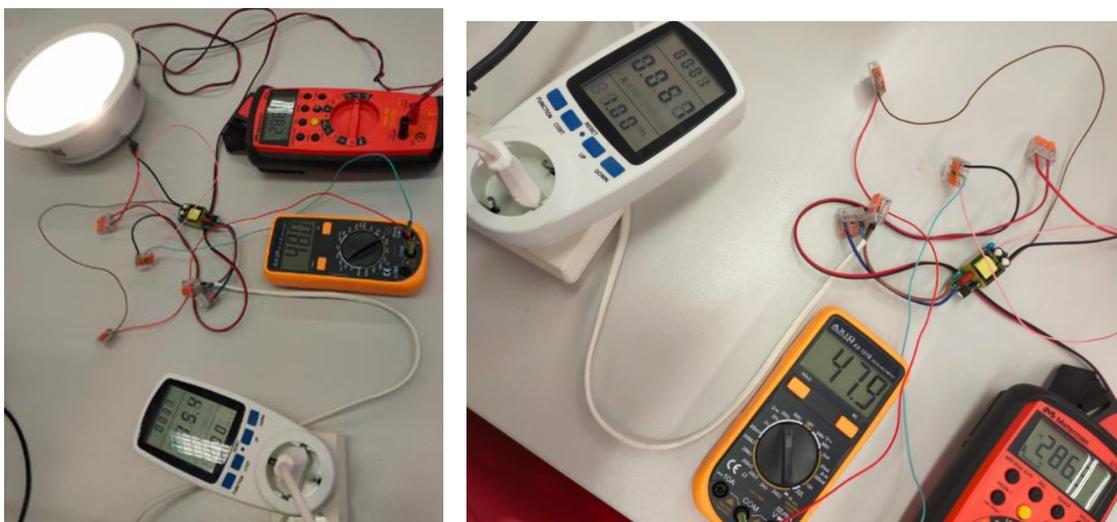


Рис. 5.21 Напряжение на выходе драйвера 47.6V, ток 285.7mA

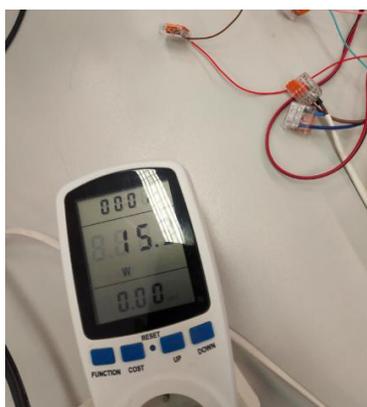


Рис. 5.22 Мощность AC 15 W

С учетом полученных данных можно вычислить коэффициент полезного действия источника питания:

$$\text{КПД} = U \cdot I / P = (48 \cdot 0.286 / 15) \cdot 100\% = 92\%$$

Во время прохождения тока через полупроводники они превращают в тепло около 80% и с этим связана выделяющееся тепло в светодиоде. Наличие радиатора

способствует работе устройства без перегрева. Если лампа имеет высокий перегрев, то полупроводники и светодиоды быстро выходят из строя.

До замены светодиодов и драйвера лампа имела температуру нагрева почти 90°C, после замены температура снизилась до 50°C:

