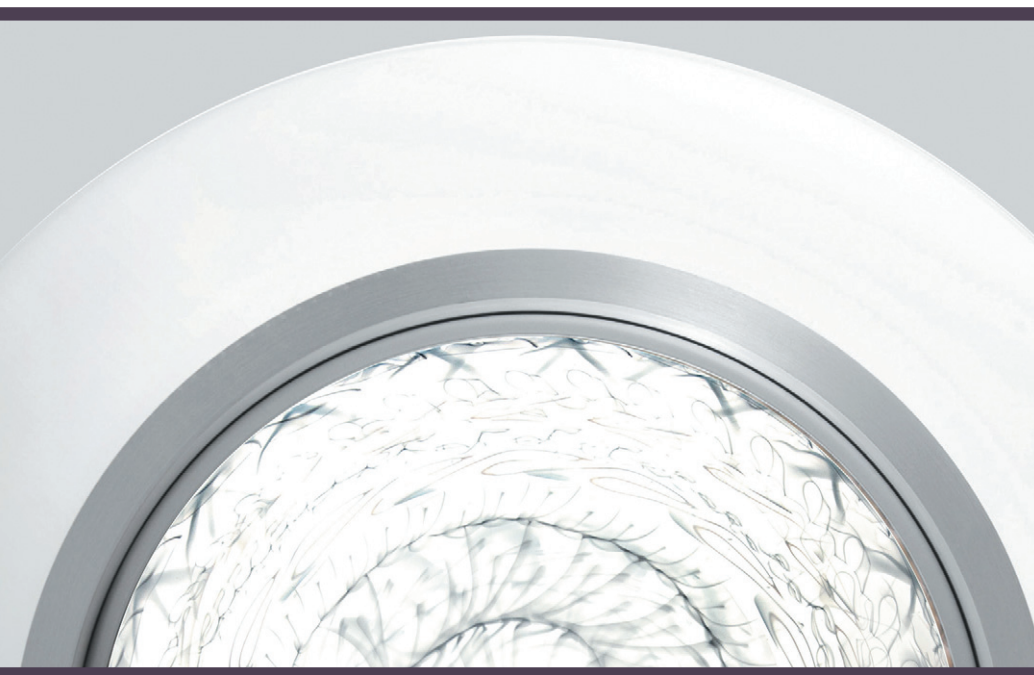


Рафаил Тукшаитов, профессор КГЭУ | trh_08@mail.ru
Ахайти Исыхакэфу, аспирант кафедры КГЭУ

К вопросу о классификации и некоторой систематизации параметров светодиодных осветительных приборов

➔ Методологические аспекты светотехники являются неотъемлемой частью основ проектирования светодиодных осветительных приборов. Между тем недостаточное количество публикаций по этой теме не может не сказываться как на качестве выпускаемой продукции, так и на ее сопроводительной документации. Данная работа построена на результатах многолетнего анализа литературы и собственных исследований в области, охватывающей задачи динамической светотехники [1].



Все известные параметры светодиодных осветительных приборов (ОП), используемые для их характеристики, и вновь предложенные следует подразделять на две группы — основные и дополнительные. Некоторые малоинформативные из них можно было бы отнести к третьей, вспомогательной группе, но поскольку такие случаи единичны, они были включены нами во вторую группу.

К основным параметрам на первом этапе анализа мы отнесли те, которые приводятся на упаковках светодиодных ламп (СДЛ) и в технических паспортах светодиодных светильников (СДС). В качестве дополнительных параметров мы положили считать те, которые пока мало используются разработчиками при характеристике реализуемых изделий.

Приведем подробный перечень параметров светодиодных ОП, составленный на основе обобщения и анализа данных, почерпнутых из специальной литературы, а также базирующийся на результатах собственных исследований [2–9].

Основная группа параметров:

- потребляемая мощность;
- световой поток;
- угол рассеивания;
- коррелированная цветовая температура;
- индекс цветопередачи;
- напряжение питания;
- диапазон рабочего напряжения;
- коэффициент пульсации освещенности;
- диапазон рабочих температур;
- срок службы;
- гарантийный срок;
- массо-габаритные характеристики и др.

