

## Разработка и применение критериальных значений параметров светодиодных осветительных приборов для контроля их качества

*Р.Х. Тукушаитов, И. Айхайти*

*ФГБОУ ВО Казанский государственный энергетический университет, г. Казань*

**Аннотация:** в статье впервые разработаны и предложены критериальные значения для 11 основных и 8 дополнительных параметров светодиодных осветительных приборов, предназначенных для комплексного анализа их качества. Из них 10 параметров по существу являются новыми.

**Ключевые слова:** параметр, критериальное значение, контроль качества, основной параметр, дополнительный параметр, ненормируемый параметр.

Методы контроля качества промышленных изделий находят широкое применение [1-5]. Вместе с тем, качество изделий комплексно оценивается лишь в очень немногих работах [3, 6].

Для проведения сравнительного анализа светодиодных осветительных приборов и оценки их качества необходимо иметь как методики измерения многих параметров [8-12], так и оптимальные их значения, прежде всего широко применяемые, которыми мог бы руководствоваться эксперт при проведении комплексного контроля качества изделий. Такие значения параметров применительно к светодиодным осветительным приборам (ОП) в дальнейшем именуем критериальными.

В статье рассмотрены и определены критериальные значения (КЗ) ранее применяемых и вновь разрабатываемых параметров, предназначенных для контроля качества светодиодных ОП.

### **Методика определения критериальных значений**

Первым этапом для большинства параметров ОП 30-40 известных фирм определялись их средние арифметические значения. Вторым этапом осуществлялся отбор изделий со значениями параметров больше средне-арифметического и заново определяли средние значения уже для этой подвыборки, которые легли в основу двух разрабатываемых критериальных

---

значений коэффициента энерго-экономической эффективности и светоотдачи. Для многих других параметров КЗ целесообразно было выбрать на основе определения их средних значений. Для одних оставшихся параметров КЗ целесообразно было выбрать по минимально допустимому порогу (коэффициент мощности, индекс цветопередачи, коэффициент нелинейных искажений), а для других - по максимальному допустимому порогу (максимальная температура корпуса, коэффициент пульсации светового потока).

КЗ ряда параметров определены экспериментально (коэффициент спада освещенности, коэффициент энерго-экономической эффективности, коэффициент нестабильности освещенности и др.).

К 2014 году были разработаны и систематизированы КЗ ряда параметров офисных и промышленных осветительных приборов, представленные в [9]. В последующем каждый год перечень КЗ параметров дополнялся и перерабатывался, поскольку базовые характеристики светодиодов и ОП постоянно улучшались и с достаточно большой скоростью.

### **Результаты разработки и их обсуждение**

#### *Основные и дополнительные критериальные значения*

. В табл. 1 и 2 представлены КЗ основных и дополнительных параметров светодиодных ОП разработанных на 1.06.2017 год. Значения параметров светодиодных ламп намного отличаются от параметров светодиодных светильников и поэтому возникла необходимость КЗ представлять дифференцированно с учетом типа оцениваемого ОП. Для характеристики ОП имеется необходимость введения в практику контроля дополнительно ряда новых параметров (табл. 2).

Таблица 1

## Перечень критериальных значений основных параметров ОП

№	Наименование параметра	Критериальное значение
1	Коэффициент энерго-экономической эффективности, лм <sup>2</sup> /руб. лм	130; 150; 250
2	Светоотдача, лм/Вт	90*; 100**; 80***
3	Коэффициент спада освещенности через 60 минут, %	3*; 6**; 15***
4	Нестабильность освещенности при отклонении напряжения на $\pm 10\%$ , %	$\pm 1,0$
5	Отклонение значения измеренного параметра, %	-
6	Коэффициент пульсации освещенности, %	< 5
7	Индекс цветопередачи	>80
8	Коэффициент нестабильности освещенности при отклонении напряжения на $\pm 15\%$ , %	$\pm 1$ ; $\pm 1$ **; $\pm 2$ ***
9	Коэффициент мощности	0,92*; 0,96**; 0,85***
10	Гарантийный срок, лет	3*; 3**; 1,0***
11	Ресур работы, тыс. ч	50*; 50**; 25***

\*- офисные светильники, \*\* - промышленные светильники, \*\*\*- светодиодные лампы

При выборе ОП следует прежде всего руководствоваться одним из базовых требований к ним, например ОП должны быть взрывозащищенными. Отбираются 20-30 таких ОП и начинается анализ их качества. Поскольку абсолютные значения параметров у одних ОП выше КЗ, а другие соответственно ниже, то поэтому оценку качества ОП, руководствуясь данными табл. 1 и 2, следует осуществлять по двухбалльной шкале (1 и 0). Подвергаются анализу несколько десятков ОП на основе параметров, представленных в паспортах фирм производителей.