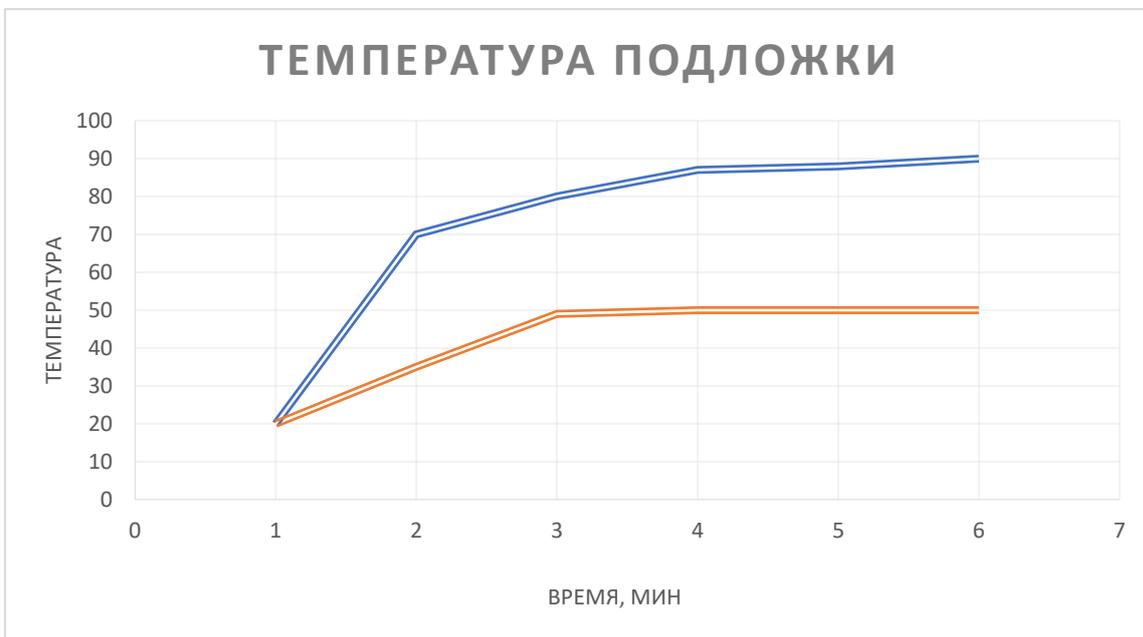


График 5.1

Измерение коэффициента пульсации света:

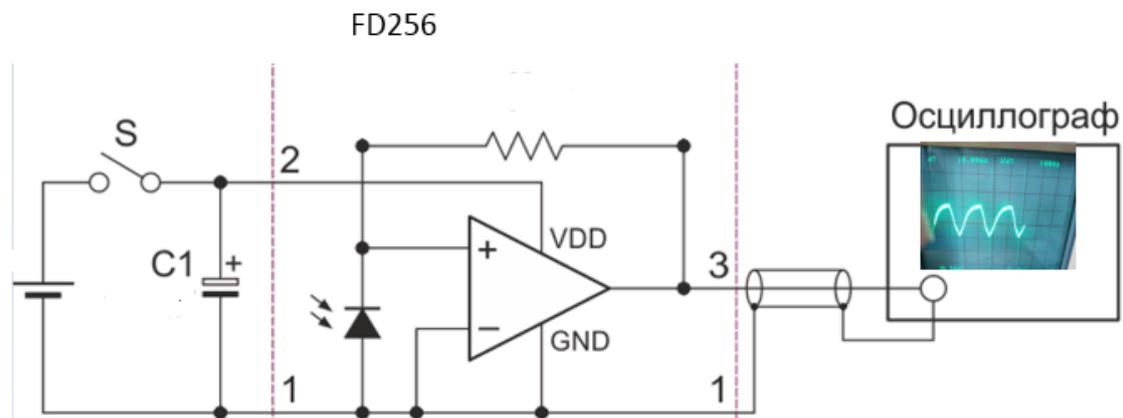


Рис. 5.23 Схема измерения пульсации света

Результаты измерения:

$$K_{\Pi} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} * 100\%$$

Коэффициент пульсации старой и новой лампы:

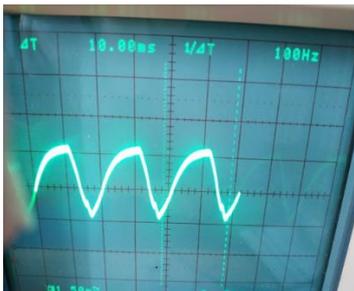


Рис. 5.24  $K=30\%$   $F=100\text{Hz}$ ,

до замены драйвера

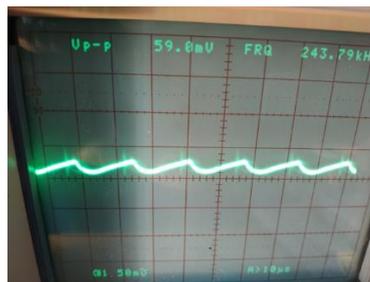


Рис. 5.25  $K=5\%$   $F=243\text{kHz}$ ,

после замены

В экспериментальной лампе отсутствует стробоскопический эффект (низкочастотные пульсации).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы было выяснено, что спектр света с «синим пиком» негативно влияет на здоровье человека, а невидимая глазу пульсация светодиодных ламп может нанести непоправимый вред здоровью. Пульсация зависит от качества драйвера.