Дополнительные параметры:

- спад освещенности;
- световая отдача;
- коэффициент мощности;
- нелинейные искажения;
- энерго-экономическая эффективность;
- нестабильность освещенности при отклонении напряжения питания от номинального;
- максимально допустимая температура корпуса;
- осевая освещенность и осевая эквивалентная мощность;
- тип кривой силы света;

- удельные масса, площадь светодиода одного модуля и цена;
- частота тока и сила входного тока;
- мощность применяемого светодиода;
- КПД светильника;
- температура в контрольной точке светодиодного модуля, время температурной стабилизации режима работы;
- тип цоколя;
- способ крепления ОП;
- защита от окружающей среды и защита по безопасности;
- цена одного люмена;
- количество светодиодов в модуле;
- скорость «разгорания».

Видно, что если к числу основных параметров ОП отнесено порядка десяти, то в число дополнительных входит вдвое больше. Это свидетельствует о том, что основные параметры не могут достоверно охарактеризовать свойства ОП и, соответственно, их качество.

Анализ параметров показывает, что некоторые из них, наиболее информативные, должны быть перенесены в основную группу, а другие, наоборот, из основной группы следует перенести в дополнительную. Например, сведения о световом потоке целесообразно перенести во вторую группу, ибо абсолютная его величина несет меньшую информацию, чем световая отдача, которая позволяет потребителю сразу получить важную информацию о качестве изделия по уровню его энергоэффективности. Выработав критериальные значения основных и дополнительных параметров, можно легко оценить качество приобретаемых ОП.

Складывается впечатление, что многие производители, поставщики и дилеры намеренно не приводят сведения о световой отдаче как СДЛ, так и СДС, поскольку она позволяет потребителю оперативно и с достаточным приближением самостоятельно оценить одну из важных характеристик ОП. Еще большую информацию несет коэффициент технико-экономической эффективности, интегрально учитывающий световую отдачу и удельную цену ОП, значения которого находятся в пределах 25–250 и подразделены на пять классов [8, 9].

При проведении светотехнических расчетов значение светового потока легко определяется вычислением на основе

приводимых в паспортах сведений о световой отдаче и мощности ОП. Повышенное значение светового потока может, без привязки к его мощности, привести к ошибочной оценке эффективности ОП. Следует отметить, что большинство потребителей, приобретая лампы накаливания, ориентируются лишь на их мощность и не имеют никакого представления о величине светового потока.

Параметр «эквивалент мощности лампы накаливания» нередко не соответствует часто приводимым на упаковках значениям. Он дает лишь приближенное представление о световом потоке и не может использоваться для количественной характеристики ОП. Его применение в последние годы надо рассматривать, в основном, как маркетинговый прием производителя, направленный на облегчение реализации продукции. Поэтому данный параметр следует приводить в конце основного перечня. Часть дополнительных параметров также может представлять интерес для потребителя. Вместе с тем существенная часть дополнительных параметров необходима все-таки преимущественно экспертам.

В прилагаемых к ОП инструкциях по их эксплуатации не всегда присутствуют значения параметров, приводимых на упаковке. Между тем в них целесообразно приводить не только основные, но и ряд дополнительных, наиболее информативных параметров, что позволит покупателю получать более полную информацию об ОП и его качестве.

Некоторые из предложенных параметров ОП, отнесенных к дополнительным, следует рассматривать как новые [2, 4, 5], поскольку они пока еще не нашли отражения в научных публикациях.

В таблице 1 для наглядности приведен перечень параметров СДЛ в той последовательности и в том количестве, который приводят разработчики и дилеры на упаковках товара. Некоторые параметры СДЛ представлены на разных плоскостях упаковки, в результате чего на практике приходится с трудом изыскивать сведения о том или ином параметре.

В рамках одной таблицы сложно представить все параметры, приводимые на упаковках. По этой причине некоторые малоинформативные и типовые характеристики, такие как напряжение питания, диапазон рабочего напряже-

