

УДК 628.98

К. И. Иоффе

ОАО «Тяжпромэлектропроект»  
г. Харьков

## **МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ И РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ЦИРКАДНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА РАЗНОГО ТИПА**

В общемировой тенденции энергосбережения одна из основных ролей отводится производству и широкому использованию энергосберегающих источников излучения, к которым относятся компактные люминесцентные лампы (КЛЛ), а также светодиодные источники света (СДИС) и системы освещения светодиодами. Световая отдача современных КЛЛ в 4-5 раз превышает этот параметр для ламп накаливания, а срок службы в 8-15 раз [1]. Основные преимущества СДИС хорошо известны – это малая потребляемая мощность, высокая световая отдача, длительный срок службы, отсутствие мерцания и т.д. По прогнозам экспертов, эта продукция в ближайшее время составит серьезную конкуренцию существующим источникам света и системам [2].

При проектировании системы освещения решение об использовании тех или иных ИС обычно основывается на визуально значимых параметрах, а именно, световом потоке, цветовой температуре и индексе цветопередачи. Однако, сегодня к качеству осветительных установок предъявляют несколько иные требования, поэтому, для того, чтобы спроектировать циркадно эффективную установку, необходимо оценить эффективность каждой потенциальной лампы. Из всего количества технических характеристик ИС необходимо выделить и рассмотреть соответствующие.

Недавние открытия в физиологии глаза человека потребовали разработки соответствующих измерительных приборов. Циркадные измерения возможны с помощью новых современных приборов, спектральная чувствительность измерительных головок которых скорректирована под относительную спектральную кривую циркадной эффективности.

Кафедрой светотехники ХНАГХ совместно с ННЦ Институт Метрологии г. Харькова был разработана конструкция цифрового фотометра ЦЭР-2 для контроля параметров световой среды и количественной оценки биологического воздействия видимого излучения на организм человека.

На рис.1 изображена структурная схема прибора. Основными частями данного устройства являются два измерительных канала, которые содержат входные оптические элементы и приемник излучения, а также электронный блок обработки информации. Оптическими элементами является диафрагма и светофильтры для коррекции чувствительности фотоприемника. Качество коррекции спектральной чувствительности приемника при этом удовлетворяет требованиям ОСТ 16 0.800.814-81 и составляет 8,5%. Разработанный прибор позволяет измерить уровень освещенности, созданный осветительными установками различного типа, с последующим расчетом коэффициента циркадной эффективности.

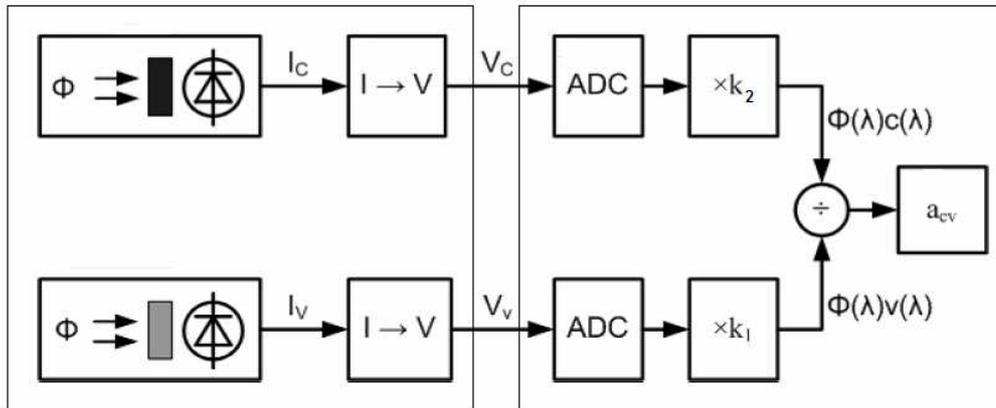


Рис. 1 - Структурная схема прибора для измерения циркадной эффективности

Калибровка прибора с помощью аттестованного люксметра по источнику А, позволяет математически описать процесс измерений. Освещенность, создаваемая на поверхности приемника приборно определится как

$$E = x_1 \cdot k_1,$$

где  $E$  – освещенность, создаваемая источником типа А, лк;  
 $x_1$  – показания прибора, считываемые с канала световых величин;  
 $k_1$  – калибровочный коэффициент канала световых величин.

