

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

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ
ОБИТАНИЯ**

Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий для
студентов направления подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»

Разработали:
Заведующий каф. РЭТЭМ
_____ В.И. Туев

Доцент каф. РЭТЭМ
_____ В.С. Солдаткин

Томск 2018

Солдаткин В.С., Туев В.И. Инструментальный контроль параметров среды обитания: Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2018. – 13 с.

Настоящее учебно-методическое пособие для проведения практических занятий студентов составлено с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», по профилю «Управление техносферной безопасностью» и уровню подготовки «Бакалавриат». Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Инструментальный контроль параметров среды обитания» и содержат необходимую информацию, используемую для проведения практических занятий.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Практическое задание № 1. Определение погрешности измерений..... | 4 |
| Практическое задание № 2. Шкалы термодинамических приборов..... | 6 |
| Практическое задание № 3. Определение температуры электронного компонента..... | 7 |
| Практическое задание № 4. Определение критического угол и доли вышедшего излучения в воздух из светодиода..... | 9 |
| Практическое задание № 5. Определение силы света и освещённости..... | 11 |
| Список рекомендуемой литературы..... | 13 |

Практическое задание № 1. Определение погрешности измерений

В результате поверки амперметра в контролируемых точках шкалы:

1–2–3–4–5 А получены следующие показания:

– при увеличении силы тока 1,1–2,3–2,9–3,8–4,7 А;

– при уменьшении силы тока 4,7–3,9–2,8–2,1–1,2 А.

Необходимо определить абсолютную, относительную, приведённую погрешности, вариацию показаний и класс точности амперметра.

Решение

Абсолютная погрешность это разность между измеренным G_u и истинным G значениями величины, определяемая по формуле:

$$\Delta_{\text{и}} = \Delta G = G_u - G,$$

Определим абсолютные погрешности показаний в точках шкалы амперметра:

+0,1 А – +0,3 А – -0,1 А – -0,2 А – -0,3 А – -0,1 А – -0,2 А – +0,1 А – +0,2 А,

выберем наибольшее по модулю значение погрешности, абсолютная погрешность $\Delta_{\text{и}} = 0,3$ А.

Относительная погрешность по формуле:

$$\delta = \pm \Delta G / G_u \cdot 100\%,$$

10% – 15% – 3% – 5% – 6% – 2,5% – 6,7% – 5% – 20%,

наибольшее значение относительной погрешности показаний $\delta = 20\%$.

Приведённая погрешность определяется по формуле:

$$\gamma = \pm \Delta G / G_{\text{норм}} \cdot 100\%,$$

$$\gamma = (0,3/5) \cdot 100\% = 6\%.$$

По стандартному ряду значению приведённой погрешности соответствует 6–й класс точности.

Ответ

абсолютная погрешность амперметра $\Delta_{\text{и}} = 0,3$ А,

относительная погрешность показаний $\delta = 20\%$,

приведённая погрешность $\gamma = 6\%$.

Индивидуальное задание

| № | 1 А | 2 А | 3 А | 4 А | 5 А |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 0,9 | 2,2 | 2,8 | 3,7 | 4,6 |
| | 4,6 | 3,8 | 2,7 | 2,0 | 1,1 |
| 2 | 0,8 | 2,1 | 2,7 | 3,6 | 4,5 |
| | 4,5 | 3,7 | 2,6 | 1,9 | 1,0 |
| 3 | 1,2 | 2,4 | 3,0 | 3,9 | 4,8 |
| | 4,8 | 4,0 | 3,0 | 2,3 | 1,3 |

Определить:

абсолютную погрешность амперметра $\Delta_{и} = 0,3 \text{ А}$,

относительную погрешность показаний $\delta = 20\%$,

приведённую погрешность $\gamma = 6\%$.

Практическое задание №2. Шкалы термодинамических приборов

Перевести значение температуры 25 °С в Кельвины и Фаренгейта.

Дано:

Температура 25 °С.

Записать значение температуры в Кельвинах и Фаренгейтах.

Решение:

Шкала Цельсия получается из абсолютной шкалы Кельвина, если за нуль принять температуру замерзания воды и градус Цельсия (°С) равен одному Кельвина:

$$T(^{\circ}C) = T(K) - 273,16,$$

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,16,$$

$$T(K) = 25^{\circ}C + 273,16,$$

$$25^{\circ}C = 298,16 K.$$

Шкала Фаренгейта получается смещением нуля абсолютной шкалы Рэнкина. Единица измерения – градус Фаренгейта (°F)-равна одному градусу Рэнкина:

$$T(^{\circ}F) = T(R) - 459,67.$$

Формулы перехода из одной шкалы к другой имеют вид:

$$T(^{\circ}C) = [T(^{\circ}F) - 32] (5/9),$$

$$T(^{\circ}F) = T(^{\circ}C) \times (9/5) + 32,$$

$$T(^{\circ}F) = 25^{\circ}C \times (9/5) + 32,$$

$$25^{\circ}C = 77^{\circ}F.$$

Ответ

$$25^{\circ}C = 298,16 K = 77^{\circ}F.$$

Индивидуальное задание

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|----|----|----|
| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $T(^{\circ}C)$ | -60 | -45 | -25 | -10 | 0 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |

Записать значение температуры в Кельвинах и Фаренгейтах.

