

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

В.С. Солдаткин

**СВЕТОДИОДЫ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА**  
Методические указания по выполнению лабораторных работ для  
студентов технических направлений подготовки и специальностей

Томск  
2025

**УДК** 628.9  
**ББК** 31.294  
С 600

**Солдаткин Василий Сергеевич**

С 600 Светодиоды и светотехнические устройства: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов технических направлений подготовки и специальностей / В. С. Солдаткин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2025 – 26 с.

Настоящие методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов технических направлений подготовки и специальностей составлены с учётом требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО).

Методические указания предназначены для студентов, изучающих специальную дисциплину «Светодиоды и светотехнические устройства» и содержат необходимую информацию, используемую для проведения лабораторных работ.

Одобрено на заседании каф. РЭТЭМ протокол № 94 от 17.04.2025.

УДК 628.9  
ББК 31.294  
© Солдаткин В.С., 2022  
© Томск. гос. ун-т систем упр. и  
радиоэлектроники, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ.....	4
ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ .....	5
КРАТКАЯ ТЕОРИЯ .....	6
Лабораторная работа № 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ СВЕТОВОЙ ОТДАЧИ СВЕТОДИОДОВ .....	7
Оборудование и оснастка.....	7
Задание на лабораторную работу.....	7
Контрольные вопросы.....	8
Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ СВЕТОВОЙ ОТДАЧИ СВЕТОДИОДНЫХ МАТРИЦ.....	9
Оборудование и оснастка.....	9
Задание на лабораторную работу.....	9
Контрольные вопросы.....	9
Лабораторная работа № 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗНАЧЕНИЕ ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ И СВЕТОВОГО ПОТОКА СВЕТОДИОДОВ И / ИЛИ СВЕТОДИОДНЫХ МАТРИЦ.....	10
Оборудование и оснастка.....	10
Задание на лабораторную работу.....	10
Контрольные вопросы.....	10
СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	12
Приложение А – Пример оформления титульного листа.....	13

## **ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ**

Перед началом лабораторных работ студенты должны получить инструктаж по технике безопасности в лаборатории и ознакомиться с правилами эксплуатации приборов и другого оборудования, используемого при выполнении работ. Инструктаж проводит преподаватель, ведущий занятия. После проведения инструктажа студент расписывается в регистрационном журнале о том, что он ознакомлен с правилами безопасной работы в лаборатории и обязуется их выполнять. Студенты, не прошедшие инструктаж к работе, не допускаются. Студенты, замеченные в нарушении настоящих правил, отстраняются от выполнения лабораторных работ.

### **Требования безопасности перед началом и окончанием работы**

**Каждый студент должен:**

- Знать расположение щита электропитания напряжением 220 В, частотой 50 Гц для того, чтобы в случае необходимости быстро отключить питание от лабораторных установок.
- Изучить описание лабораторной работы и инструкции к используемым приборам.
- Ознакомиться с макетом установки.
- Проверить наличие заземления на каждом приборе, подлежащем заземлению. В случае отсутствия заземления сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

#### **Запрещается:**

- Включать в сеть приборы, вращать ручки настройки без разрешения преподавателя.
- Переставлять приборы из установки.
- Разбирать схемы, вскрывать приборы и т.д.
- Начинать проведение эксперимента без разрешения преподавателя.
- Загромождать рабочее место и установку одеждой, сумками и др. посторонними предметами.

Перед началом эксперимента получить допуск у преподавателя. В присутствии преподавателя включить приборы, входящие в установку, в соответствии с инструкциями к приборам и описанию лабораторной работы. Если приборы не работают, сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией. При нарушении нормальной работы прибора (сильное зашкаливание, характерный запах горелого и т.п.) немедленно отключить прибор и сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

#### **Запрещается:**

- Работать с незаземленными и неисправными приборами.
- Самим проводить устранение неисправностей.
- Оставлять без наблюдения включенные приборы.

Если работа выполнена полностью и правильно, то по указанию преподавателя выключить приборы в соответствии с инструкцией и привести в порядок рабочее место.

### **Требования безопасности в аварийных ситуациях**

При появлении запаха гари, дыма или возгорания принять меры по обнаружению источника возгорания и его ликвидации. В случае пожара обесточить помещение, вызвать по телефону 101 пожарную охрану, произвести эвакуацию людей, сообщить администрации о случившемся и приступить к тушению пожара с помощью имеющихся средств пожаротушения. В случае поражения человека электрическим током, необходимо быстро освободить пострадавшего от действия тока. Вызвать врача. Если пострадавший находится без сознания, то нужно привести его в сознание, давая нюхать нашатырный спирт, если пострадавший плохо дышит, начать делать искусственное дыхание и массаж сердца и продолжать их делать до прибытия врача. В случае затопления помещения водой необходимо обесточить помещение, вызвать сантехника, вынести ценное оборудование и при необходимости сообщить администрации о случившемся.

