

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой КИПР  
\_\_\_\_\_ В.М.Карабан  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2017 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ  
И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

**Моделирование тепловых и оптических свойств светодиодов и  
светотехнических устройств**

для магистров

направления подготовки: 11.04.03 – Конструирование и технология  
электронных средств

Составитель:

Доцент каф. КИПР

Д.В.Озеркин

2017

## Оглавление

1. Цели и задачи дисциплины, её место в учебном процессе .....	3
1.1. Цели преподавания дисциплины .....	3
1.2. Задачи изучения дисциплины .....	3
2. Содержание дисциплины .....	4
3. Учебно-методические материалы по дисциплине и самостоятельная работа студентов на практических занятиях .....	4
4. Самостоятельная работа студентов на практических занятиях.....	5
5. Сводные данные по самостоятельной работе студентов .....	6
6. Рейтинговая система оценки качества аудиторной и самостоятельной работы.....	8
7 Задачи и вопросы для контроля остаточных знаний в результате самостоятельной работы студентов .....	10
7.1. Задачи для контроля остаточных знаний в результате самостоятельной работы студентов .....	10
7.2 Вопросы для контроля остаточных знаний в результате самостоятельной работы студентов .....	15

# 1. Цели и задачи дисциплины, её место в учебном процессе

## 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование представлений у студентов о существующих методах и средствах моделирования тепловых и оптических свойств, а также о применении данных методов и средств в области конструирования и технологии светодиодов и светотехнических устройств.

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

- ознакомление с современными подходами исследования тепловых и оптических характеристик светотехнических устройств;
- получение представления о степени влияния тепловых полей и оптических сред на надежность и другие показатели технического уровня разрабатываемых устройств;
- ознакомление с методами математического моделирования тепловых и оптических характеристик светотехнических устройств;
- постановка и решение задач моделирования тепловых полей и оптических сред математическими методами;
- решение задач оптимизации тепловых и оптических режимов модулей светотехнических устройств;
- расчет параметров напряженно-деформированного состояния элементов проектируемой конструкции;
- ознакомление с программными комплексами теплового и оптического проектирования светотехнических устройств.

## 2. Содержание дисциплины

Лекции (18 ч; самостоятельная проработка лекционного материала 65 ч)

Наименование тем, их содержание, объём в часах лекционных занятий:

1. Способы охлаждения светотехнических устройств (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 7 ч).
2. Теплопроводность и дифференциальные уравнения теплопроводности (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 7 ч).
3. Граничные условия для процессов теплопроводности (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 7 ч).
4. Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 6 ч).
5. Расчет стационарных температурных полей методом коэффициентов (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 7 ч).
6. Расчет теплового поля в пластине с внутренним источником тепла (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 6 ч).
7. Нестационарная теплопроводность (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 6 ч).
8. Элементы теории тепловых цепей (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 7 ч).
9. Основы геометрической оптики (2 ч, самостоятельная проработка лекционного материала 12 ч).

## 3. Учебно-методические материалы по дисциплине и самостоятельная работа студентов на практических занятиях

Основная литература:

1. Шангина Л.И. Оптоэлектронные системы и устройства: Учебное пособие - Томск : Эль Контент, 2013. - 182 с.: Библиотека ТУСУР.

Дополнительная литература:

2. Спокойный Ю.Е. Тепломассообмен в радиоэлектронной аппаратуре : Лабораторный практикум: Для радиотехн. спец. вузов / Юрий Ефимович Спокойный, Владимир Владимирович Сибиряков. - Киев ; Одесса : Вища школа, 1988. - 223 с. : Библиотека ТУСУР.
3. Теория тепломассообмена : Учебник для вузов / С.И.Исаев [и др.] ; ред. : А.И. Леонтьев. - М. : Высшая школа, 1979. - 495[1] с. : Библиотека ТУСУР.
4. Примеры и задачи по тепломассообмену: учебное пособие для вузов / В.С.Логинов [и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2011. - 256 с. : Библиотека ТУСУР.