Первые 50-60 % ОП, набравшие наибольшее количество баллов можно отнести к более качественным, которые имеет смысл подвергнуть дальнейшей теоретической и экспериментальной оценке.

Таблица 2

## Перечень критериальных значений дополнительных параметров ОП

№	Наименование параметра	Критериальное значение
1	Воспроизводимость параметров, %	< 2-3
2	Удельная значение цены, руб/Вт	50; 60
3	Максимальная температура корпуса, °С	40*; 50**; 55***
4	Удельное значение массы, г/лм	0,7*; 1,0**; 0,5***
5	Удельные значения массы, г/Вт	95*; 60**; 7,0***
6	Удельная площадь светодиода одного модуля, см <sup>2</sup> /Вт	-
7	Cos φ	0,99; 0,99; 0,97
8	TND, %	<50 <30 <100

\*- офисные светильники, \*\* - промышленные светильники, \*\*\*- светодиодные лампы

Глубина контроля ОП может быть разной. Предварительную их экспресс-оценку можно осуществить уже по КЗ коэффициента энергоэкономической эффективности или только на основе теоретического анализа их характеристик. Такой подход позволяет в определенной степени осуществить комплексную оценку уже на самом первом этапе.

Не нормируемые параметры

Имеется целый ряд параметров из существующих, КЗ которых пока являются не нормируемыми. К ним следует отнести потребляемую мощность, световой поток, угол излучения, кривую силы света, коррелированную цветовую температуру, кривую силы света, рабочий диапазон температуры, рабочий диапазон напряжения, температуру в контрольной точке светодиодов, осевую освещенность, осевой эквивалент мощности, коэффициент использования светового потока, удельную площадь, степень защиты от окружающей среды, класс защиты от поражения электрическим током, вид климатического исполнения, габариты и массу.

### Характеристика информативности предложенных параметров

Рассмотрим значения и предназначения наиболее информативных параметров, а также ряда параметров, в основном нами предложенных и в определенной степени апробированных.

**Коэффициент энерго-экономической эффективности ( $K_{ЭЭЭ}$ )** – параметр, позволяющий комплексно оценить светоотдачу и стоимость изделия [3]. Если светоотдача первого ОП выше, например в 1,5 раза, а его цена, наоборот, в 1,5 раза меньше, чем второго ОП, то  $K_{ЭЭЭ}$  первого ОП будет в 2,25 раза больше. По этой причине данный коэффициент обладает большей информативностью, чем значение светоотдачи и поэтому он в перечне критериальных значений параметров приводится первым. Высокая информативность данного параметра показана в ряде работ [2-5].

**Световая отдача ( $\eta$ )** – параметр, характеризующий энергоэффективность ОП. Он несет более определенную информацию, чем значения светового потока и потребляемая мощность. Поэтому он приводится в перечне параметров третьим.

**Коэффициент спада освещенности ( $\delta_{сп}$ )** – параметр, характеризующий уровень снижения освещенности через 60 минут после включения ОП [8, 9, 11]. Вычисляется он как отношение конечного значения освещенности к начальному в процентах с последующим вычитанием его значения из 100%. Этот параметр является достаточно информативным и поэтому он в перечне приводится третьим. Если начальное значение освещенности измерять через 5 с после включения ОП, а конечное через 60 минут, то погрешность определения  $\delta_{сп}$  составляет не более 0,2-0,5 % для всех типов ОП.

Величина  $\delta_{сп}$  зависит от двух факторов: от уровня токовой загрузки светодиодов в ОП и эффективностью теплоотвода радиатора. Высокая информативность параметра заключается в том, что по его величине можно

---

прогнозировать степень отклонения реального срока службы и срока гарантии ОП от заявленного.

