

УДК 621.37.032: 628.9

## ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЙТИНГА ЖКХ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ И ЛАМП РАЗНЫХ ФИРМ

<sup>1</sup>Тукшайтов Р.Х., <sup>2</sup>Нигматуллин Р.М., <sup>1</sup>Айхайти Исыхакэфу,  
<sup>1</sup>Вафина С.А., <sup>1</sup>Иштырякова Ю.С.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет»,  
Казань, e-mail: trh\_08@mail.ru;

<sup>2</sup>Казанский научный центр РАН, Казань, e-mail: nigmatrm@mail.ru

Работа направлена на установление уровня достоверности методики определения рейтинга промышленных светодиодных светильников и светодиодных ламп, широко представленной в течение ряда последних лет в публикациях журнала «Современная светотехника». Для ускорения проведения анализа данных, представленных в этих источниках, и повышения его точности осуществлено построение калибровочных кривых для балльной оценки до восьми основных параметров светодиодных осветительных приборов. Установлен ступенчатый и нелинейный характер их изменения, что зачастую ведет к завышению или занижению оценки значения каждого параметра на 5–8 баллов, а итогового балла соответственно на  $\pm 20$ –50%. Существенное отклонение калибровочных кривых от их линейной аппроксимации свидетельствует о неидентичной квалификации привлеченных экспертов. Одновременное применение 5-, 11- и 17-балльной шкалы делает невозможным проведение систематизации и обобщения представленных результатов. Ошибочное применение балльной оценки к таким параметрам, как световой поток и стоимость светильников, дополнительно вносит погрешность в итоговую оценку. В результате отдельные светильники, ранее имевшие «низкий рейтинг», переходят в разряд хороших, а «хорошие» в разряд плохих. Все это существенно сказывается на снижении достоверности рассмотренной методики определения рейтинга светодиодных светильников и светодиодных ламп. Отмечена необходимость разработки новой методики контроля качества светодиодных осветительных приборов, исключающая участие экспертов.

**Ключевые слова:** светодиодные светильники, погрешность, калибровочная кривая, рейтинг, световой поток, светоотдача, коррелированная цветовая температура

## ESTIMATION OF THE AUTHENTICITY OF THE PROCEDURE OF THE DETERMINATION OF THE RATING HOUSING AND COMMUNAL SERVICES OF LED-LAMPS AND LAMPS OF THE DIFFERENT FIRMS

<sup>1</sup>Tukshaitov R.K., <sup>2</sup>Nigmatullin R.M., <sup>1</sup>Aihaiti Yisihakefu,  
<sup>1</sup>Vafina S.A., <sup>1</sup>Ishtyryakova Y.S.

<sup>1</sup>State Educational Institution of Higher Professional Learning Training  
«Kazan State Power Engineering University», Kazan, e-mail: trh\_08@mail.ru;

<sup>2</sup>Kazan Scientific Center RAS, Kazan, e-mail: nigmatrm@mail.ru

The work is aimed at establishing methods for determining the level of confidence in the rating industry LED lamps and LED lamps which are widely used for a number of years in the publications of the magazine «Modern lighting fixtures». To speed up the analysis of the data presented in these sources, and improve the accuracy of its calibration curve performed for scoring 8 basic parameters of LED lighting products. Established step and nonlinear character of their changes, which often leads to an overestimation or underestimation of the value of each parameter on the 5–8 score and final score respectively  $\pm 10$ –30%. A significant deviation of the calibration curves on their linear approximation shows non-identical qualifications of experts involved. The simultaneous use of 5, 11 and 17 point scale makes it impossible to conduct systematize these results. Erroneous application of scoring parameters such as luminous flux and the cost of fixtures further introduces an error in the final assessment. The results indicate that individual luminaires previously «low-rated» pass in the category of good, and the good in the bad category. This greatly affects the reliability of the considered methods for determining the ranking of LED lamps and LED lamps. The necessity to develop a new method of quality control of LED lighting without the involvement of experts.