В ходе небольшого эксперимента над собой могу с уверенностью утверждать, что влияние света не только может понизить работоспособность, но и повысить, а также сильно влияет на качество сна. Использование фитнес браслета с программой в смартфоне Xiaomi Wear должны были отследить качество сна, но к моему сожалению, программа не дала того результата, которого хотелось, так как при использовании света с разными температурами Кельвина, программа должна была показать хоть немного разные результаты, но нет. Также программа показывала результат отлично или норма, даже, когда на сон уходило всего два часа в сутки, при норме 6-8 часов. Поэтому в правильности результатов от фитнес браслета есть сомнения.

Большую роль регулирования мелатонина играет источник света и имеющийся синий свет не позволяет гормону выделяться, тем самым разрушая биологические процессы в организме человека. Циркадные ритмы у каждого человека индивидуальны их возможно определить только с помощью генетического теста, а это очень важно, ведь человеку будет легче выбирать время для активности, чтобы работа была более продуктивной.

Изучив строение светодиодной лампы, было принято решение заменить светодиоды на светодиоды со спектром приближенным к солнечному свету и установить импульсный драйвер с микросхемой Clare CPC9909.

Работа по созданию комфортного источника света проводилась в лабораториях Ида-Вирумаа колледжа. После проведения исследований нового источника света были сделаны следующие результаты:

- Создан комфортный источник света
- Проведены исследования влияния света на человека
- Экспериментально оценена потребляемая мощности источника света
- Реализована схема для измерения пульсации света и определён коэффициент пульсации

Комфортный источник света обладает следующими свойствами:

- Цветопередача, подобная солнечному свету [49];

- Не искажаются цвета и оттенки освещаемых предметов [49];
- Формируют естественные зрительные ощущения [49];
- Благодаря качественному импульсному драйверу источник света имеет пульсацию менее 5%, значит и вреда от источника света нет.

## KOKKUVÕTE

Töö käigus leiti, et "sinise tipuga" valgusspekter mõjutab inimese tervist negatiivselt ning silmale nähtamatu LED-lampide pulseerimine võib tervisele korvamatut kahju tekitada. Pulseerimine sõltub draiveri kvaliteedist.

Enese kohta tehtud väikese eksperimendi käigus võin enesekindlalt väita, et valguse mõju võib mitte ainult vähendada jõudlust, vaid ka suurendada ning mõjutada tugevalt une kvaliteeti. Xiaomi Weari nutitelefonis sisalduva programmiga *fitness*-käevõru kasutamine pidi jälgima une kvaliteeti, kuid minu kahetsuseks ei andnud programm soovitud tulemust, kuna erinevate kelvinite temperatuuridega valgust kasutades oleks see pidanud näitama vähemalt veidi teistsuguseid tulemusi, kuid ei näidatud. Samuti näitas programm suurepärasest või normaalsest tulemust, isegi siis kui magamiseks kulus vaid kaks tundi päevas. Norm on 6–8 tundi. Seetõttu on *fitnessi* käevõru tulemuste õigsuses kahtlusi.

Valgusallikal on melatoniini reguleerimisel oluline roll ning olemasolev sinine valgus ei lase hormoonil vabaneda, hävitades seeläbi inimkeha bioloogilisi protsesse.

Ööpäevarütmid on iga inimese jaoks individuaalsed, neid saab määrata ainult geneetilise testi abil ja see on väga oluline, sest inimesel on lihtsam valida tegevuseks sobiv aeg, nii et töö oleks produktiivsem.

Olles uurinud LED-lambi struktuuri, otsustati valgusdiodid asendada päikesevalguse lähedase spektriga LED-idega ja paigaldada impulssdraiver Clare CPC9909 mikrolülitusega.

