

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
**«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»
(ТУСУР)**

**Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)**

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий каф. РЭТЭМ, д.т.н.

_____ В.И. Туев
« ____ » _____ 2018 г.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
СВЕТОДИОДОВ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

Учебно-методическое пособие для проведения лабораторных, практических
занятий и организации самостоятельной работы для магистров

Разработал:
Доцент каф. РЭТЭМ, к.т.н.

_____ В.С. Солдаткин

Томск 2018

Солдаткин В.С. Моделирование тепловых и оптических свойств светодиодов и светотехнических устройств: Учебно-методическое пособие для проведения лабораторных, практических занятий и организации самостоятельной работы для магистров. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2018. – 14 с.

Настоящее учебно-методическое пособие для проведения лабораторных, практических занятий и организации самостоятельной работы составлено с учетом требований федеральных государственных образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлениям подготовки: 27.04.04 Управление в технических системах (Управление в светотехнических системах) и 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств, и уровню подготовки «Магистр». Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Моделирование тепловых и оптических свойств светодиодов и светотехнических устройств» и содержат необходимую информацию, используемую для лабораторных, практических занятий и организации самостоятельной работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Основные понятия и определения	5
1. Классификация компьютерных моделей	6
2. Программное обеспечение для построения модели для исследования тепловых характеристик	8
3. Практические занятия	9
4. Лабораторные занятия	10
5. Самостоятельная работа	11
Список использованных источников	12

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие для проведения лабораторных, практических занятий и организации самостоятельной работы предназначено для студентов дисциплину «Моделирование тепловых и оптических свойств светодиодов и светотехнических устройств». Учебно-методическое пособие составлено с учетом требований федеральных государственных образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлениям подготовки: 27.04.04 Управление в технических системах (Управление в светотехнических системах) и 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств и уровню подготовки «Магистр».

В результате изучения дисциплины «Экспериментальные исследования и статистическая обработка результатов» студень должен:

Знать:

- основное программное обеспечение для моделирования тепловых и оптических свойств светодиодов и светотехнических устройств;
- основы построения физико-математических и других моделей;
- основы оформления результатов моделирования.

Уметь:

- выбирать программное обеспечение для моделирования тепловых и оптических свойств светодиодов и светотехнических устройств;
- разрабатывать модели для изучения тепловых и оптических свойств светодиодов и светотехнических устройств;
- оформлять результаты моделирования.

Владеть:

- навыками анализа и выбора программного обеспечения для моделирования процессов и объектов;
- навыками разработки модели для изучения тепловых и оптических свойств светодиодов и светотехнических устройств;
- навыками оформления результатов моделирования.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В соответствии с ГОСТ Р 57412-2017 Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения:

Модель – сущность, воспроизводящая явление, объект или свойство объекта реального мира.

Объект моделирования – явление, объект или свойство объекта реального мира.

Аспект моделирования – отдельное свойство или совокупность свойств объекта моделирования, являющихся предметом исследования с помощью моделирования.

Математическая модель – модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений.

Информационная модель – модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде совокупности элементов данных и отношений между ними.

Моделирование – изучение свойств и/или поведения объекта моделирования, выполненное с использованием его моделей.

Компьютерная модель (электронная модель) – модель, выполненная в компьютерной (вычислительной) среде и представляющая собой совокупность данных и программного кода, необходимого для работы с данными.

Проверка адекватности компьютерной модели – совокупность действий с моделью, результатом которых является подтверждение ее соответствия моделируемому объекту реального мира.

Контроль результатов компьютерного моделирования – совокупность действий, результатом которых является подтверждение соответствия компьютерной реализации модели исходной математической или информационной модели.

Компьютерная модель изделия – компьютерная модель, в которой объектом моделирования является изделие(ия).

Компьютерное моделирование изделия – моделирование, выполненное с использованием компьютерной модели изделия.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В соответствии с [1], модель – сущность, воспроизводящая явление, объект или свойство объекта реального мира. Моделирование изучение свойств и/или поведения объекта моделирования, выполненное с использованием его моделей. Компьютерное моделирование изделия выполняют с целью получения данных, необходимых для принятия решений в процессах разработки, проектирования, производства, сопровождения эксплуатации и других задач в ходе жизненного цикла изделия.

Компьютерная модель изделия классифицируют по следующим признакам: по исследуемому аспекту моделирования (исследуемым свойствам объекта моделирования; используемому способу описания объекта моделирования).