**Keywords:** LED lighting, error, calibration curve, rating, luminous flux, luminous efficacy, correlated color temperature

Для реализации постановления правительства РФ № 602 «Об утверждении требований к осветительным устройствам...» [4] необходимо осуществлять внедрение светильников с достаточно высоким энергопотреблением. В этом отношении наиболее перспективными из них являются светодиодные осветительные приборы – светодиодные светильники (СДС) и светодиодные лампы (СДЛ). Их световая эффективность

к настоящему времени не только достигла 120–140 лм/Вт, но и существенно уже превышает параметры люминесцентных и газоразрядных светильников.

С целью выявления наиболее эффективных СДС, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим требованиям [1], в литературе уже ряд лет проводится определение рейтинга бытовых, офисных, уличных и промышленных СДС и СДЛ разных фирм

с целью выявления наиболее качественных из них для использования в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) [5–10]. При этом применяется 5-, 11- и 17-балльная шкала и даже в пределах одной публикации [7], верхние значения которых привязаны к количеству испытываемых СДС.

Необходимость изучения степени достоверности применяемой методики определения рейтингов СДС вызвана, с одной стороны, несогласием ряда разработчиков с оценкой их продукции, а с другой стороны, применением разной балльной шкалы практически без учета информативной значимости оцениваемых параметров. Последнее не позволяет осуществлять обобщение и систематизацию результатов целого ряда источников [5–10]. Кроме того, в них отсутствуют сведения о количестве экспертов, принявших участие в определении рейтинга СДС, и уровне их подготовки.

В связи с изложенным имеется необходимость в определении уровня погрешности применяемой методики и, соответственно, уровня достоверности получаемых результатов.

#### Материалы и методы исследования

Обсуждение результатов проводится на основе анализа материалов только двух из семи публикаций. Как будет показано ниже, этого достаточно для демонстрации уровня достоверности методики определения рейтингов светодиодных осветительных приборов (СОП), приводимых в литературе. Для решения поставленной задачи построены 14 калибровочных кривых для балльной оценки 8 параметров СОП на основе данных [6 и 10], и далее проводился анализ характера их изменения. Для иллюстрации использованы лишь 10 калибровочных кривых для пяти параметров, которые обобщенно представлены на рис. 1–5. Результаты их анализа позволяют получить достаточное представление об уровне достоверности применяемой методики обработки данных. Обсуждение параметров СОП проводится в порядке снижения их информативной значимости.

#### Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены две калибровочные кривые для балльной оценки световой отдачи промышленных СДС [5] и СДЛ [6], являющиеся наиболее информативным параметром из всех приведенных. Из правого рисунка следует, что нижние значения световой отдачи в диапазоне 63–65 лм/Вт оцениваются тем же количеством баллов, что и верхние значения в диапазоне 87–98 лм/Вт, в то время как два соизмеримых значения световой отдачи СДС в 80,6 и 81,3 лм/Вт оцениваются с разностью в 8 баллов. Это ведет к тому, что итоговый балл при учете только одного параметра может отличаться от другого на целых 8 баллов.

Спад светового потока, как и световая отдача, несет важную информацию о температурном режиме кристалла светодиодов и позволяет прогнозировать степень достоверности заявленного значения срока службы СОП. На рис. 2 представлены две калибровочные кривые для балльной оценки спада светового потока, имеющие ступенчатый характер. Сравнительная оценка этих двух кривых свидетельствует о том, что коэффициент спада в 6,5–7,0%, как и в 14%, оцениваются одинаково – двумя баллами, а соизмеримые его значения в пределах каждого исследования оцениваются с ошибкой в один балл. Из сравнения характера оценки спада светового потока на графиках, построенных по данным публикаций [6 и 10], следует, что максимальная погрешность может достигать 6 баллов.

На рис. 3 представлены калибровочные кривые для балльной оценки коэффициента пульсации освещенности. У пяти СДЛ из 11 этот коэффициент имеет пренебрежимо мало (менее 1,6%), особенно в [10], что значительно меньше принятого нижнего санитарно-гигиенического порога. В то же время он оценивается в этом начальном диапазоне с разбросом в 6 баллов. В результате итоговый балл качественных СОП будет заметно занижен.