#### 4. Самостоятельная работа студентов на практических занятиях

Цель и задача проведения практических занятий – практическое освоение методов расчёта теплопроводности прослоек, теплообмена конвекцией и излучением, расчёта температуры поверхностей и тепловых режимов светотехнических устройств, расчёта тепловой характеристики радиаторов и оценочный расчёт оптических свойств светодиодов. Практические занятия направлены на закрепление и расширение знаний, полученных на лекциях и при изучении рекомендованной литературы согласно рабочей программе дисциплины. Предусмотрены практические занятия с решением задач. В ходе практических занятий проводится оценивание теоретических знаний и умений студентов по итогам решения задач. Практические занятия проводятся в связке с рассмотрением соответствующих вопросов на лекциях.

Темы практических занятий с решением задач (9 занятий по 2 ч, подготовка к практическим занятиям 49 ч):

1. Естественно-воздушные системы охлаждения. Принудительно-воздушные системы охлаждения (2 ч, подготовка к практическим занятиям 7 ч).
2. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности (2 ч, подготовка к практическим занятиям 7 ч).
3. Граничные условия первого рода – условие Дирихле. Граничные условия второго рода – условие Неймана. Граничные условия третьего рода – условие Роббина (2 ч, подготовка к практическим занятиям 7 ч).
4. Схема прямого ребра. Прямое ребро постоянного теплового напряжения (2 ч, подготовка к практическим занятиям 2 ч).
5. Понятие удельного теплового потока. Определение базового перегрева (2 ч, подготовка к практическим занятиям 7 ч).
6. Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников теплоты. Теплопроводность круглого стержня при наличии внутренних источников теплоты (2 ч, подготовка к практическим занятиям 2 ч).
7. Нестационарные профили температуры внутри однородного шара при равномерном внутреннем тепловыделении. Относительный недогрев в центре шара (2 ч, подготовка к практическим занятиям 2 ч).
8. Контактный перепад температур. Закон Ома в интегральной форме (2 ч, подготовка к практическим занятиям 7 ч).
9. Закон прямолинейного распространения света. Закон отражения света (2 ч, подготовка к практическим занятиям 8 ч).

Одну часть из предложенных задач студенты решают на занятиях, а другая часть выдается для самостоятельной работы в виде индивидуального домашнего задания. Опрос и проверка домашних знаний проводятся как во время практических занятий, так и во время лекций.

## 5. Сводные данные по самостоятельной работе студентов

Для успешного усвоения дисциплины студент должен систематически изучать лекционный материал, выполнять домашние задания и активно работать на практических занятиях. Источники из перечня основной и дополнительной литературы содержат необходимый объем материалов для освоения дисциплины. Таблица 5.1 содержит сводные данные по самостоятельной работе студентов.

**Таблица 5.1 – Сводные данные по СРС**

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>3 семестр</b>				
1 Способы охлаждения светотехнических устройств	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	7		
	Итого	14		
2 Теплопроводность и дифференциальные уравнения теплопроводности.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	7		
	Итого	14		
3 Граничные условия для процессов теплопроводности.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	7		
	Итого	14		
4 Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	14		

**Окончание таблицы 5.1**

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 Расчет стационарных температурных полей методом коэффициентов.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	7		
	Итого	14		
6 Расчет теплового поля в пластине с внутренним источником тепла.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	14		
7 Нестационарная теплопроводность.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	14		
8 Элементы теории тепловых цепей.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	7		
	Итого	14		
9 Основы геометрической оптики.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-5, ПК-2	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	12		
	Итого	20		
Итого за семестр		132		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		168		

## 6. Рейтинговая система оценки качества аудиторной и самостоятельной работы

По дисциплине устанавливается рейтинговая система учета и контроля учебной деятельности студентов. Распределение баллов в течение семестра приведено в таблице 6.1.

Оценка текущих знаний студентов определяется в соответствии с «Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов» (приказ ректора от 25.02.2010 № 1902). Максимальный объем рейтинговой оценки знаний студентов по данной дисциплине составляет 100 баллов.