Töö mugava valgusallika loomiseks viidi läbi Ida-Virumaa kolledži laborites. Pärast uue valgusallika uurimist tehti järgmised tulemused:

- Loodud on mugav valgusallikas
- Viis läbi uuringuid valguse mõju kohta inimesele
- Eksperimentaalselt hinnanguline valgusallika energiatarve
- Rakendas valguse pulsatsiooni mõõtmise skeemi ja määras pulsatsioonikordaja

Mugaval valgusallikal on järgmised omadused:

- Päikesetaoline värviedastus
- Valgustatud esemete värvid ja toonid ei ole moonutatud
- Moodustada loomulikke visuaalseid aistinguid

- Tänu kvaliteetsele impulssdraiverile on valgusallika lainetus alla 5%, mis tähendab, et valgusallikast ei tekitat kahju.

## SUMMARY

In the course of the work, it was found that the spectrum of light with a "blue peak" negatively affects human health, and the pulsation of LED lamps invisible to the eye can cause irreparable harm to health. Ripple depends on the quality of the driver.

In the course of a small experiment on myself, I can confidently assert that the influence of light can not only reduce performance, but also increase, and also strongly affect the quality of sleep. The use of a fitness bracelet with the program in the Xiaomi Wear smartphone was supposed to track the quality of sleep, but to my regret, the program did not give the result that I wanted, since when using light with different Kelvin temperatures, the program should have shown at least slightly different results, but no ... Also, the program showed the result excellent or normal, even when it took only two hours a day to sleep, at a rate of 6-8 hours. Therefore, there are doubts about the correctness of the results from the fitness bracelet.

The light source plays an important role in regulating melatonin, and the available blue light does not allow the hormone to be released, thereby destroying the biological processes in the human body. Circadian rhythms for each person are individual; they can only be determined using a genetic test, and this is very important, because it will be easier for a person to choose the time for activity so that work is more productive.

Having studied the structure of the LED lamp, it was decided to replace the LEDs with LEDs with a spectrum close to sunlight and install a pulse driver with a Clare CPC9909 microcircuit.

The work on creating a comfortable light source was carried out in the laboratories of Ida-Viru County College. After researching a new light source, the following results were made:

- A comfortable light source has been created
- Conducted research on the effect of light on humans
- Experimentally estimated power consumption of the light source
- Implemented a circuit for measuring light pulsation and determined the pulsation coefficient

A comfortable light source has the following properties:

