

**Галин Ринат Романович**

младший научный сотрудник

**Антонова Анастасия Юрьевна**

ассистент кафедры ТОР

**Щербаков Василий Николаевич**

магистрант кафедры АОИ

ИСИБ ТУСУР

г. Томск, Томская область

## **Методика измерения энергетических характеристик светодиодов и светодиодных светильников**

**Аннотация:** в данной статье рассмотрена методика измерения энергетических характеристик светодиодов и светодиодных светильников, а также принцип работы стенда для измерения этих характеристик. Исследования проводится на базе математической модели и созданного стенда.

На основе проведенного анализа существующих методов измерения характеристик светодиодов были сделаны следующие выводы [1, 2].

1. Все методы измерения энергетических характеристик светодиодов являются относительными [3, 4]. Нашей же задачей является создание экспериментальной установки для измерения абсолютных энергетических параметров светодиодов: измерение тепловой мощности, световой мощности, КПД, теплового сопротивления, температур образца.

2. Экспериментальный стенд должен быть специализированным и предназначенным для измерения энергетических характеристик конкретных изделий. Это позволит упростить конструкцию прибору, повысить его быстродействие и существенно сократить стоимость.

В основу математического моделирования положено применение системы дифференциальных балансных уравнений для энергии воздушной среды и энергии стенок камеры [9, 10]. Мощность источника и подлежит измерению. Измерение проводится в динамическом режиме. При этом световая энергия

нагревает сразу стенки камеры, в то время как тепловая вначале нагревает воздух. Поэтому переходные процессы для температур воздуха и стенок камеры будут различны. Обработка этих зависимостей с помощью соответствующих алгоритмов позволяет найти отдельно как световую, так и тепловую мощность. В этом и заключается уникальность установки.

На основе вышеизложенного и построена тепловая модель.

Запишем систему уравнений:

$$dQ_1 dt = r_{ucm} \cdot (T_{ucm} - T_1) + C_\kappa \cdot (T_2 - T_1), \quad (1)$$

$$dQ_2 dt = P_{cv} - C_\kappa \cdot (T_2 - T_1) + C_{\varepsilon H} \cdot (T_2 - T_{\varepsilon H}), \quad (2)$$

Распишем первую часть уравнений:

$$Q_1 = C_{\varepsilon o3d} \cdot V_1 \cdot t, Q_2 = C_\kappa \cdot V_2 \cdot t, \quad (3)$$

Подставляя эти обозначения в исходное уравнение, получим:

$$\frac{dT_1}{dt} = A_0 \cdot (T_{ucm} - T_1) + G_1 \cdot (T_2 - T_1), \quad (4)$$

$$\frac{dT_2}{dt} = P - G_2 \cdot (T_2 - T_1) + G_3 \cdot (T_2 - T_{\varepsilon H}), \quad (5)$$

$$A_0 = \frac{r_{ucm}}{C_{\varepsilon o3d} \cdot V}, \quad (6)$$

$$G_1 = \frac{C_\kappa}{C_{\varepsilon o3d} \cdot V}, \quad (7)$$

$$P = \frac{P_{cv}}{C_\kappa \cdot V}, \quad (8)$$

$$G_2 = \frac{C_\kappa}{C_\kappa \cdot V} = \frac{1}{V}, \quad (9)$$

$$G_3 = \frac{C_{\varepsilon H}}{C_\kappa \cdot V}, \quad (10)$$

Проведем проверку работы модели. Зададимся условными значениями коэффициентов. На рисунке 1 представлены графики поведения температур T1 и T2 для данных значений параметров. Верхний график отображает зависимость T1, нижний – T2.