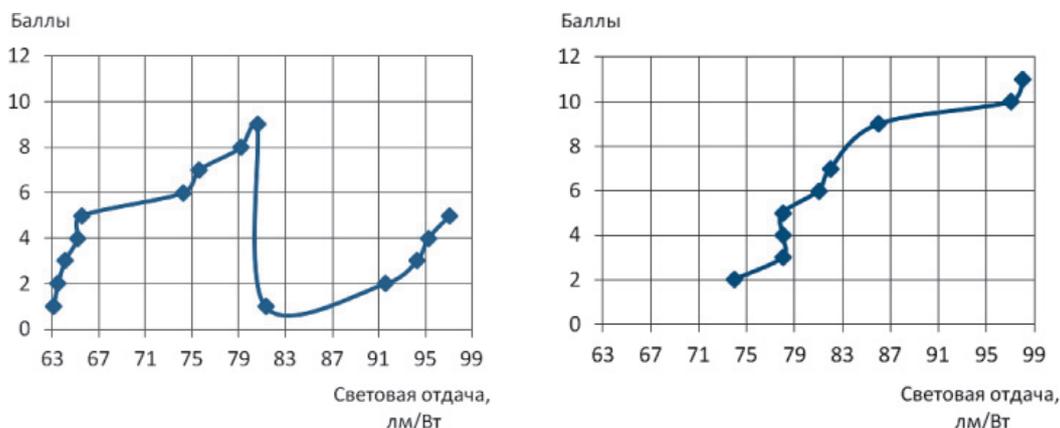


Рис. 1. Калибровочные кривые световой отдачи (слева – СС № 1, 2012, справа – СС № 5, 2013)

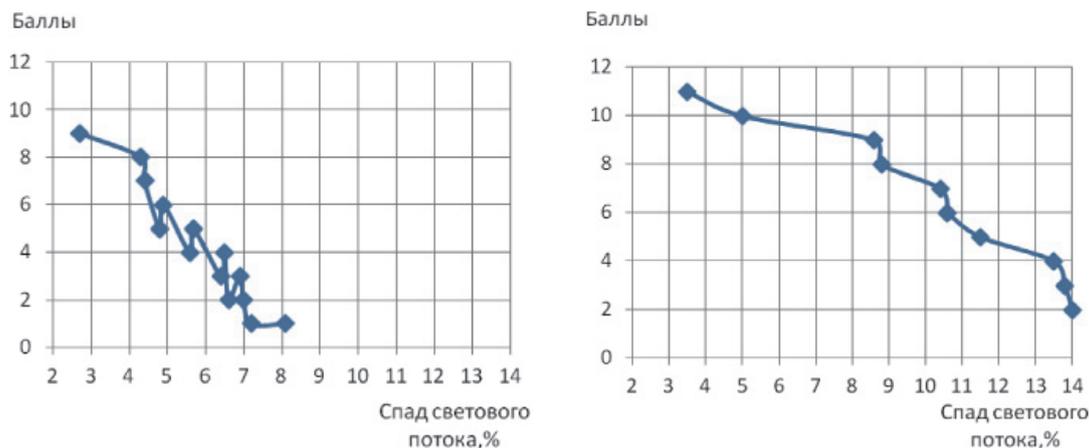


Рис. 2. Калибровочные кривые спада светового потока (слева – СС № 1, 2012, справа – СС № 5, 2013)