**Таблица 6.1 – Балльные оценки для элементов контроля знаний по дисциплине, оканчивающейся экзаменом**

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Домашнее задание	3	3	4	10
Защита отчета	3	3	4	10
Конспект самоподготовки	3	3	4	10
Опрос на занятиях	3	3	4	10
Отчет по лабораторной работе	3	3	4	10
Расчетная работа	3	3	4	10
Тест	3	3	4	10
Итого максимум за период	21	21	28	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	21	42	70	100

Балльная оценка выполнения практических занятий по дисциплине в течение семестра приведена в таблице 6.2.

**Таблица 6.2 – Балльная оценка выполнения домашних заданий**

№ зан.	Тема практических занятий	Количество баллов
1	Естественно-воздушные системы охлаждения. Принудительно-воздушные системы охлаждения	1
2	Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности	1
3	Граничные условия первого рода – условие Дирихле. Граничные условия второго рода – условие Неймана. Граничные условия третьего рода – условие Роббина	1
4	Схема прямого ребра. Прямое ребро постоянного теплового напряжения	1
5	Понятие удельного теплового потока. Определение базового перегрева	1
6	Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников теплоты. Теплопроводность круглого стержня при наличии внутренних источников теплоты	1
7	Нестационарные профили температуры внутри однородного шара при равномерном внутреннем тепловыделении. Относительный недогрев в центре шара	1
8	Контактный перепад температур. Закон Ома в интегральной форме	1
9	Закон прямолинейного распространения света. Закон отражения света	2
	Всего баллов	10

Согласно действующему положению о рейтинговой системе текущая посещаемость и рейтинговые баллы фиксируются в групповом журнале преподавателя. В контрольные точки семестра текущий рейтинг по дисциплине фиксируется в ведомости текущей успеваемости, передаваемой в деканат.

## 7 Задачи и вопросы для контроля остаточных знаний в результате самостоятельной работы студентов

### 7.1. Задачи для контроля остаточных знаний в результате самостоятельной работы студентов

В разделе приведены различные типичные задачи тепломассообмена, взятые из разных источников, в которых заменены численные значения исходных данных: температуры поверхностей, температуры окружающей среды, атмосферного давления, рассеиваемых мощностей, размеров тел, степеней черноты поверхностей, токов, напряжений и т.д. Задачи приведены для контроля остаточных знаний в результате самостоятельной работы студентов. Поэтому в отдельных случаях преподаватель может затребовать лишь пояснения хода решения задачи, не прибегая к вычислениям.

Задача 7.1. Транзистор КТ912Е закреплен на радиаторе винтовым со-единением. Определить температуру кристалла при токе коллектора 0.8 А и напряжении коллектор-эмиттер 25 В, если радиатор нагревается до 45 граду-сов Цельсия.

Задача 7.2. Кристалл полупроводникового прибора с размерами основания  $0.5 \times 2 \text{ мм}^2$  размещен на диэлектрической подложке с коэффициентом теплопроводности 15 Вт/(м·К). Толщина подложки 1 мм, максимально допустимая температура кристалла 125 градусов Цельсия. Определить допустимую мощность данного полупроводникового прибора, если температура корпуса 52 градусов Цельсия.

Задача 7.3. Определить толщину теплоизоляционной плоской прокладки из листового асбеста, если удельный тепловой поток достигает  $1200 \text{ Вт/м}^2$ , а температура поверхности прибора 250 градусов Цельсия. Температура внешней поверхности теплоизолятора не должна превышать 70 градусов Цельсия, теплопроводность асбеста изменяется по закону  $\lambda = 0.1(1 + 0.005t) \text{ Вт/(м·К)}$ .

Задача 7.4. Определить конвективный коэффициент теплоотдачи вертикально ориентированной пластины высотой 50 см. Средняя температура плоскости 70 градусов Цельсия, а температура среды 30 градусов Цельсия, конвекция естественная.

Задача 7.5. Найти мощность, отводимую от вертикально ориентированного диска диаметром 120 мм, если средняя температура диска 100 градусов Цельсия, среды 50 градусов Цельсия, давление воздуха  $H = 40$  кПа, степень черноты поверхности 0.92.