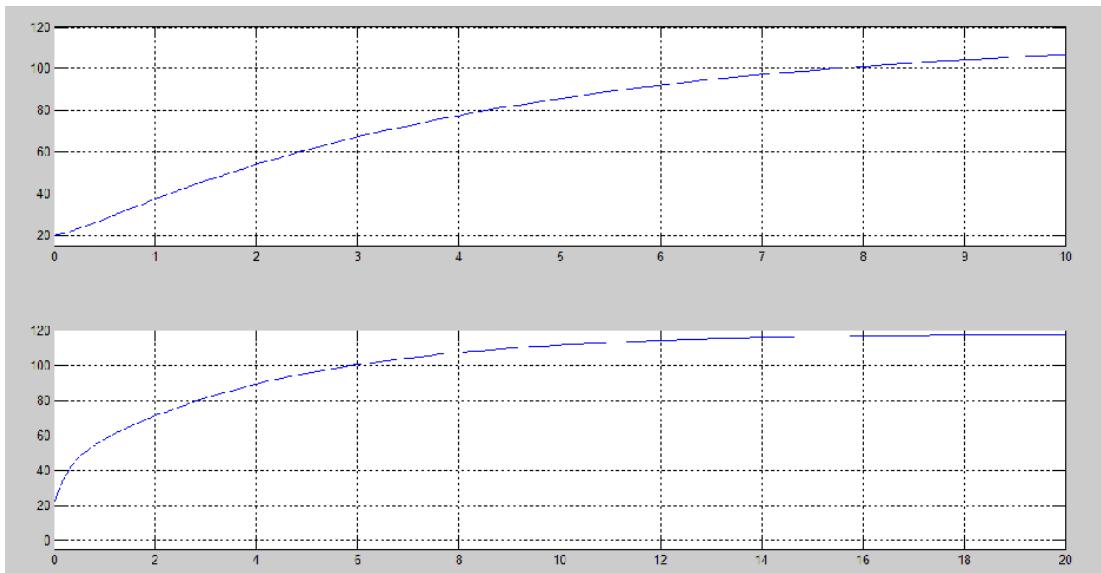


Рис. 1. Графики зависимости поведения температур  $T_1$  и  $T_2$  от времени

### *Заключение*

Анализ полученных графиков показывает следующие закономерности в поведении температур:

1. Обе кривые имеют одинаковый характер фазы нарастания и насыщения.
2. Степень нарастания температуры стенок больше чем для воздуха. Это объясняется тем, что оптическое излучение поглощается стенками практически без задержки, в то время как тепловая энергия в воздухе нарастает медленнее.
3. Графики температур пересекаются в некоторой точке. Положение этой точки зависит как от параметров светодиода, так и от параметров измерительной камеры.
4. Проведенное моделирование показывает, что возможно решение обратной задачи, а именно по полученным экспериментальным зависимостям температур возможно нахождение параметров светодиода  $R_{ист}$ ,  $P_{св}$ ,  $T_{ист}$ , КПД.

Принцип работы стенда основан на том же различии энергий. Кроме этого различаются и процессы нагревания вещества световым и тепловым излучением.

Стенд представляет собой полую измерительную камеру (куб, сфера и т.п.) выполненную из материала с известными теплоемкостью и теплопроводностью

(металл, теплоизоляционный материал и т.п.). Внутрь камеры помещается исследуемый светодиодный светильник и термодатчики, которые измеряют температуры светильника, воздуха и стенки камеры. Кроме этого измеряются температуры внешней стенки камеры и внешней среды.

На графиках представлены результаты эксперимента для светодиодной и люминесцентной ламп. В момент включения световая энергия начинает нагревать стенки измерительной камеры сразу. Температура стенки растёт сразу же в момент включения. Воздух же прогревается медленно, поэтому его температура растет с запаздыванием. Чем выше отношение световой энергии к тепловой, тем позже наступит момент пересечения кривых воздуха и стенки, что видно из эксперимента. По этим графикам можно визуально оценить, у какой лампы КПД выше.