## **ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ**

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен наблюдать за ходом эксперимента, отмечая все его особенности: изменение цвета, тепловые эффекты, выделение газа и т.д. Результаты наблюдений записывают в протокол, придерживаясь определенной последовательности:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- краткая теория;
- результаты эксперимента;
- оценка погрешности измерений;
- выводы по результатам работы. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ОС ТУСУР 01-2021.

Пример оформления Титульного листа приведён в Приложении А.

## КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Световая отдача, лм/Вт – отношение светового потока, излучаемого источником света к потребляемой им мощности [1]. Световой поток – величина, получаемая из потока излучения при оценке его действия на стандартного фотометрического наблюдателя МКО [2]. Коррелированная цветовая температура, К – температура излучателя Планка (черного тела), имеющего координаты цветности, наиболее близкие к координатам цветности, соответствующим спектральному распределению рассматриваемого объекта [1]. Индекс цветопередачи – мера степени отклонения цвета объекта при освещении источником излучения по сравнению с цветом объекта при освещении эталонным источником излучения [1]. Нормируемый срок службы, ч – промежуток времени, в течение которого совокупность светодиодных источников света сохраняет световой поток, не менее заявленного изготовителем или ответственным поставщиком процента от начального светового потока, при доле отказов, не более, чем заявленная [2].

Для освещения параметром энергоэффективности является световая отдача, для традиционных источников света она составляет: натриевые лампы низкого давления 200 лм/Вт, натриевые лампы высокого давления 130 лм/Вт, металло-галоидные лампы 110 лм/Вт, флуоресцентные лампы 90 лм/Вт, ртутные лампы высокого давления 60 лм/Вт, галогенные лампы 30 лм/Вт, лампы накаливания 15 лм/Вт. Срок службы натриевой лампы 28 500 часов, металло-галоидный лампы 9 000 часов, флуоресцентной лампы 20 000 часов, ртутные лампы 15 000 часов, галогеновой лампы 4 000 часов, лампы накаливания до 3 000 часов. Индекс цветопередачи составляет: натриевые лампы 40, металло-галоидные лампы 80, флуоресцентные лампы до 89, ртутные лампы высокого давления не менее 35, галогенные лампы от 80, лампы накаливания не менее 90 [3]. Теоретический предел световой отдачи светодиодов белого цвета свечения составляет 370 лм/Вт [4], в настоящее время доступны светодиоды со световой отдачей порядка 210 лм/Вт. Срок службы светодиодов составляет порядка 80 000 часов, а индекс цветопередачи может достигать 99 [5]. Световая отдача определяется по формуле:

$$n = \Phi/P, \quad (1.1)$$

где,  $n$  – световая отдача, лм/Вт;  
 $\Phi$  – световой поток, лм;  
 $P$  – потребляемая мощность, Вт.

# **Лабораторная работа № 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ СВЕТОВОЙ ОТДАЧИ СВЕТОДИОДОВ**

**Целью работы** освоить методику определения световой отдачи светодиода, исследовать зависимость световой отдачи от прямого тока для разных конструктивных исполнений светодиодов: индикаторных и мощных для поверхностного монтажа белого цвета свечения.

## **Оборудование и оснастка**

### **1. Измеритель светового потока "ТКА-КК1" ТУ 4486-016-16796024-2011**

Прибор предназначен для измерения полного светового потока светодиодов в видимой области спектра (от 380 до 780 нм) по методу "интегрирующей сферы" ("сфера Ульбрихта"). Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков. Диаметр сферы 140 мм, приёмник света – фотодиод, размещённый в нижней полусфере. Измерительный блок выполнен в виде шара на жёстком основании, шар является "интегрирующей сферой". В нём имеется входной тубус для установки светодиодов диаметром до 14 мм и сменных диафрагм, входящих в комплект, для позиционирования светодиодов диаметрами 3,5,9 мм.