Задача 7.6. Среднеповерхностная температура кожуха радиоэлектронного аппарата  $t_k = 45$  градусов Цельсия, размеры светотехнического устройства  $L_1 \times L_2 \times L_3 = 0.4 \times 0.2 \times 0.1$  м<sup>3</sup>, степень черноты поверхности кожуха  $\varepsilon = 0.9$ , температура окружающей среды  $t_c = 20$  градусов Цельсия. Атмосферное давление  $H = 60$  кПа. Рассчитайте мощность  $P$ , рассеиваемую светотехническим устройством.

Задача 7.7. Резистор типа М0Н-1 при температуре окружающей среды  $t_c = 70$  градусов Цельсия рассеивает номинальную мощность. Рассчитайте допустимую мощность, которую может рассеять резистор, если на него одеть изоляционную трубку толщиной  $\delta = 1$  мм. Коэффициент теплопроводности материала изоляции  $\lambda = 0.15$  Вт/(м·К), степень черноты поверхности  $\varepsilon = 0.92$ . Тепловые сопротивления провод–среда и изоляция–среда принять равными. Мощностью, рассеиваемой выводами, пренебречь.

Задача 7.8. Полупроводниковый прибор типа КТ805 установлен в центре прямоугольной металлической пластины размерами  $0.1 \times 0.2$  м<sup>2</sup>. Мощность, рассеиваемая полупроводниковым прибором  $P = 7$  Вт при температуре окружающей среды  $t_c = 20$  градусов Цельсия. Тепловое сопротивление переход–корпус полупроводникового прибора  $R_{пк} = 3.5$  К/Вт, тепловое сопротивление корпуса–пластина  $R_{кп} = 0.3$  К/Вт, температура окружающей среды 20 градусов Цельсия, степень черноты поверхности  $\varepsilon = 0.9$ . Толщина пластины  $\delta = 3$  мм. Коэффициент теплопроводности материала пластины  $\lambda = 160$  Вт/(м·К). Рассчитайте температуру  $p$ - $n$ -перехода при атмосферном давлении  $H = 50$  кПа. Мощностью, рассеиваемой в среду непосредственно корпусом полупроводникового прибора, пренебречь.

Задача 7.9. Светотехническое устройство рассеивает мощность  $P = 30$  Вт. Размеры радиоэлектронного аппарата  $L_1 \times L_2 \times L_3 = 0.2 \times 0.15 \times 0.15$  м<sup>3</sup>, степень черноты поверхности кожуха  $\varepsilon = 0.92$ , температура окружающей среды  $t_c = 20$  градусов Цельсия. Рассчитайте среднеповерхностную температуру кожуха  $t_k$  при атмосферном давлении  $H = 80$  кПа.

Задача 7.10. Кристалл полупроводникового прибора диаметром 2 мм размещен на поликоровой подложке. Толщина подложки 2 мм, максимально допустимая температура кристалла 85 градусов Цельсия,

температура подложки не превышает 55 градусов Цельсия. Коэффициент теплопроводности поликора 25 Вт/(м·К). Найти допустимую мощность данного полупроводникового прибора.

Задача 7.11. Транзистор 2Т926А закреплен на радиаторе винтовым соединением. Толщина радиатора 3 мм. Коллектор изолирован от радиатора слюдяными шайбами толщиной 0.5 мм. Для механической защиты слюды от гайки использована стальная шайба толщиной 0.8 мм. Определить температуру транзистора, если радиатор нагревается до 55 градусов Цельсия при токе коллектора 4 А и напряжении коллектор-эмиттер 90 В. Коэффициент теплопроводности слюды 0.582 Вт/(м·К), стали 50 Вт/(м·К).

Задача 7.12. Светотехническое устройство заключено в шарообразную оболочку с внутренним диаметром 1.2 м, выполненную из теплоизоляционного материала с коэффициентом теплопроводности 0.12 Вт/(м·К). Определить необходимую толщину теплоизоляционной оболочки, если температура внутри оболочки должна быть не ниже 20 градусов Цельсия при охлаждении внешней поверхности до -150 градусов Цельсия. Мощность тепловыделения объекта 450 Вт.

Задача 7.13. Определить конвективно-кондуктивный коэффициент теплопередачи для вертикально ориентированной воздушной прослойки толщиной 40 мм, длиной 220 мм, шириной 210 мм. Температуры нагретых поверхностей 80 градусов Цельсия и 40 градусов Цельсия.