**Коэффициент пульсации освещенности ( $K_{\Pi}$ )** – параметр, характеризующий уровень пульсации освещенности ОП, происходящие с частотой 100 Гц. Вопрос влияния пульсаций освещенности на зрительный аппарат продолжает оставаться предметом обсуждения в отечественной и зарубежной литературе [9-10]. Большинство современных светодиодных ОП в маркетинговых целях обеспечивают значение  $K_{\Pi}$  менее 1 %. Практическая необходимость в обеспечении такого уровня пульсаций освещенности отсутствует.

**Коэффициент нестабильности освещенности ( $K_{\text{НЕСТ}}$ )** – параметр, характеризующий величину изменения освещенности при отклонении напряжения сети от номинального значения. КЗ его на основе результатов исследования многих ОП приняты равным  $\pm 1\%$ .

**Удельное значение цены** - параметр, характеризующий цену одного люмена (руб/лм). Менее объективную информацию можно получить, определяя цену одного ватта (руб/Вт), поскольку световая эффективность ОП бывает разная при одной и той же потребляемой мощности.

**Удельное значение массы** – параметр, характеризующий сколько граммов массы приходится на одну единицу излучаемого светового потока (г/лм). Оно также может быть вычислено относительно потребляемой мощности (г/Вт), но с несколько меньшей достоверностью. Однако этот параметр более удобен для практического применения [10]. Это обусловлено тем, что значения потребляемой мощности ОП приводятся дискретными и не более трехзначными числами.

**Максимальная температура корпуса** – данный параметр дает приближенную и косвенную интегральную информацию о степени токовой перегрузки светодиодов и оптимальности конструкции радиатора.

---

**Коррелированная цветовая температура** – большинство разработчиков ее именуют сокращенно, что вполне допустимо. Производители по нашим данным ОП приводят с достаточно высокой точностью и поэтому этот параметр в большинстве случаев можно дополнительно не проверять.

**Коэффициент нестабильности освещенности при отклонении напряжения на 15%** - параметр, характеризующий изменение освещенности при отклонении напряжения электросети на 15%.

**Отклонение измеряемого параметра ( $\delta_{ПАР}$ )** – параметр, характеризующий уровень отклонения измеренного параметра от заявленного. Например, в среднем измеренное значение потребляемой мощности у светодиодных светильников на -5% меньше, а у светодиодных ламп – на -15%. Завышение заявленной мощности наиболее имеет место у наиболее мощных ламп.

**Осевая освещенность ( $E_{OC}$ )** – параметр, характеризующий освещенность, измеренную по оптической оси. Информативность данного параметра в том, что многих потребителей прежде всего интересует та освещенность рабочего места.

**Осовой эквивалент мощности** – это значение мощности лампы накаливания, которая обеспечивает ту же освещенность, что и исследуемая светодиодная лампа.

**Коэффициент использования светового потока ( $K_{исп}$ )** – представляет собою отношение **осевого эквивалента светового потока** к заявленному световому потоку лампы. Данный коэффициент показывает насколько эффективно используется световой поток ОП для обеспечения освещенности рабочей поверхности.

**Удельная площадь светодиодного кластера ( $\delta_s$ )** - параметр, определяющий сколько  $см^2$  поверхности кластера приходится на один ватт

---

потребляемой мощности ( $\text{см}^2/\text{Вт}$ ). На данном этапе его критериальное значение пока не разработано. Он несет приближенную информацию, так его значение зависит от обеспечения уровня эффективности теплоотвода.

**Воспроизводимость параметров** – критерий, характеризующий насколько воспроизводится каждый контролируемый параметр в выборке ОП. Он характеризует разброс значений параметров выборке и соответственно качество производства ОП. Данный параметр определяется по величине стандартного отклонения среднего значения каждого параметра.

### Литература

1. Кутин Н.А. Способ контроля качества блоков гранитных пород акустическими методами неразрушающего контроля // Инженерный вестник Дона. 2014. № 2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2424/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2424/).
  2. Никифоров С.Г. Система параметров светодиодов. Электрические, фотометрические, спектральные (колориметрические и энергетические характеристики) // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 5. С. 16-27.
  3. Айхайти Исыхакэфу, Тукшаитов Р.Х. Экспертиза качества светодиодных ламп разных производителей на основе оценки их технико-экономической эффективности // Изв. вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 7-8. С. 27-29.
  4. Тукшаитов Р.Х., Абдуллазянов Э.Ю., Айхайти Исыхакэфу. Метод оценки технико-экономической эффективности светодиодных промышленных светильников // Современная светотехника. 2014. № 1. С. 58-60.
  5. Jennings J., Rubinstein F., DiBartolomeo D/, Blanc S. Cjmparison of control options in private offices in an advanced lighting controls testbed // Journal of the illuminating Engineering Society. 2000. V. 29. № 2. pp. 39-60.
  6. Страданченко С.Г., Плешко М.С., Арменонов В.Н. О необходимости проведения комплексного мониторинга подземных объектоа на различных стадиях жизненного цикла // Инженерный вестник Дона 2013, № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1994/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1994/)
-