Основные технические характеристики:

– диапазон измерения светового потока 1 – 200 000 лм;

– основная относительная погрешность измерения светового потока, не более 10,0 %;

### **2. Источники питания MPS 3003**

Основные технические характеристики:

Многооборотный регулятор для точной установки напряжения, последовательное и параллельное соединение 2х каналов: автотрекинг, 2-х полярный выход, режимы работы: стабилизация тока, напряжения и динамическая нагрузка, индикация: 3-разрядные LED-дисплеи на ток и напряжение, защита от перегрузки и переполюсовки, электронное отключение нагрузки 2 вентилятора охлаждения, включен в Госреестр средств измерений, регистрационный номер 32050-06.

– выходное напряжение 30 В;

– ток 3 А.

– уровень пульсаций 1 мВ;

– количество каналов 2 + 1;

– точность установки 0,1 В / 0,01 А.

– влияние нагрузки  $0,01\% \pm 3$  мВ.

### **3. Цифровой миллиамперметр.**

### **4. Светодиоды белого цвета свечения.**

### **5. Соединительные провода.**

## **Задание на лабораторную работу**

1. Собрать схему включения светодиода с источником питания и миллиамперметром.

2. Поместить светодиод в измеритель светового потока, при этом обеспечить изоляцию соединительных проводов, подводимых к светодиоду.

3. На источнике питания установить стабилизацию по значению прямого тока.

4. На источнике питания задать значение прямого тока, при котором у светодиода начинается свечение, измерить значение прямого напряжения и светового потока.

5. Проводя измерения величин по п. 4, повышать значение тока с шагом 5 мА.

6. Все данные результатов измерений записывать.

7. Рассчитать значение световой отдачи.

8. Построить график зависимости светового потока от прямого тока.

9. Построить график зависимости световой отдачи от прямого тока.

10. Написать отчёт. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Чем объясняется «спад» значений светового потока и световой отдачи при высоких значениях прямого тока?

2. Какой рабочий режим по значению прямого тока наиболее подходит для светодиодов данного типа?

3. Если на графике зависимости световой отдачи от прямого тока в начальный период, при низких значениях тока, провести линию, чем будет объясняться угол наклона этой линии?

## **Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ СВЕТОВОЙ ОТДАЧИ СВЕТОДИОДНЫХ МАТРИЦ**

**Цель работы:** исследовать влияние количества кристаллов в светодиодной матрице на значение её световой отдачи.

### **Оборудование и оснастка**

#### **1. Измеритель светового потока "ТКА-КК1" ТУ 4486-016-16796024-2011**

Прибор предназначен для измерения полного светового потока светодиодов в видимой области спектра (от 380 до 780 нм) по методу "интегрирующей сферы" ("сфера Ульбрихта"). Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков. Диаметр сферы 140 мм, приёмник света – фотодиод, размещённый в нижней полусфере. Измерительный блок выполнен в виде шара на жёстком основании, шар является "интегрирующей сферой". В нём имеется входной тубус для установки светодиодов диаметром до 14 мм и сменных диафрагм, входящих в комплект, для позиционирования светодиодов диаметрами 3,5,9 мм.

#### **2. Источники питания MPS 3003**

Основные технические характеристики:

Многооборотный регулятор для точной установки напряжения, последовательное и параллельное соединение 2x каналов: автотрекинг, 2-х полярный выход, режимы работы: стабилизация тока, напряжения и динамическая нагрузка, индикация: 3-разрядные LED-дисплеи на ток и напряжение, защита от перегрузки и переполюсовки, электронное отключение нагрузки 2 вентилятора охлаждения, включен в Госреестр средств измерений, регистрационный номер 32050-06.

#### **3. Цифровой миллиамперметр.**

4. Светодиодные матрицы белого цвета свечения с различным количеством кристаллов.

#### **5. Соединительные провода.**

### **Задание на лабораторную работу**

1. Собрать схему включения матрицы с источником питания и миллиамперметром.
2. Поместить матрицу в измеритель светового потока, при этом обеспечить изоляцию соединительных проводов, подводимых к матрице.
3. На источнике питания установить стабилизацию по значению прямого тока.
4. На источнике питания задать значение прямого тока, при котором у матрицы начинается свечение, измерить значение прямого напряжения и светового потока.
5. Проводя измерения величин по п. 4, повышать значение тока с шагом 10 мА.
6. Все данные результатов измерений записывать.
7. Провести аналогичные измерения для матриц с другим количеством кристаллов.
8. Рассчитать значение световой отдачи.
9. Построить график зависимости светового потока от прямого тока. Построить график зависимости световой отдачи от прямого тока.
10. Написать отчёт. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Чем объясняется «спад» значений световой отдачи с увеличением количества кристаллов при пропорциональном рабочем токе?
2. Как охарактеризовать зависимость световой отдачи от количества кристаллов?
3. Почему у матрицы с большим количеством кристаллов при низких значениях тока значение световой отдачи больше?