Задача 7.14. В прямоугольный стержень длиной 200 мм и размерами поперечного сечения 15·40 мм втекает тепловой поток 15 Вт. Коэффициент теплопроводности материала стержня 120 Вт/(м·К). Усреднённый коэффициент теплоотдачи поверхности 15 Вт/(м·К). Рассчитайте перегрев стержня относительно температуры окружающей среды в точках с координатами  $X = 0, 100, 200$  мм.

Задача 7.15. Какой максимальный ток выдержит одиночный провод диаметром 0.35 мм без разрушения изоляции при естественной конвекции, если сопротивление погонного метра 0.15 Ом, температура среды не выше 40 градусов Цельсия, давление  $H = 80$  кПа. Температура разрушения изоляции градусов Цельсия. Толщиной изоляции пренебречь.

Задача 7.16. Транзистор П601 установлен в центре металлического диска радиусом 60 мм и толщиной 3.2 мм. Степень черноты поверхности 0.9. Температура окружающей среды 20 градусов Цельсия при давлении  $H$

= 50 кПа. Среднеповерхностная температура диска 60 градусов Цельсия. Рассчитайте мощность транзистора.

Задача 7.17. Через резистор ПЗ-20 сопротивлением 420 Ом течет ток 0.12 А. Степень черноты поверхности резистора 0.9. Температура окружающей среды 20 градусов Цельсия. Размеры резистора 0.05x0.018 м. Рассчитать среднеповерхностную температуру при давлении  $H = 40$  кПа.

Задача 7.18. Транзистор ГТ804 установлен в центре прямоугольной металлической пластины  $0.14 \times 0.16 \text{ м}^2$ . Рассеиваемая им мощность 6 Вт. Пластина обдувается вдоль большей стороны воздухом со скоростью 5.5 м/с. Температура воздуха 20 градусов Цельсия. Тепловое сопротивление переход–корпус для ГТ804 2.5 К/Вт, а тепловое сопротивление транзистор–пластина 0.12 К/Вт. Рассчитать температуру  $p$ - $n$  перехода при давлении  $H = 50$  кПа.

Задача 7.19. Бескорпусной транзистор с размерами основания 1x1 приклеен к подложке из диэлектрика. Толщина подложки 0.4 мм, клеевого слоя 0.12 мм. Коэффициент теплопроводности подложки 1.8 Вт/(м·К), клея 0.12 Вт/(м·К). Подложка размещена на радиаторе. Определить максимальную величину теплового потока, протекающего за счет теплопроводности от транзистора к радиатору, если температура радиатора 50 градусов Цельсия, транзистора не более 85 градусов Цельсия.

Задача 7.20. Транзистор КТ 829В закреплен на радиаторе винтовым соединением. Толщина радиатора 3 мм. Коллектор изолирован от радиатора слюдяными шайбами толщиной 0.5 мм. Слюдяная шайба защищается от гайки стальной шайбой толщиной 0.2мм. Определить температуру кристалла, если радиатор нагревается до 60 градусов Цельсия при токе коллектора 2 А и напряжении коллектор–эмиттер 45 В.

Задача 7.21. Светотехническое устройство заключено в шарообразную оболочку с внутренним диаметром 0.9 м, выполненную из теплоизоляционного материала с коэффициентом теплопроводности 0.25 Вт/(м·К). Определить необходимую толщину теплоизоляционной оболочки, если температура внутри оболочки должна быть не ниже 30 градусов Цельсия при охлаждении внешней поверхности до –140 градусов Цельсия. Мощность тепловыделения объекта 450 Вт.

Задача 7.22. Определить тепловой поток, рассеиваемый вертикально ориентированной поверхностью размерами 0.5x0.5 м. Температура по-

верхности 40 градусов Цельсия. Степень черноты 0.9. Температура окружающей среды 20 градусов Цельсия.