Практическое задание № 3. Определение температуры электронного компонента

Нагретый электронный элемент потребляет постоянное напряжение $U_{np} = 3,2$ В при прямом токе $I_{np} = 20$ мА, расположен на медной пластине размерами $1000 \times 1000 \times 100$ мкм³, всё тепло от нагретого элемента проходит через данную пластину. Необходимо определить температуру электронного элемента, если температура окружающей среды составляет $T_{окр} = 25$ °С.

Дано:

$$U_{np} = 3,2 \text{ В,}$$

$$I_{np} = 20 \text{ мА,}$$

медная пластина с размерами $1000 \times 1000 \times 100$ мкм³,

теплопроводность меди 400 Вт/м·К,

$$T_{окр} = 25 \text{ °С.}$$

Определить:

Температуру электронного элемента $T_э$.

Решение:

Определим тепловое сопротивление R_t , используя формулу:

$$R_t = \delta / (\lambda \cdot S)$$

где δ – толщина слоя (м);

S – площадь слоя (м²);

λ – теплопроводность меди (Вт/м·К).

$$R_t = 0,0001 / (0,001 \times 0,001 \times 400) = 0,25 \text{ К/Вт.}$$

Определим рассеиваемую мощность по формуле:

$$P = U_{np} \times I_{np},$$

$$P = 3,2 \text{ В} \times 0,02 \text{ А} = 0,064 \text{ Вт} = 64 \text{ мВт.}$$

Определим температуру электронного элемента $T_э$ по формуле:

$$T_э = T_{окр} + (R_t \times P),$$

$$T_э = 25 \text{ °С} + (0,25 \text{ К/Вт} \times 0,064 \text{ Вт}) = 25,016 \text{ °С.}$$

Ответ

Температура электронного элемента $T_э = 25,016$ °С.

Индивидуальное задание

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|---------|--------|----------|-------|-----------------|---------|---------|-------|----------------|
| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $T_{окр}$ (°C) | -60 | -45 | -25 | -10 | 0 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| U_{np} (В) | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 15 | 3,5 | 2,5 | 5,5 | 1,5 |
| I_{np} (А) | 15 | 5 | 2 | 3 | 4 | 1 | 7 | 6 | 8 | 9 |
| | Пластины с размерами $1000 \times 1000 \times 100 \text{ мкм}^3$ | | | | | | | | | |
| Материал пластины | медь | серебро | золото | алюминий | алмаз | нитрид алюминия | кремний | платина | олово | Карбид кремния |

Определить температуру электронного элемента.

Практическое задание № 4. Определение критического угла и доли вышедшего излучения в воздух из светодиода

В светодиодном кристалле генерируется свет, при выходе из кристалла свет, лишь часть его может выйти из кристалла, за счёт разности двух сред – воздуха и материала полупроводника. Так как из законов оптики часть светового потока отражается (коэффициент отражения ρ), часть рассеивается (коэффициент рассеивания σ), часть поглощается (коэффициент поглощения α) и лишь часть проходит насквозь (коэффициент пропускания τ). Необходимо определить критический угол и долю вышедшего излучения из светодиодного кристалла GaN в воздух.

Дано:

Показатель преломления воздуха,

показатель преломления кристалла GaN ,

$P_{внутр}$ мощность оптического излучения внутри кристалла

Определить

Критический угол $\varphi_{кр}$,

долю оптической мощности вышедшей из кристалла $P_{внеш}$.

Решение:

По формулам:

$$\varphi_{кр} = \arcsin(n_2/n_1),$$

$$P_{внеш}/P_{внутр} = (1/4) \times (n_2^2/n_1^2)$$

Рассчитаем значения $\varphi_{кр}$, и $P_{внеш}$.

Ответ

Критический угол для GaN составляет $\varphi_{кр} = 23,6$ град., а доля вышедшего излучения в воздух $P_{внеш} = 4,18\%$.

Индивидуальное задание

| № | n_1 | n_2 | $P_{внутр}$ |
|----|-------|-------|-------------|
| 1 | 1 | 1,1 | 2 |
| 2 | 2,1 | 1,1 | 1,5 |
| 3 | 1,5 | 1 | 3 |
| 4 | 1,7 | 1,5 | 1 |
| 5 | 1 | 2 | 2,5 |
| 6 | 1,3 | 1 | 2 |
| 7 | 1 | 1,3 | 3 |
| 8 | 1,1 | 1,7 | 2 |
| 9 | 2,2 | 1,5 | 1 |
| 10 | 3 | 2,5 | 1 |

Определить значение критического угол $\varphi_{кр}$ и доли вышедшего излучения в воздух $P_{внеш}$.