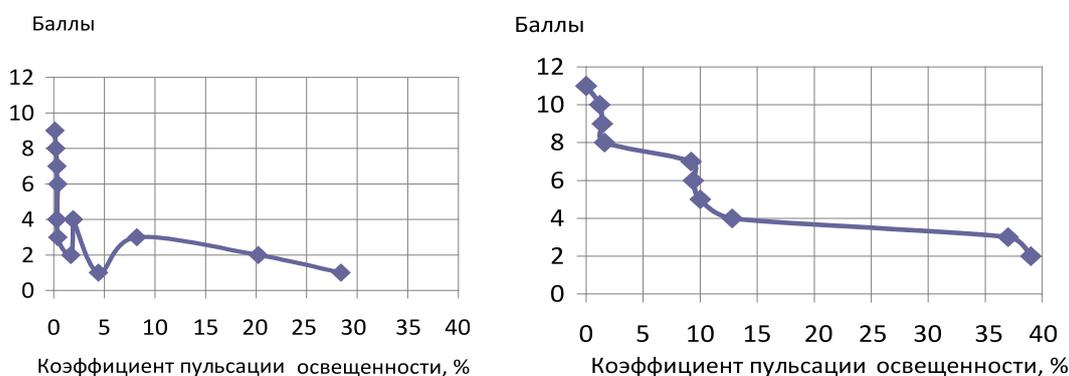


Рис. 3. Калибровочные кривые коэффициента пульсации освещенности (слева – СС № 1, 2012, справа – СС № 5, 2013)

Для избежания повышения погрешности при очень малых коэффициентах пульсации ею вообще следовало бы пренебречь, так как согласно санитарным требованиям нормируется ее значение, начиная лишь с 5% [1]. Аналогичная погрешность допускается при балльной оценке светодиодных ламп. Следует принять во внимание также то, что регистрируемые пульсации светового потока имеют частоту 100 Гц, в то время как зрительный аппарат человека воспринимает эти небольшие пульсации освещенности дополнительно ослабленными более чем на порядок. У офисных светильников итоговый балл будет иметь относительно большее значение, чем у промышленных светильников или светодиодных ламп.

При аппроксимации кривых линейной функцией, начиная с  $K_p$ , равной 5%, допускаемая погрешность достигает 5 баллов при значении  $K_p$ , равном 10–15%.

На рис. 4 представлены калибровочные кривые для балльной оценки коррелированной цветовой температуры. Следует отметить, что к настоящему времени согласно директивному письму Роспотребнадзора [3]

рекомендуется использовать СОП с цветовой температурой 2700–4000 К, а другие специалисты в качестве ее оптимального значения рекомендуют 4000–4500 К [9]. Мы также ряд лет придерживаемся того же мнения. Цветовая температура в этом диапазоне, очевидно, и должна оцениваться максимальным баллом. При таком подходе завышение низких цветковых температур имеет место на 5–7 баллов.

Калибровочную кривую этого параметра целесообразно в дальнейшем описывать функцией, близкой к параболе с вертикальной осью. В области температур 4600–4700 К соизмеримые ее значения отличаются существенно друг от друга (на 2–4 балла).

На рис. 5 представлены калибровочные кривые для балльной оценки коэффициента мощности. На первой кривой отмечаются 4 максимума. При отличии значений коэффициента мощности всего на 0,01 погрешность оценки достигает 4–5 баллов. Кроме того, предельные значения 1, равные 0,81 и 0,96, оцениваются одним значением, равным 1 баллу, в результате чего ошибка оценки верхнего значения составляет 8 баллов.

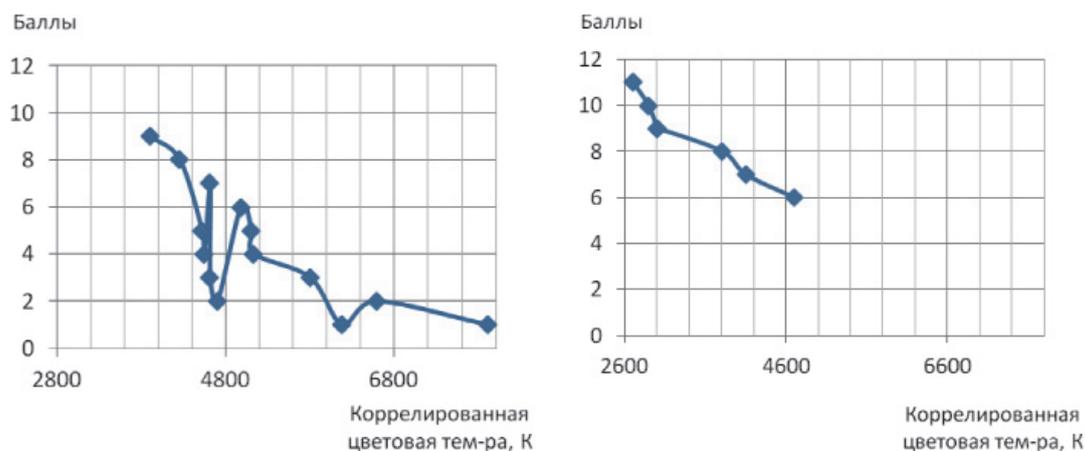


Рис. 4. Калибровочные кривые коррелированной цветовой температуры (слева – СС № 1, 2012, справа – СС № 5, 2013)