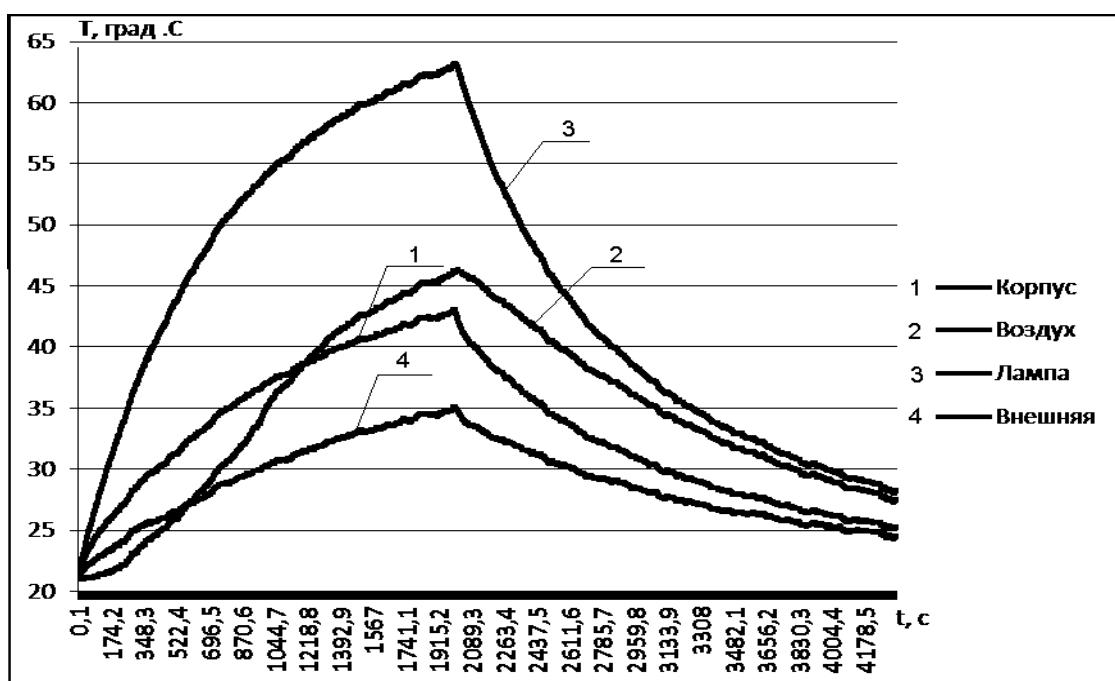


Рис. 2. График нагревания стенок и воздуха измерительной камеры для диода

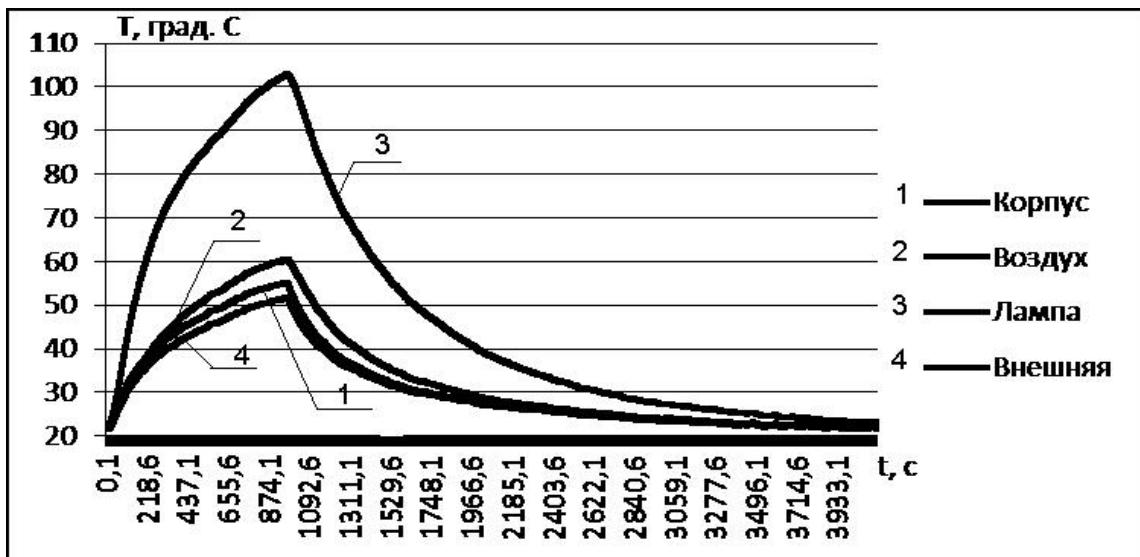


Рис. 3. График нагревания стенок и воздуха измерительной камеры для люминесцентной лампы

#### Список обозначений

$dQ_2/dt$  – изменение тепловой энергии внутри объема камеры;

$dQ_1/dt$  – изменение тепловой энергии внутри стенок камеры;

$C_k$  – коэффициент теплопередачи из объема камеры в стенку камеры;

$C_{vn}$  – коэффициент теплопередачи во внешнюю среду;

$R_{ist}$  – тепловое сопротивление источника излучения;

$P_{cv}$  – оптическая мощность источника излучения;

$T_{ist}$  – температура источника;

$T_1$  – температура воздуха внутри камеры;

$T_2$  – температура стенок камеры;

$T_{vn}$  – температура внешней среды;

$V_1$  – объем стенок камеры;

$V_2$  – объем камеры.

## ***Список литературы***

1. Гуревич М.М. – Фотометрия (теория, методы и приборы). – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.:Энергоатомиздат, 1983. – 272 с., ил.
2. Мешков В.В. – Основы светотехники: Учеб. пособие для вузов. Ч. 1. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1979. – 386 с., ил.
3. Абрамов В. С., Никифоров С. Г., Сушков В. П., Шишов А. В. Особенности конструирования мощных белых светодиодов // «Светодиоды и лазеры». 2003. № 1–2.
4. Никифоров С. Г. Почему светодиоды не всегда работают так, как хотят их производители? Журнал «Компоненты и технологии». № 7 – 2005
5. Заутер Г., Линдеманн М., Шперлинг А., Оно О. Фотометрия светодиодов // Светотехника. 2004. № 3.
6. Никифоров С. Измерительная лаборатория для комплексного исследования характеристик светодиодов, применяемых в системах отображения информации // Компоненты и технологии. 2007. № 7.
7. Круглов О. В., Кузьмин В. Н., Томский К. А. Измерение светового потока светодиодов // Светотехника. 2009. № 3.
8. Никифоров С. Г. Исследование параметров семейства светодиодов CREE XLamp // Компоненты и технологии. 2006. №11.
9. Никифоров С. Г. Особенности характеристик светодиодов Moonstone от AV( $\lambda$ )go Technologies // Полупроводниковая светотехника. 2009. №1.
10. Куликовский К.Л., Купер В.Я. Методы и средства измерений: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.: илл.
11. Бабиков М.А., Косинский А.В. Элементы и устройства автоматики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1975. – 464 с.: илл.