По исследуемому аспекту моделирования компьютерные модели изделия подразделяют:

а) на функциональные, аспектом моделирования в которых является выделение и описание функций изделия, их структуры и взаимосвязи;

б) структурные, аспектом моделирования в которых являются структуры изделия (например, конструкторская, технологическая, эксплуатационная электронная структура изделия по ГОСТ 2.053, логистическая структура изделия по ГОСТ Р 53392);

в) геометрические, аспектом моделирования в которых являются преимущественно форма, размеры и свойства, связанные с формой и размерами (например, размеры и допуски по ГОСТ 2.307, шероховатость по ГОСТ 2.308, допустимые отклонения формы по ГОСТ 2.309 и др.);

г) физико-механические, аспектом моделирования в которых являются физико-механические свойства изделия и взаимодействие изделия с внешней средой (статика, кинематика, динамика твердого тела, гидро- и газодинамика, деформации, теплопроводность и др.);

д) физико-химические, аспектом моделирования в которых являются изменения свойств материалов изделия (коррозионное разрушение материала, старение и т. д.);

е) технико-экономические, аспектом моделирования в которых являются взаимосвязанные технические и экономические свойства изделия (например, модель стоимости жизненного цикла изделия, модель стоимости послепродажного обслуживания изделий);

ж) процессные, аспектом моделирования в которых являются процессы, непосредственно связанные с изделием (например, модель технологического процесса изготовления изделия или модель процесса технической эксплуатации изделия).

По используемому способу описания объекта моделирования различают математические и информационные модели.

Математические модели в зависимости от метода нахождения решения (определения вида зависимости одних параметров модели от других) подразделяют:

а) на аналитические, описывающие свойства объекта моделирования системой уравнений, для которой может быть найдено аналитическое решение в явном виде (например, отдельные модели механики твердого тела на основе уравнений динамики);

б) численные, описывающие свойства объекта моделирования системой уравнений, для которых нахождение решения осуществляется с использованием методов вычислительной математики (например, разностных методов или методов конечных элементов, конечных или граничных объемов и т. д., используемых для решения задач механики деформируемого твердого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики и т. д.);

в) имитационные, в которых форму и коэффициенты зависимости одних параметров модели от других находят путем многократного испытания модели с различными входными данными (например, модели массового обслуживания, модели,

описывающие динамику изменения складских запасов).

Информационные модели подразделяют:

а) на формальные (знаковые), в которых описание объекта моделирования выполняют с помощью специализированных языков (например, описание геометрии и структуры изделия согласно ГОСТ Р ИСО 10303-1);

б) описательные (образные), в которых описание объекта моделирования выполняют с помощью естественного языка или изображений (например, текст, описывающий свойства или поведение объекта моделирования или его визуальное изображение (фотография)).

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

2.1 Программное обеспечение Dialux [2]

Программа DIALux evo это современный продукт компании DIAL GmbH (Германия), предназначенный для проектирования, расчета и визуализации освещения.

На сегодняшний момент реализованы следующие направления проектирования:

- расчет здания (строения) целиком;
- расчет отдельного помещения здания (строения);
- расчет взаимодействия наружной и внутренней систем освещения;
- расчет дорожного освещения;
- расчет дневного света, в том числе с учетом систем управления дневным светом.

Принцип работы программы построен по объектно-ориентированной технологии, идея которой заключается в организации среды, где основным элементом является объект.

Объекты образуют собой иерархическую структуру, сравнимую с генеалогическим деревом, основанную на взаимных связях и подчинении.

2.2 Программное обеспечение TracePro [3]

Конструкция системы освещения требует строгого соблюдения критериев эффективности, включая пространственное и угловое распределение света, однородность, интенсивность и спектральные характеристики, наряду с эстетическими факторами, такими как освещенный. Результатом является рентабельный дизайн, готовый к выпуску.

TracePro – это всеобъемлющий универсальный программный инструмент для моделирования распространения света. Модели создаются путем импорта из CAD-программы или путем непосредственного создания сплошной геометрии. Лучи распространяются по модели с частицами потока каждого луча, выделенными для поглощения, зеркального отражения и пропускания, флуоресценции и рассеяния.

Анализ:

- распределение света в системах освещения и визуализации;
- поглощение светового потока на уровне компонентов и систем;
- распределение силы света;
- оптическая эффективность, яркость и сияние;
- фотореалистичный рендеринг;
- флуоресцентные эффекты люминофоров.

Программное обеспечение используется для проектирования многих типов продуктов: светодиоды, лампы, светильники и жалюзи, транспортные знаки и аварийное освещение, естественное освещение, архитектурное освещение, дисплейное освещение, потребительские товары, автомобильное освещение, авионика, медицинское освещение, осветительное освещение.

2.3 Программное обеспечение LightTools [4]

LightTools обеспечивает истинные возможности дизайна, точный анализ и мощные функции визуализации продукта, которые помогут быстрее получить модель системы освещения. Прочные конструктивные элементы LightTools помогают быстро и эффективно создавать и изменять дизайн вашей системы освещения, начиная с первоначальных фаз концепции и заканчивая последующими инженерными итерациями и усовершенствованиями.