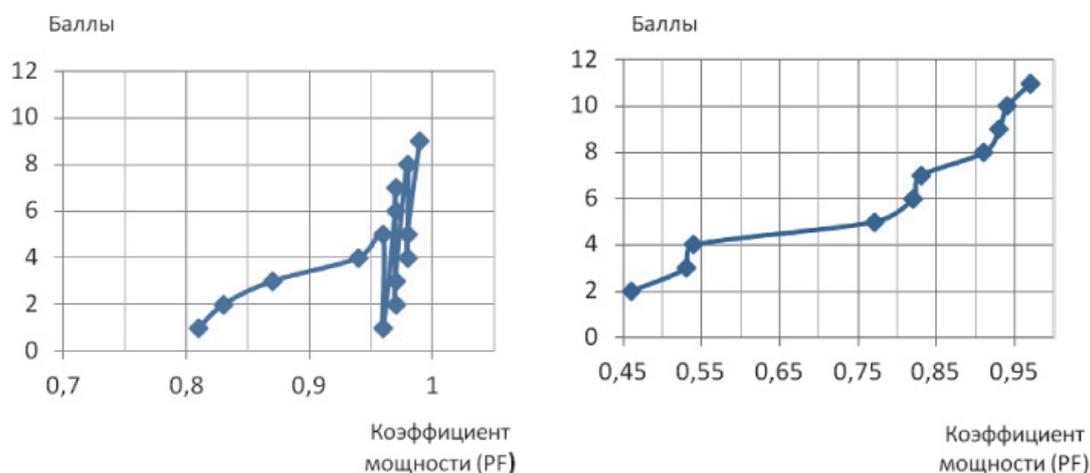


Рис. 5. Калибровочные кривые коэффициента мощности (слева – СС № 1, 2012, справа – СС № 5, 2013)

Калибровочная кривая балльной оценки значения светового потока в пределах от 4500 лк до 22900 лк [10] изменяется по достаточно сложному закону. В начале шкалы имеет место прямолинейная зависимость, далее имеет место резкое снижение спада на 8 баллов с последующим его ростом, но до 5 баллов. Следует отметить неправомерность применения балльной оценки для светового потока, так как его уровень определяется лишь требованием заказчика. Вместе с тем световой поток в 4500 и 16500 лк недопустимо оцениваются одинаково в 1 балл, а меньшее значение в 9100 лк оценивается на целых 9 баллов больше, чем 16800 лк.

На калибровочной кривой индекса цветопередачи в диапазоне значений 78–87 также имеется скачок показаний на 8 баллов, а значения 72 и 87 оцениваются одинаково – 4 баллами. В [6] оценивается в баллах гарантийный срок. Причем заявляемые сроки гарантии СОП, еще экспериментально далеко не под-

твержденные, оцениваются в 10 баллов, а ошибочно указанный фирмой гарантийный срок в 10 лет оценивается даже в 11 баллов.

Что касается цены изделий, то ее не следовало подвергать [10] балльной оценке, ибо чем меньше цена изделия, тем выше значения баллов. Такой подход к оценке СОП может быть применим только в случае, когда световые потоки или мощности СОП одинаковы или соизмеримы, то есть находятся в узком рассматриваемом диапазоне.

#### Заключение

Прежде всего следует сразу отметить, что по качеству самые хорошие светильники характеризуются в [6] 72 баллами, а малопригодные – 59, то есть с разницей лишь в 13 баллов. Для достоверного определения рейтинга светодиодных светильников и ламп погрешность оценки суммарного значения балла не должна превышать  $\pm 5\%$

или  $\pm 0,7$  балла. В силу этого при суммировании случайных отклонений баллов лишь 7 параметров из 12 допускается погрешность в 30–50%. В результате «малопригодные» светильники могут перейти в группу качественных, а ряд «качественных» светильников, наоборот, могут попасть в группу малопригодных. Все это ведет к принципиальному изменению последовательности светильников в представляемом ряду их рейтинга.