Задача 7.23. Нагреватель с оболочкой, представляющий собой плоский диск диаметром 25 мм, расположен горизонтально. Предельная температура оболочки 320 градусов Цельсия. Степень черноты 0.92. Определить максимальную мощность, которую способен рассеять нагреватель при атмосферном давлении  $H = 50$  кПа и температуре воздуха 40 градусов Цельсия.

Задача 7.24. Рассчитать тепловой поток между горизонтально расположенными поверхностями (более нагретая поверхность снизу) при нормальном атмосферном давлении, температурах поверхностей 50 и 30 градусов Цельсия, степени черноты 0.5 и 0.9 соответственно.

Задача 7.25. Плоская поверхность  $0.6 \times 0.3$  м<sup>2</sup> с температурой 50 градусов Цельсия находится в продольном потоке воздуха со скоростью 2.5 м/с при температуре 20 градусов Цельсия, степень черноты поверхности 0.92. Рассчитать рассеиваемый тепловой поток.

Задача 7.26. Баллон электронной лампы рассеивает мощность 9.5 Вт и имеет размеры 65x20 мм. Степень черноты поверхности 0.8, температура окружающей среды 30 градусов Цельсия. Рассчитать среднеповерхностную температуру баллона при давлении  $H = 50$  кПа .

Задача 7.27. Через резистор ПЭ-20 сопротивлением 220 Ом течет 0.12 А. Степень черноты поверхности резистора 0.8, температура окружающей среды 20 градусов Цельсия. Размеры резистора 0.05x0.018 м. Рассчитать среднеповерхностную температуру при давлении  $H = 50$  кПа.

Задача 7.28. Рассчитать температуру корпуса  $t_K$  блока коэффициентным методом, считая корпус герметичным. Исходные данные: габариты блока: длина  $L1 = 0.25$  м, ширина  $L2 = 0.2$  м, высота,  $L3 = 0.1$  м. Рассеиваемая мощность 20 Вт. Температура окружающей среды 30 градусов Цельсия.

Задача 7.29. Рассчитать  $t_K$  герметичного блока методом последовательных приближений (сходимость  $\delta t_{доп} = |2$  градуса Цельсия|). Исходные данные взять из задачи 7.28. Сравнить численные результаты решения этих задач.

## 7.2 Вопросы для контроля остаточных знаний в результате самостоятельной работы студентов

1. Коррозия металлов и методы защиты от нее.
2. Влияние температуры, пыли и влажности на электророрадиоэлементы, на конструктивные электрические параметры, на надежность светотехнических устройств.
3. Понятие о теплопроводности.
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
5. Начальные и граничные условия. Общая постановка краевой задачи теплопроводности.
6. Электротепловая аналогия.
7. Распространение тепла при стационарном режиме в плоской, цилиндрической и шаровой стенках.
8. Естественная и вынужденная конвекция.
9. Критерии подобия.
10. Понятие о теплообмене излучением. Закон Стефана-Больцмана.
11. Излучение нечерных тел. Закон Кирхгофа.
12. Теплообмен излучением между плоскостями и между произвольно расположенными телами различной формы, разделенными прозрачной средой.
13. Влияние на теплообмен солнечного излучения.
14. Инженерные формулы для расчета совместного действия излучения и конвекции.
15. Механизмы поглощения влаги материалами конструкций светотехнических устройств.
16. Законы растворимости и диффузии.
17. Аналогия законов переноса электрических зарядов, теплообмена и массообмена.
18. Зависимость относительной влажности среды от температуры.
19. Принципы суперпозиции температурных и влажностных полей.
20. Использование метода последовательных приближений для увеличения точности расчета.
21. Переход от системы тел к квазиоднородному телу.
22. Коэффициентный метод расчета температуры и влажности. Примеры его использования для расчета тепловых режимов светотехнических устройств.
23. Конструкции термостатов и холодильников, использующих эффект Пельтье.
24. Принцип действия и конструкции турбохолодильника и вихревого холодильника.
25. Конструкция и принцип работы тепловых труб и систем охлаждения светотехнических устройств.

26. Обволакивание, опрессовка, пропитка и заливка.
27. Герметизация светотехнических устройств в вакуумплотных корпусах.
28. Осушение воздуха.
29. Расчет толщины влагозащитных покрытий.