Таблица 1. Основные параметры светодиодных ламп

Тип СДЛ	Параметры								
	P	Цок	T _{цв}	Φ	R _a	θ	t _{срок}	t _{гар}	
LED10	P	Цок	T _{цв}	Φ	R _a	θ	t _{срок}	t _{гар}	
ЭРА10	P	R _a	Φ	P _{экв}	T _{цв}	t _{срок}			
Geniled12	P	Цок	θ	Φ	t _{срок}	R _a	t _{гар}	P _{экв}	T _{цв}
Gertz11	P	Цок	Φ	θ	F	t _{срок}	T _{цв}	P _{экв}	t _{гар}
Wolta9	P	Φ	P _{экв}	T _{цв}	t _{срок}	R _a	Габ.		
Gauss10	P	Φ	t _{срок}	T _{цв}	R _a	θ	P _{экв}		
HNFE10	Цок	P	N _{цикл}	T _{цв}	t _{срок}	Габ	Φ	P _{экв}	
BELLIGHT10	P	Цок	Φ	T _{цв}	R _a	θ	P _{экв}		
ЭРА13	P	P _{экв}	Φ	θ	R _a	t _{срок}	P _{экв}		
Camelion10	P	Цок	Φ	R _a	θ	T _{цв}	t _{гар}	t _{срок}	P _{экв}
Komtex10	U	F	P	Φ	T _{цв}	R _a	θ	t _{срок}	P _{экв}
Включай7,5	P	Цок	T _{цв}	Φ	R _a	θ	t _{срок}	P _{экв}	t _{гар}
Estares10	P	Φ	θ	IP20	t _{срок}	K _n	P _{экв}	t _{гар}	
EKF9	P	U	F	Цок	T _{цв}	Φ	R _a	θ	t _{срок}

Примечание: P — потребляемая мощность, U — напряжение питания, F — частота тока, Φ — световой поток, T_{цв} — коррелированная цветовая температура, R_a — индекс цветопередачи, P_{экв} — эквивалентная мощность лампы накаливания, t_{срок} — срок службы, t_{гар} — гарантийный срок, θ — угол рассеивания, Цок — тип цоколя, N_{цикл} — число циклов включения.

ния, диапазон рабочей температуры и габаритные размеры, в ней не представлены. Большую информацию несет величина изменения освещенности при отклонении напряжения питания, например, на $\pm 10\text{--}20\%$, чем приводимый диапазон рабочих напряжений [5], по той причине, что отклонения промышленного напряжения питания допускаются в очень небольших пределах ($\pm 10\%$). Поэтому такой параметр, как диапазон рабочего напряжения, отнесен в дополнительную группу.

Из данных таблицы 1 следует, что пока отсутствует унифицированное представление перечня параметров ОП. По существу, каждый производитель приводит разное количество параметров и, как правило, в разной последовательности. Это затрудняет осмысление и сравнительную оценку их качества. Для получения более полной информации об ОП следовало бы сопроводжать их не только «Инструкцией по эксплуатации», но и «Техническим паспортом», в котором были бы указаны как основные, так и дополнительные параметры.

Кроме того, целесообразно для более полного информирования покупателя некоторые дополнительные параметры ОП отнести к основным и приводить их на упаковках. Это, прежде всего, касается световой отдачи, спада световой освещенности и осевой освещенности, измеренной на фиксированном расстоянии, например на удалении 2 м.

В то же время отдельные, редко приводимые на упаковках основные параметры вполне могут быть отнесены к дополнительным. Так, данные о значении коэффициента пульсации, освещенности и количестве допустимых циклов включения приводят на упаковках ОП лишь единичные поставщики. Отсутствие систематизированного представления параметров вызвано тем, что поставщики, по-видимому, сами заказывают заводам вид упаковки на свое усмотрение, при этом нередко ошибочно выражая разность, например светового потока, в виде Лм или ЛМ [7].

Пользователя должно больше интересовать, насколько ОП обеспечивает стабильную освещенность при отклонении температуры окружающей среды на некоторую величину, чем работоспособность ОП в достаточно большом ее интервале, а также не столько величина светового потока, сколько величина освещенности рабочего места, обеспечиваемая ОП. То же следует отнести к оценке степени стабильности освещенности при отклонении напряжения электросети от номинального значения на определенную величину.

Ранее предложенный и достаточно апробированный параметр [8, 9], такой как коэффициент технико-экономической эффективности, по простоте вычисления и информативности вполне может быть отнесен к основным.

Срок службы несет недостаточно достоверную информацию [10]. Так, для типовых СДЛ одни фирмы приводят срок службы всего 15000 ч (Philips 9 Вт, HNFЕ 10 Вт), а другие — 40 000–50 000 ч (ЕКF 9 Вт, Gauss 5 Вт). Здесь уже следует говорить о намеренном завышении срока службы. Так, выступая в 2013 г. на Международном симпозиуме «Энергоресурсосбережение и энергосбережение», в присутствии представителя фирмы Philips по России мы отметили, что в эти годы даже данная фирма вынуждена в паспорте изделий осознанно приводить для светильников завышенный срок службы, равный 100 000 ч, поскольку в ином случае ее изделия по этому параметру существенно уступали бы продукции даже малоизвестных фирм.