# **Лабораторная работа № 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗНАЧЕНИЕ ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ И СВЕТОВОГО ПОТОКА СВЕТОДИОДОВ И / ИЛИ СВЕТОДИОДНЫХ МАТРИЦ**

**Цель работы:** исследовать влияние температуры окружающей среды на значение прямого напряжения и светового потока светодиодов и матриц.

## **Оборудование и оснастка**

### **1. Измеритель светового потока "ТКА-КК1" ТУ 4486-016-16796024-2011**

Прибор предназначен для измерения полного светового потока светодиодов в видимой области спектра (от 380 до 780 нм) по методу "интегрирующей сферы" ("сфера Ульбрихта"). Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков. Диаметр сферы 140 мм, приёмник света – фотодиод, размещённый в нижней полусфере. Измерительный блок выполнен в виде шара на жёстком основании, шар является "интегрирующей сферой". В нём имеется входной тубус для установки светодиодов диаметром до 14 мм и сменных диафрагм, входящих в комплект, для позиционирования светодиодов диаметрами 3,5,9 мм.

### **2. Источники питания MPS 3003**

Основные технические характеристики:

Многооборотный регулятор для точной установки напряжения, последовательное и параллельное соединение 2x каналов: автотрекинг, 2-х полярный выход, режимы работы: стабилизация тока, напряжения и динамическая нагрузка, индикация: 3-разрядные LED-дисплеи на ток и напряжение, защита от перегрузки и переполюсовки, электронное отключение нагрузки 2 вентилятора охлаждения, включен в Госреестр средств измерений, регистрационный номер 32050-06.

### **3. Лабораторная электропечь**

### **4. Цифровой миллиамперметр.**

### **5. Светодиодная матрица и светодиоды белого цвета свечения.**

### **6. Соединительные провода.**

### **7. Люксметр**

## **Задание на лабораторную работу**

1. Собрать схему включения светодиодов и матрицы с источником питания и миллиамперметром.

2. Измерить значения светового потока и освещённости на расстоянии 10 см светодиодов и матрицы.

3. Поместить светодиоды и матрицу в лабораторную печь.

4. Прибавлять значение температуры в лабораторной печи с шагом 5 °C каждые пять минут до значения 120 °C, параллельно проводить измерения значений прямого напряжения и освещённости на расстоянии 10 см.

5. Все данные результатов измерений записывать.

6. Рассчитать значение световой отдачи.

7. Построить графики зависимости прямого напряжения от температуры и светового потока от температуры. Построить график зависимости световой отдачи от температуры.

8. Написать отчёт. Ответить на контрольные вопросы.

## **Контрольные вопросы**

1. Рассчитайте температурный коэффициент напряжения и сравните его с литературными данными?

2. Как охарактеризовать зависимость световой отдачи от количества кристаллов?
3. Почему у матрицы с большим количеством кристаллов при низких значениях тока значение световой отдачи больше?

## **СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р МЭК 60050-845-2023 Освещение. Термины и определения / Официальное издание. М.: ФГБУ "РСТ", 2023 – 285 с.
2. ГОСТ Р 54814-2018 Светодиоды и светодиодные модули для общего освещения и связанное с ними оборудование. Термины и определения / М.: Стандартинформ, 2018 – 15 с.
3. Полупроводниковая светотехника: учеб. пособие / А.А. Вилисов, В.С. Солдаткин, В.И. Туев. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 124 с. ISBN 978-5-86889-981-2.
4. Thomas W., Murphy Jr. Maximum spectral luminous efficacy of white light // Journal of Applied Physics. 2012. Vol. 111. P. 104909.
5. Разработка методики оценки пространственного распределения цветовых параметров в шагах МакАдама / М. В. Андреева, В. С. Солдаткин, В. И. Туев, С. Н. Кичук // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. – 2024. – № 1(146). – С. 4-18.

## **Приложение А – Пример оформления титульного листа**

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

Наименование темы работы (прописными буквами)

Отчет по лабораторной работе  
по дисциплине «Светодиоды и светотехнические устройства»

Студенты гр.

\_\_\_\_\_ Ф.И.О.

\_\_\_\_\_ /Подпись/

Руководитель работы

\_\_\_\_\_ /Должность/

\_\_\_\_\_ Ф.И.О.

\_\_\_\_\_ /Подпись/

\_\_\_\_\_ /Дата/

Томск 2025