Занимаемое светильником место в рейтинге также, но в меньшей степени, определяется погрешностью представления исходных заявленных данных фирмами и погрешностью измерений, допускаемой испытательной лабораторией. Поэтому влиянием этих факторов в работе можно было пренебречь.

В случае заблаговременной разработки калибровочных кривых на основе большого экспериментального материала имеется возможность существенно снизить погрешность методики, что делает возможным в последующем отказаться от привлечения группы экспертов из разных организаций, с разной специализацией и неидентичным уровнем их подготовки.

### Выводы

1. Используемая в настоящее время в научной литературе методика определения рейтинга светодиодных светильников обладает значительной погрешностью, ведущей к существенному снижению достоверности результатов.

2. Для повышения достоверности методики балльной оценки рейтинга светодиодных светильников необходимо разработать унифицированные калибровочные кривые для основных параметров и с учетом их информативной значимости.

### Список литературы

1. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.12.1.1.1278-03. – 2003. – 22 с.

2. Горшкова Т.Б., Никифоров С.Г. Светодиодное освещение будет полезно, только если оно качественно просчитано // Полупроводниковая светотехника. – 2013. – № 3. – С. 26–28.

3. Письмо РОСПОТРЕБНАДЗОРА № 01/11157-10-32 от 01.10.2012.

4. Постановление Правительства РФ от 20 июля 2011 г. № 602 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения».

5. Прокофьев А. Рейтинг промышленных светодиодных светильников // Современная светотехника. – 2012. – № 1. – С. 3–13.

6. Рейтинг светодиодных ламп-ретрофитов // Современная светотехника. – 2013. – № 5. – С. 9–22.

7. Рейтинг промышленных светодиодных светильников // Современная светотехника. – 2013. – № 4. – С. 3–23.

8. Рейтинг светильников для подвесных потолков типа «Армстронг» и «Грильято» // Современная светотехника. – 2014. – № 1. – С. 2–17.

9. Рейтинг светодиодных офисных светильников // Современная светотехника. – 2011. – № 3. – С. 1–14.

10. Рейтинг светодиодных светильников ЖКХ // Современная светотехника. – 2011. – № 4. – С. 8–20.

### References

1. Gigenicheskie trebovanija k estestvennomu, iskusstvennomu i sovmeshhennomu osveshheniju zhilyh i obshhestvennyh zdaniy. SanPiN 2.2.12.1.1.1278-03. 2003. 22 p.

2. Gorshkova T.B., Nikiforov S.G. Svetodiodnoe osveshhenie budet polezno, tolko esli ono kachestvenno proschitano // Poluprovodnikovaja svetotehnika. 2013. no. 3. pp. 26–28.

3. Pismo ROSPOTREBNADZORA no. 01/11157-10-32 ot 01.10.2012.

4. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 20 ijulja 2011 g. no. 602 «Ob utverzhdenii trebovanij k osvetitelnyh ustrojstvam i jelektricheskim lampam, ispolzuemym v cepjah peremennogo toka v celjah osvshhenija».

5. Prokofev A. Rejting promyshlennyh svetodiodnyh svetilnikov // Sovremennaja svetotehnika. 2012. no. 1. pp. 3–13.

6. Rejting svetodiodnyh lamp-retrofitov // Sovremennaja svetotehnika. 2013. no. 5. pp. 9–22.

7. Rejting promyshlennyh svetodiodnyh svetilnikov // Sovremennaja svetotehnika. 2013. no. 4. pp. 3–23.

8. Rejting svetilnikov dlja podvesnyh potolkov tipa «Armstrong» i «Griljato» // Sovremennaja svetotehnika. 2014. no. 1. pp. 2–17.

9. Rejting svetodiodnyh ofisnyh svetilnikov // Sovremennaja svetotehnika. 2011. no. 3. pp. 1–14.

10. Rejting svetodiodnyh svetilnikov ZhKH // Sovremennaja svetotehnika. 2011. no. 4. pp. 8–20.