В последние годы для характеристики СДЛ все чаще применяется такой параметр, как эквивалент мощности лампы накаливания ($P_{\text{ЭКВ}}$). Между тем, выбирая СДЛ по потребляемой мощности, покупатель прежде всего руководствуется не ее световым потоком и эквивалентной мощностью, а той освещенностью, которую она обеспечивает. Следует отметить, что при равных световых потоках СДЛ и лампы накаливания (ЛН) осевая освещенность, обеспечиваемая

СДЛ, в несколько раз выше в силу меньшего угла ее излучения. Поэтому $P_{\text{ЭКВ}}$, по существу, не раскрывая важного свойства СДЛ, в определенной степени дезинформирует потребителя.

Более объективную информацию можно получить при сопоставлении освещенностей обоих типов отмеченных ламп. Исходя из этого, при сопоставлении СДЛ с ЛН целесообразно в паспорте СДЛ приводить так называемую осевую эквивалентную мощность (Вт). Ее определение можно осуществить по номограмме ЛН «осевая освещенность–потребляемая мощность» путем сравнения с осевой освещенностью СДЛ. Так, по нашим данным, у 7-Вт филаментной лампы осевая эквивалентная мощность не более 5 Вт, в то время как $P_{\text{ЭКВ}}$, приводимая на упаковке, равна 75 Вт.

На основе изложенного выше обоснования приведем рекомендуемую унифицированную примерную последовательность представления параметров ОП на их упаковках:

1. Потребляемая мощность, [Вт].
2. Тип цоколя.
3. Светоотдача, [лм/Вт].
4. Осевая освещенность, [лк].
5. Угол излучения, [град.].
6. Коррелированная цветовая температура, [К].
7. Индекс цветопередачи.
8. Коэффициент нестабильности светового потока.
9. Энерго-экономическая эффективность.
10. Осевая эквивалентная мощность.
11. Срок службы, [ч].
12. Гарантийный срок, [мес., год].

Данный перечень может быть предложен разработчикам СДЛ и СДС для практического его применения. Осевую освещенность имеет смысл приводить на типовом удалении от ОП, равном 2 м, так как в этом случае ее значение может быть легко пересчитано к требуемому расстоянию.

Наблюдение показывает, что осуществлять сравнительную оценку СДЛ по ряду характеристик без привязки к их мощности представляется некорректным [5, 6]. Это относится, прежде всего, к таким параметрам, как спад освещенности, удельная масса, коэффициент технико-экономической эффективности и максимальная температура корпуса. Такой же подход предъясняется

Таблица 2. Классификация светодиодных СДЛ и СДС по уровню мощности

Тип ОП	Маломощные, Вт	Средней мощности, Вт	Мощные, Вт	Сверхмощные, Вт
СДЛ	5-8	9-14	15-20	-
СДС	15-25	26-100	101-300	>300

к коэффициенту мощности в ГОСТ Р 55705-2013. Поэтому имеется определенная необходимость в установлении соответствующих пределов мощности ОП и их классификации. Предлагается СДЛ и СДС подразделять на четыре класса: маломощные, средней мощности, мощные и сверхмощные (табл. 2).

Приведенные значения мощностей для каждого класса являются приближенными и могут дорабатываться в процессе их применения. Следует отметить, что пока на рынке очень мало мощных СДЛ. Измерения ламп Geniled16, ASD20, Gertz17 показали, что практически у всех ламп заявленная мощность оказалась существенно выше измеренной — на 23, 38 и 47% соответственно. Значения мощности СДЛ, относящихся к 3 классу, следует отнести лишь к заявляемым, поскольку они заметно уступают измеренным.

Следует исключить из оборота термин «коэффициент полезного действия светильника», применяемый в литературе и в ГОСТ Р 54814-2011. Под ним понимается отношение светового потока источника света, применяемого в светильнике, к световому потоку светильника. Данный параметр характеризует лишь эффективность оптической системы, и для устранения разночтения в публикациях его следует именовать «КПД оптической системы». Его скорее следует отнести к технологическим параметрам, поскольку он необходим только разработчикам ОП и лишь на этапе их проектирования. При определении КПД светильника необходимо учитывать и потери, имеющие место в драйвере. В [11, 12] показано, что этот параметр, по существу, сводится в итоге к светоотдаче.