Практическое задание № 5. Определение силы света и освещённости

Рассчитать освещённость на круглом столе диаметром 1,5 м, если точечный источник света висит на высоте 1 м. и имеет световой поток 1200 лм.

Дано:

Световой поток $\Phi = 1200$ лм,

высота $h = 1$ м,

диаметр стола $D = 1,5$ м.

Определить

Силу света источника I_v - ?

Освещённость стола E_v - ?

Решение:

Сила света определяется по формуле

$$I_v = \Phi / \Omega,$$

Ω - телесный угол (ср).

Телесный угол расположен в конусе с вершиной в центре сферы (место расположения источника излучения) и равен отношению площади, вырезанной в сфере этим конусом к квадрату радиуса сферы, измеряется в стерadianах.

Для определения телесного угла соединим точку O , где находится точечный источник света, с точкой A края стола. Перемещая прямую линию OA вокруг неподвижной точки O , получим прямой конус. Основанием конуса является круг равный диаметру стола, высота проходит через центр основания равна расстоянию от источника света до центра стола. Поместим вершину O полученного конуса в центр сферы радиусом R . Пересекаясь со сферой, боковая поверхность конуса вырезает на ней сегментную поверхность ABD . Площадь сегментной поверхности равна произведению длины окружности большого круга на высоту сегмента, то есть $S = 2\pi Rh$ где h – высота сегмента, равная длине отрезка BC .

$$\Omega = S/R^2 = 2\pi h / R,$$

$$R = (H^2 + (D/2)^2)^{1/2} = (1 \text{ м}^2 + 0,75^2 \text{ м}^2) = 1,25 \text{ м}.$$

$$h = R - H = 0,25 \text{ м},$$

$$\Omega = 2\pi h / R = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \text{ м} / 1,25 \text{ м} = 1,256 \text{ ср.}$$

$$I_v = \Phi / \Omega = 1200 \text{ лм} / 1,256 \text{ ср.} = 955 \text{ кд.}$$

$$E_v = \Phi / S = 4\Phi/\pi D,$$

где S – площадь стола: $S = 2\pi D^2 / 4,$

$$E_v = 4 \cdot 1200 \text{ лм} / 3,14 \cdot 1,5^2 \text{ м}^2 = / 7,065 = 679,4 \text{ лк.}$$

Ответ

Сила света источника $I_v = 955 \text{ кд}$, освещённость стола $E_v = 679,4 \text{ лк}$.

Индивидуальное задание

| № | Световой поток Φ , лм | Высота h , м | Диаметр стола D , м |
|----|----------------------------|----------------|-----------------------|
| 1 | 1000 | 1 | 2 |
| 2 | 500 | 1 | 1,5 |
| 3 | 200 | 0,5 | 3 |
| 4 | 300 | 1,5 | 1 |
| 5 | 1500 | 2 | 2,5 |
| 6 | 2000 | 5 | 2 |
| 7 | 700 | 1,3 | 3 |
| 8 | 1300 | 3 | 2 |
| 9 | 400 | 1 | 1 |
| 10 | 1200 | 2,5 | 1 |

Определить:

Силу света источника I_v - ?

Освещённость стола E_v - ?

.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туев, В. И. Приборы и датчики экологического контроля: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Туев В. И., Солдаткин В. С., Смирнов Г. В. – Томск: ТУСУР, 2015. – 117 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5490>.
2. Ландсберг Г.С. Оптика. Учеб. Пособие: Для вузов. – 6-е изд., стереот. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.
3. Назаров В.Н., Карабегов М.А., Мамедов Р.К. Основы метрологии и технического регулирования. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 110 с.
4. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: учебное пособие: В 2 ч. / Ред. Ю. А. Афанасьев, Ред. С. А. Фомин. – М.: МНЭПУ. – 2001.
5. Иванова Г.М. и др. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов / Г.М.Иванов, И.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 232с.
6. Грибанов Ю.И. Измерения и приборы в радиолобительской практике, М., «Энергия», 1999. – 192с.
7. Датчики: Справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой, Г.Г. Ишанин, И.Г. Минаев, А.С. Совлуков. - Москва: Техносфера, 2012. – 624 с.
8. 13. Виглеб Г. Датчики. Устройство и применение: Пер. с нем. – М.: Мир, 1989. – 196с.
9. Виноградов Ю.А. Радиолобителю конструктору: Си Би связь, дозиметрия, ИК техника, электронные приборы, средства связи / М.:«ДМК». – 2006. – 240 с.