- Sun-like color rendering

- Colors and shades of illuminated objects are not distorted
- Form natural visual sensations
- Thanks to a high-quality impulse driver, the light source has a ripple of less than 5%, which means there is no harm from the light source.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние света на организм человека <https://www.elektro.ru/articles/detail/vliyanie-osveshcheniya-na-organizm-cheloveka/> (27.04.2017)
2. Все о светодиодных лампах <https://www.solarhome.ru/biblio/o-svetodiodnyh-lampah.htm> (18.05.2016)
3. Угол рассеивания и другие параметры светодиодных ламп <https://lampagid.ru/vidy/svetodiody/ugol-rasseivaniya> (14.09.2020)
4. Результаты тестирования светодиодных ламп <https://lamptest.ru/> (28.03.2021)
5. Sunlike – светодиодный свет нового поколения <https://habr.com/ru/company/lamptest/blog/411021/> (14.03.2018)
6. Что такое пульсация ламп. Как измерить коэффициент пульсации ламп. [https://eco-e.ru/poleznoe/stati/osveshhenie/lampyi-\(testyi\)/chto-takoe-pulsaczia-lamp.-kak-izmerit-koefficzient-pulsaczii-lamp/](https://eco-e.ru/poleznoe/stati/osveshhenie/lampyi-(testyi)/chto-takoe-pulsaczia-lamp.-kak-izmerit-koefficzient-pulsaczii-lamp/) (10.08.2019)
7. Влияние света на оттенки света <http://www.4living.ru/items/article/vlijanie-sveta-na-ottenki-tsveta/> (26.11.2019)
8. Все о светодиодных лампах <https://3dnews.ru/933019> (18.05.2016)
9. Состав светодиодной лампы <https://xn--44-6kc4b.xn--p1ai/raznoe/sostav-lampy-svetodiodnoj-sostav-otxoda-svetodiodnyx-lamp.html> (15.05.2020)
10. Филаментные лампы. Принцип работы, особенности, преимущества, недостатки. <https://maxus.com.ua/ru/blog/filament-lamp-features-operating-principle-advantages-and-disadvantages-of-models> (17.10.2018)
11. История развития искусственного освещения <https://colorleds.ru/stati/istoriya-razvitiya-iskusstvennogo-osveshcheniya.html> (07.11.2015)
12. Драйвер светодиодной лампы <https://ledtest.vestum.ua/study/drajver-svetodiodnoj-lampy-chto-jeto-takoe-i-kakie-jest-vidi/> (17.09.2020)
13. Построение источников тока для питания светодиодов на базе структуры обратного преобразователя <https://led-e.ru/led-supply/postroenie-istochnikov-toka-dlya-pitaniya-svetodiodov-na-baze-struktury-obratnohodovogo-preobrazovatelya/> (03.03.2012)
14. Как настроить здоровый сон: подробный путеводитель <https://reminder.media/longread/kak-nastroit-zdorovyy-son-podrobnyy-putevoditel> (12.02.2020)
15. Генетический тест циркадного ритма <https://www.sportsgene.ee/geneticheskiy-test-cirkadnogo-ritma> (2020)

16. Все до лампочки. О прошлом и будущем ламп накаливания <https://tass.ru/tech/6821489>  
(10.11.2017)
17. Выбираем светодиодную лампочку правильно. Коэффициент цветопередачи  
<http://www.ledsvit.com.ua/news/posts/vybiraem-svetodiodnuyu-lampochku-pravilno-koeffitsient-tsvetoperedachi> (22.09.2014)
18. Энергосберегающая лампа  
[https://www.wikiwand.com/ru/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B0](https://www.wikiwand.com/ru/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B0)  
(09.06.2016)
19. Циркадные ритмы  
<https://bud-v-forme.ru/news/tsirkadnye-ritmy-tema-udostoennaya-nobelevskoy-premii/>(15.11.2017)
20. Оценочный модуль NXP SSL2109DB01  
<https://www.rlocman.ru/op/tovar.html?di=133191>
21. Источники света  
<http://lhouse.com.ru/category/lightbulbs> (2014-2021)
22. Ультрафиолетовое отверждение и полимеризация  
<https://www.uv-expert.ru/info/articles/ultrafioletovoe-otverzhdienie-i-polimerizatsiya/>  
(2021)
23. Спектр  
<http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/2c8a74d7-b8f6-b03c-b8ae-fbb7a6b48efb/1002315A.htm> (29.12.2019)
24. Наблюдение сплошного и линейчатого спектров  
<https://multiurok.ru/files/nabliudenie-sploshnogo-i-lineichatogo-spektrov.html>  
(25.08.2017)
25. Светодиодный свет для чайников  
<http://led22.ru/ledstat/svetodiod-dla-chainikov/svetodiod-dla-chainikov.html>  
(01.02.2009)
26. Philips Lumileds повышает эффективность и световую отдачу светоизлучающих матриц LUXEON CoB  
<https://lucendi.ru/news/19-12-2013-luxeon-c.html> (2012-2013)
27. Безопасный свет, максимально близкий к солнечному  
<https://remezlight.com/concept/for-home/safety-of-light-for-human-vision/>  
(01.10.2020)