7. Sauter G. Goniphotometry: new calibration method and instrument design // Metrologia/ 1996. V. 32. pp. 685-689.
8. Тукшаитов Р.Х., Айхайти Исыхакэфу. Повышение энергоурсурсоэффективности светодиодных светильников путем разработки и контроля ряда их нормативных показателей // XIV международный симпозиум «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение», Казань, 2014. С. 303-307.
9. Айхайти Исыхакэфу, Тукшаитов Р.Х. Разработка новой методики определения спада светового потока светодиодных осветительных приборов // Успехи современной науки. 2017. Т. 4. № 4. С. 121-124.
10. Тукшаитов Р.Х., Айхайти Исыхакэфу, Иштырякова Ю.С., Хайруллина Д.Р. Применение новых информативных параметров при сравнительной оценке качества светодиодных ламп торговых марок «Camelion» и «ASD» // Успехи современной науки. 2016. Т.4. № 9. С. 129-132.
11. Айхайти Исыхакэфу, Шириев Р.Р. Дрейф температурных и световых характеристик светодиодных ламп после их включения // Материалы докладов VII международной молодежной научной конференция. Тинчуринские чтения 2012. Ч. 2. С. 14-17.
12. Айхайти Исыхакэфу, Тукшаитов Р.Х. Усовершенствование методики контроля времени температурной стабилизации осветительных приборов // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 4. № 4. С. 142-145.

#### References

1. Kutin N.A. Inzenernyi vestnik Dona. 2014. № 2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2424/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2424/).
2. Nikiforov S.G. Semiconductor lighting. 2011. № 5. pp. 16-27.
3. Ajhajtj Isyhakjefu, Tukshaitov R.H. Izv. universities. Probl. power. 2014. № 7-8. pp. 27-29.



4. Tukshaitov R.H., Abdullazjanov Je.Ju., Ajhajtı Isyhakjefu. Modern lighting. 2014. № 1. pp. 58-60.
5. Jennings J., Rubinstein F., Dibartolomeo D., Blanc S. Journal of the illuminating Engineering Society. 2000. V. 29. № 2. pp. 39-60.
6. Stradanchenko S.G., Pleshko M.S., Armenonov V.N. Inzenernyi vestnik Dona. 2013, № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1994/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1994/).
7. Sauter G. Metrologia 1996. V. 32. pp. 685-689.
8. Tukshaitov R.H, Ajhajtı Isyhakjefu. Povyshenie jenergorusursojefektivnosti svetodiodnyh svetil'nikov putem razrabotki i kontrolja rjada ih normativnyh pokazatelej [Increase energy and resource efficiency of LED lighting by developing and monitoring a number of their regulatory indicators]. XIV mezhdunarodnyj simpozium «Jenergoresursojefektivnost' i jenergosberezenie. Kazan, 2014. pp. 303-307.
9. Ajhajtı Isyhakjefu, Tukshaitov R.H. Uspekhi sovremennoi nauki. 2017. 4.Vol. 4. № 4. pp. 121-124.
10. Tukshaitov R.H., Ajhajtı Isyhakjefu, Nigmatullin R.M., Ishtyrjakova Ju.S., Hajrullina D.R. Progresses modern science. 2016. Vol.4. № 9. pp. 129-132.
11. Ajhajtı Isyhakjefu, Shiriev R.R. Drefj temperaturnyh i svetovyh harakteristik svetodiodnyh lamp posle ih vkljuchenija [Drift of temperature and light characteristics of LED lamps after their inclusion]. Materialy dokladov VII mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencija. Tinchurinskie chtenija. Kazan, 2012. Part 2. pp. 14-17.
12. Ajhajtı Isyhakjefu, Tukshaitov R.H. Uspekhi sovremennoi nauki i obrazovaniya. 2017. Vol. 4. № 4. pp. 142-145.