Отсутствие унификации применяемых терминов нередко затрудняет анализ литературы, поскольку является источником разночтения даже для специалиста с достаточной подготовкой [13]. Так, даже в пределах одной публикации известного специалиста фирмы Sree применены три разных наименования для обозначения «угла излучения», что при первом прочтении вызвало вопросы. Связавшись с автором этой публикации, удалось выяснить, что он некорректно применил три наименования для одного и того же параметра. Определенным источником разночтения данного термина являются ГОСТ Р 54814-2011 и ГОСТ Р

55392-12. В первом нормативном документе обсуждаемый параметр именуется «углом излучения», а во втором — «углом рассеивания». Нам представляется, что первый термин более адекватно отражает физическое свойство ОП. От применения в ряде ОП рассеивателя зачастую угол излучения не изменяется.

Отметим, что в литературе для десятка наиболее типовых параметров, в том числе и для угла излучения, используется до 10 разных наименований для каждого из них [13]. Это свидетельствует о достаточно малом внимании, уделяемом в научной литературе разработке методологических вопросов светотехники.

В заключение можно надеяться, что результаты проведенной классификации и систематизации параметров светодиодных осветительных приборов не останутся вне внимания разработчиков и после широкой их апробации найдут свое применение. ●

Литература

1. Тукшаитов Р. Х. Динамическая светодиодная техника и ее назревшие задачи. В сб. Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики. Мат. XI всерос. Научно-техн. конф. с междунар. участием. Саранск, 2013.
2. Алхамсс Я., Константинов А. Н., Иванова В. Р., Тукшаитов Р. Х. Определение удельной площади светодиодного светильника для характеристики его качества и надежности // Мат. докл. XVII Междунар. научно-технич. конф. студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». 2011. Т. 1.
3. Трофимов Ю. Постулаты развития светодиодной техники // Современная светотехника, 2010. № 1.
4. Бурганетдинова Д. Д., Айхайти Исыхакаэфу, Тукшаитов Р. Х. К определению значения удельной массы офисных и промышленных светодиодных светильников // Тезисы IV Междунар. студ. электронной науч. конф. «Студенческий форум». www.scienceforum.ru/2014/719/5022.
5. Тукшаитов Р. Х., Айхайти Исыхакаэфу, Нигматуллин Р. М., Иштырякова Ю. С. Применение ряда информативных параметров при сравнительной оценке качества светодиодных ламп

- торговых марок Camelion и ASD // Успехи современной науки. 2016. Т. 4. № 9.
6. Айхайти Исыхакаэфу, Тукшаитов Р. Х. Разработка новой методики определения спада светового потока осветительного прибора // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 4. № 4.
7. Петрущенко Ю. Я., Тукшаитов Р. Х. Типовые ошибки представления технических характеристик светодиодных светильников в каталогах // Современная светотехника. 2011. № 3.
8. Тукшаитов Р., Абдуллазянов Э., Айхайти Исыхакаэфу. Метод оценки технико-экономической эффективности промышленных светодиодных светильников // Современная светотехника. 2014. № 1.
9. Айхайти Исыхакаэфу, Тукшаитов Р. Х. Экспертиза качества светодиодных ламп разных производителей на основе оценки их технико-экономической эффективности // Изв. вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 7–8.
10. Тукшаитов Р. Х., Айхайти Исыхакаэфу. О заявляемых и реальных значениях срока службы светодиодных светильников и ламп // Энергетика Татарстана. 2013. № 4.
11. Тукшаитов Р. Х., Сайфутдинова В. Р., Шириев Р. Р., Писклова Н. В. Разработка новой методики определения КПД осветительных приборов // Изв. вузов. Проблемы энергетики. 2009. № 5.
12. Тукшаитов Р. Х., Шириев Р. Р. О методике определения КПД световых приборов и ее существенном несовершенстве / В сб. Электромеханические и внутрикамерные процессы в энергетических установках, струйная акустика и диагностика, приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий // Мат. XXI Всерос. межвуз. научно-техн. конф. Казань, 2009.
13. Тукшаитов Р. Х., Нигматуллин Р. М., Недзвецкий Я. Я., Ульянова А. В. К оценке разнообразия наименований параметров светодиодных светильников и необходимости их систематизации. В кн. Проблемы и перспективы развития наукоемкого машиностроения. Казань: КНИТУ-КАИ, 2013.