28. Отличие матриц COB от SMD  
<https://powerlux.com.ua/page/267.html> (18.11.2019)
29. Люминофоры <https://himya.ru/lyuminofory.html> (25.09.2019)
30. Недорогой драйвер питания светодиодов на базе микросхемы CPC9909  
[https://led-e.ru/wp-content/uploads/2011\\_6\\_18.pdf](https://led-e.ru/wp-content/uploads/2011_6_18.pdf) (29.09.2020)
31. Как делают светодиодные лампы  
<https://www.drive2.com/o/b/519931562058318577/?page=0> (05.11.2019)
32. Драйвер для светодиодов своими руками <http://stolyarka-mos.ru/stati/drajver-dlya-svetodiodov-svoimi-rukami-220v.html> (2019)
33. Какой свет лучше для глаз: теплый или холодный  
<https://lampaexpert.ru/osveschenie/teplyj-svet-ili-holodnyj-kakoj-i-gde-lucse> (2021)
34. Четыре вида драйвера светодиодных ламп  
<https://www.youtube.com/watch?v=Y4U1L280Y64> (10.2020)
35. Особенности проектирования блока питания для светодиодных ламп [https://led-e.ru/wp-content/uploads/2011\\_1\\_30.pdf](https://led-e.ru/wp-content/uploads/2011_1_30.pdf) (29.09.2020)
36. Настольный светодиодный светильник <https://minimir.ru/catalog/interernoe-osveshchenie/nastolnie-lampi/shkolnye/nastolnyy-svetodiodnyy-svetilnik-80503-1-chernyy-a042782>
37. Sunlike <https://why-why.ru/info/seul-semikonduktor/> (10.03.2020)
38. Sunlike <http://sunlikelamp.com/> (2021)
39. Светильники Remez с солнечным спектром  
<https://habr.com/ru/company/lamptest/blog/550068/> (31.03.2021)
40. Casambi и Seoul Semiconductor используют свои преимущества для создания решений, ориентированных на человека <https://leds-test.ru/casambi-i-seoul-semiconductor-ispolzuyut-svoi-preimushhestva-dlya-sozdaniya-reshenij-orientirovannyh-na-cheloveka/> (18.07.2019)
41. Линейчатый спектры <https://ege-study.ru/ru/ege/materialy/fizika/linejchatye-spektry/> (01.12.2020)
42. Как выбрать цветовую температуру <https://novolampa.ru/baza-znaniy/kak-vybrat-tsvetovuyu-temperaturu/> (30.11.2020)
43. Оптические характеристики светодиодов <https://xenon-lampa.ru/cat-dopolnitelnoe-osveschenie/a-opticheskie-harakteristiki-svetodiodov> (03.09.2019)
44. Биологически безопасное освещение – основа борьбы с бессонницей и нарушениями зрения <https://remezlight.com/concept/for-home/light-safety-for-human-health/> (01.10.2020)

45. LED драйвер. Зачем он нужен и как его подобрать  
<https://electrongrad.ru/2018/03/11/led-driver-teor/> (11.03.2018)
46. Лабораторная работа по физике «Наблюдение линейчатых спектров» для 11 класса  
<https://multiurok.ru/files/laboratornaia-rabota-po-fizike-nabliudenie-lineich.html> (17.02.2020)
47. Моргают светодиодные лампочки: что делать?  
<https://grand-electro.ru/vopros-otvet/chto-delat-esli-migaet-svetodiodnaya-lampochka-2.html> (20.06.2020)
48. Энергосберегающие светодиодные лампы  
<http://energoberejenie.org/stati/energoberegayushchie-svetodiodnye-lampy>  
(26.04.2017)
49. Высокий индекс цветопередачи светодиодных ламп — залог успешной работы и обучения  
<https://remezlight.com/concept/for-home/high-color-rendering-index/>  
(25.07.2019)
50. SunLike - светодиоды нового поколения  
[https://www.prestig.ru/articles/view/SunLike\\_svetodiodi\\_novogo\\_pokoleniya](https://www.prestig.ru/articles/view/SunLike_svetodiodi_novogo_pokoleniya)  
(07.06.2018)
51. Исследование Базельского университета. Влияние светодиодного света, максимально близкого к солнечному, на зрение и физиологию человека  
<https://remezlight.com/information/basel/> (27.07.2020)
52. Наука и жизнь <https://www.nkj.ru/news/37516/> (09.12.2019)
53. Как освещение влияет на работоспособность  
<https://lifehacker.ru/osveshhenie-i-rabotosposobnost/> (24.01.2018)