Коэффициент циркадной эффективности источника типа А согласно [3] определяется по формуле:

$$a_{cv} = \frac{\int \varphi_A(\lambda)c(\lambda)d\lambda}{\int \varphi_A(\lambda)V(\lambda)d\lambda},$$

где  $\varphi_A(\lambda)$  – спектр излучения источника типа А, отн.ед;  
 $V(\lambda)$  – спектральная кривая световой эффективности;  
 $c(\lambda)$  – спектральная кривая циркадной эффективности.

Соответственно, приборно можно записать

$$a_{cv} = \frac{x_2 \cdot k_2}{x_1 \cdot k_1},$$

тогда

$$k_2 = \frac{a_{cv} \cdot x_1 \cdot k_1}{x_2}.$$

При этом

$$x_1 = \int \varphi(\lambda)S_{\text{пр}}(\lambda)\tau_{\lambda}d\lambda, \quad x_2 = \int \varphi(\lambda)V(\lambda)d\lambda$$

где  $S_{\text{пр}}(\lambda)$  – относительная спектральная чувствительность приемника излучения;

$\tau(\lambda)$  – коэффициент пропускания полного набора корректирующих фильтров.

$$\tau_{\lambda} = \prod_{i=0}^{N_F-1} \tau_i(\lambda).$$

Математическая модель измерения создана и реализована в среде MATHCAD. С помощью разработанной модели был выполнен расчет коэффициента циркадной эффективности источников света разного типа, результаты которого представлены в виде таблицы.

**Таблица 1.**

**Результаты расчета коэффициента циркадной эффективности**

| Тип источника света    | $a_{cv}$ | $a_{cv}$<br>по Gall | $a_{cv}$<br>по Rea |
|------------------------|----------|---------------------|--------------------|
| Лампа накаливания      | 0,4      | 0,4                 | 0,38               |
| ДНаТ                   | 0,28     | 0,2                 | 0,2                |
| Галогенная лампа       | 0,404    | -                   | -                  |
| МГЛ типа PAR           | 0,34     | 0,48                | 0,44               |
| Светодиод белый 2700К  | 0,51     | 0,6                 | 0,55               |
| Светодиод белый 4000К  | 0,541    | 0,56                | 0,59               |
| Светодиод синий 468 нм | 15,268   | 9,8                 | 10,5               |
| КЛЛ 2700К              | 0,33     | 0,4                 | 0,44               |
| КЛЛ 4000К              | 0,421    | 0,45                | -                  |
| КЛЛ 6500К              | 0,782    | 0,86                | -                  |
| КЛЛ 8000К SkyWhite     | 0,95     | 0,94                | 0,99               |
| КЛЛ 17000К ActiViva    | 0,984    | 1,6                 | 1,35               |

Результаты расчетов согласуются с ранее полученными значениями по существующим методикам Gall и Rea. Причиной отклонения в ту или иную сторону может являться сам спектр излучения источника, а именно его оцифровка. Также на результат безусловно оказывает влияние качество коррекции спектральной чувствительности приемника излучения.

Как показали результаты анализа, на коэффициент циркадной эффективности непосредственно влияет цветовая температура ( $T_{цв}$ ). Чем выше цветовая температура источника света, тем больший эффект он оказывает на циркадную систему человека. Спектр излучения КЛЛ с  $T_{цв}=8000К$  содержит повышенную долю излучения в голубой области, и такая лампа обладает биологическим действием приближенным к дневному свету  $a_{cv} \approx 1$ .

### Литература

1. Веккер А., Мюллер С. Источники света: ситуация 2000. // Светотехника. - 2001, - №2 – С.11-13.
2. Абрашкина М.Л., Рожкова Т.А., Терешкин А.И. Стандартизация светодиодных источников света. // Светотехника. - 2010, - №2 – С.40-42.
3. DIN V 5031-100. Optical radiation physics and illuminating engineering – Part 100: Non-visual effects of ocular light on human beings – Quantities, symbols and action spectra.2009.

---

---

#### МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА ЦИРКАДНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА РІЗНОГО ТИПУ

К.І. Іоффе

*Представлена конструкція цифрового фотометру для оцінки біологічної дії світла. Розроблена математична модель вимірювання та проведено розрахунок коефіцієнта циркадної ефективності джерел світла різного типу.*

#### THE CIRCADIAN EFFICIENCY COEFFICIENTS METHOD OF MEASUREMENT AND CALCULATION FOR THE DIFFERENT TYPES LIGHT SOURCES

K.I. Ioffe

*The digital photometers design for assessment of light biological effects is represented. The mathematical model of circadian efficiency coefficients measurement and calculation of the different types light sources have been developed.*