Ключевые особенности дизайна:

- сложное твердотельное моделирование с полной оптической точностью;
- современная скорость трассировки лучей с полным пользовательским контролем точности и требований к разрешению;
- создайте источник света из любой геометрической модели, для неограниченной

гибкости для создания настраиваемых источников;

- широкие библиотеки источников и материалов, включая светодиоды и измерения BSDF;

- надежная поддержка обмена данными для механических данных САПР;

- интерактивная динамическая связь с SOLIDWORKS;

- множественное погружение для моделирования внедренного люминофора в инкапсулированный светодиод;

- оптимизируемые оболочки для создания эффективных светодиодных соединителей, солнечных концентраторов и других сложных оптических поверхностей;

- пользовательские материалы для моделирования белых светодиодов на основе люминофора;

- текстуры - 2D, 3D и пользовательские – с гибкостью для изменения формы, размера и расстояния между элементами текстуры;

- вычисление индекса цветопередачи (CRI) на любом приемнике;

- обмен данными с другим программным обеспечением для проектирования освещения через форматы данных IES и LDT;

- трассировка лучей Point-and-shoot для мгновенной обратной связи по свету вашего устройства во время проектных итераций.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

3.1 Программное обеспечение Autodesk CFD [5]

Электронные приборы и компоненты постоянно меняются и усложняются, при этом каждый раз необходимо обеспечивать требуемый уровень охлаждения как всей системы, так и отдельных компонентов. Устройство современных электронных приборов является комплексной и сложной задачей для инженеров, так как необходимо всегда понимать в каких условиях будет функционировать устройство и учитывать это при принятии проектных решений.

Autodesk CFD обладает специальными возможностями, предназначенными для упрощения моделирования теплового режима работы электронных устройств. Для этого в программе содержатся специальные модели материалов для всестороннего анализа теплового режима работы приборов и электронных систем:

- модели печатных плат РСВ, включая многослойные МРСВ;
- компоненты активного и пассивного охлаждения (вентиляторы, радиаторы);
- активные тепловыделяющие компоненты (микросхемы стандартных размеров, конденсаторы, светодиоды, транзисторы);
- модели пористой среды (фильтры, сетки, перегородки и другое).

Autodesk CFD предоставляет инженерам возможность увидеть скрытые от их глаз параметры работы разрабатываемых изделий. Используя эти возможности в задачах обеспечения правильного теплового режима работы приборов, вы можете получить удивительные результаты. Благодаря способности визуализировать и анализировать потоки воздуха и тепловые условия работы, проектировщик способен оптимизировать конструкцию на самом раннем этапе проекта.

3.2 Программное обеспечение ANSYS [6]

Компания ANSYS, Inc. предлагает широкий спектр программных продуктов для решения инженерных задач с использованием технологий численного моделирования. Главными достоинствами программных продуктов ANSYS является высокая степень интеграции отдельных приложений, интуитивно понятный интерфейс и поддержка высокопроизводительных вычислений.

Программные продукты ANSYS могут быть классифицированы на основе физических дисциплин и инженерных приложений, на которые они ориентированы:

- вычислительная гидродинамика;
- механика деформируемого твердого тела;
- электромагнетизм;
- тепловой анализ;
- многодисциплинарный анализ.

Кроме того, в состав программных продуктов ANSYS входят специализированные приложения для подготовки расчетных моделей, работы с геометрией и КЭ-сеткой, моделирования на системном уровне, оптимизации и управления инженерными данными.

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

В рамках практической работы сформулировать техническое задание для построения модели светодиода или светотехнического устройства с целью изучения тепловых и оптических свойств. Произвести выбор программного обеспечения для построения модели. Оформить результаты моделирования в соответствии с [1, 7].

5. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

В рамках лабораторной работы в выбранном программном обеспечении построить модель светодиода или светотехнического устройства для изучения тепловых и оптических свойств.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Студенты в рамках самостоятельной работы оформляет результаты моделирования в соответствии с [1, 7].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 57412-2017 Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200144432>.
2. Dialux - расчёт и проектирование освещения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dialux-help.ru/dialux-evo/o-dialux-evo.html>.
3. Lambda Research Corporation. Optical Design Software leader. All rights reserved. Created by Polyphasic Developers. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200026224>.
4. Synopsys, Inc. All Rights Reserved. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.synopsys.com/optical-solutions/lighttools/feature-details.html>.
5. «ПОИНТ» – официальный дистрибьютор Autodesk в России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pointcad.ru/product/autodesk-simulation-cfd/funkczional-autodesk-cfd>.
6. ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cadfem-cis.ru/products/ansys/>.
7. ОС ТУСУР 01-2013. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://storage.tusur.ru/files/40668/rules_tech_01-2013.pdf, дата обращения: 01.06.2018.