

Электрические источники света и светильники. Опыт критического анализа

В.М. Осипов

советник генерального директора¹
sht.vo@rambler.ru

¹ЗАО «ПО «Электроточприбор», Омск, Россия

На основе справочных данных проведено сравнение параметров электрических источников света с учетом влияющих факторов, типичных для российских условий эксплуатации. Показано влияние СД на развитие светотехники. Приведены материалы исследований по совершенствованию нормирования параметров источников света и светильников.

Материалы и методы

Сравнительный анализ справочных материалов. Обобщение материалов по научным исследованиям, направленным на совершенствование нормирования параметров источников света.

Ключевые слова

источник света, энергоэффективность, светильник, влияющие факторы

Десятки тысяч лет человечество видело и использовало только естественный свет Солнца да искусственный свет от горящей органики. Прорыв наступил менее 200 лет назад, когда впервые был получен свет, созданный электричеством. С тех пор и началась борьба за совершенствование электрических источников света, повышение эффективности световых приборов и повышения качества света. Оставив в стороне все прочие способы получения света как малоприменимые для широкой практики, попробуем провести сравнение весьма многочисленных электрических источников света и светильников на их основе.

Вначале о некоторых свойствах исторических источников света. Солнечный свет имеет практически равномерную интенсивность во всем диапазоне длин волн от инфракрасных до ультрафиолетовых. Его видимая цветовая температура зависит, в основном, от положения Солнца на небосводе и облачности и изменяется приблизительно от 6500 К в безоблачный полдень до 4000 К на закате. Цветовая температура при использовании для освещения горячей органики близка к 2500 К, а ее спектр примыкает к красной границе видимого диапазона световых волн. За миллионы лет эволюции зрение будущего homo sapiens формировалось — как и большинства дневных животных — под действием солнечного света, поэтому человеческий глаз, охватывая весь диапазон видимого света, имеет максимальную чувствительность к желто-зеленому свету (555 нм) и распределение чувствительности близкое к нормальному.

Электрические источники света проходят свой эволюционный путь. От первоначального дугового разряда (цветовая температура которого была близка к солнечной при безоблачном полуденном небе) в силу технологических и экономических причин перешли к излучению света нагретым телом, помещенным в вакуум или инертную среду, нагреваемым электрическим током. Для увеличения срока службы такой лампы нагрев излучающего тела ограничивают температурой до 2800 К.

Лампа получилась удачной: высокая технологичность, возможность автоматизации процесса изготовления, непрерывный спектр излучения, низкая цена, прямое включение в электрическую сеть. Одно плохо — коэффициент преобразования электрической энергии в свет не превышает 5%.

И все хорошо, пока в городе одна «лампочка Ильича». А когда сотни тысяч?

Начались поиски путей повышения светового выхода ламп.

Прорывным на пути повышения световой отдачи оказалось использование электрического разряда в газовой среде. Эксперименты проводились в широком спектре веществ и дали несколько практических выходов. Использование тлеющего и дугового разрядов в разнообразных газовых смесях позволило во второй половине 20 века создать очень широкую номенклатуру газоразрядных источников света, в том числе со световой отдачей более 100 лм/Вт, что до 10 раз превышает отдачу ламп накаливания.

Революционным прорывом стало появление твердотельных источников света, получивших изначально название светодиодов (поскольку появились технологии с удаленным от синего СД люминофором, то наименование становится не совсем корректным). Для нас практический интерес представляют «белые» светодиоды, которые за 15 лет развития достигли светоотдачи в серийной продукции до 160 лм/Вт.

Светоотдача различных современных источников света приведена в таб. 1.

Глядя на таблицу, хочется сразу выбрать для экономии электроэнергии при минимальных затратах НЛНД. Не будем спешить. Потребителя интересуют не параметры для книги Гиннеса, а работа в условиях изменения температуры, напряжения, качество света и срок службы. А в этом случае картина изменяется.

Рассмотрим влияние снижения напряжения. Для лампы накаливания, включая галогенную, очевидно, что снижение напряжения уменьшает температуру нагрева, а значит и светимость нити лампы. Снижение светимости на начальном участке приближается к линейному, т.е. можно считать равным проценту снижения напряжения. У газоразрядных ламп связь между снижением напряжения и светимостью сложнее. Устойчивая работа газоразрядных ламп возможна только при наличии в цепи устройств, поддерживающих силу тока в заданных пределах. Для люминесцентных ламп это снижение еще больше, чем у ЛН, поэтому в странах с развитым законодательством по энергосбережению эксплуатация их допускается только с электронными ПРА. В таб. 2 приведены средние величины снижения

Тип источника	ЛН	ГЛН	ЛЛ	ДРЛ	МГЛ	НЛНД	СД
Светоотдача, лм/Вт	6-20 (15–1000Вт)	10-24	104 (Т5)	40-60	60-100	120-160	120-160

Таб. 1— Светоотдача различных современных источников света

Тип источника	ЛН	ГЛН	ЛЛ	ДРЛ	МГЛ	НЛНД	СД
Снижение светового потока, %	10	10	15	25	25	10	Управл. током

Таб. 2 — Средние величины снижения светового потока при снижении напряжения питания на 10%

светового потока при снижении напряжения питания на 10%.

Для российских условий очень важна работа в условиях пониженных температур. Если на лампах накаливания и светодиодах низкие температуры не сказываются, то, например, люминесцентные лампы при падении температуры на 20 градусов от комнатной снижают световой поток на 50%. Лампы такого типа при температуре ниже -5°C могут не включиться вообще, что исключает возможность их использования на открытом воздухе и в не отапливаемых помещениях. Для ртутных ламп снижение температуры влечет увеличение времени разгорания до 15 мин при температуре -40°C , а у металлогалогенных при -20°C — до 10 мин, а также трудности с повторным включением. Именно поэтому в районах с холодным климатом газоразрядные лампы не выключают по полгода!

Общим отрицательным показателем для всех газоразрядных ламп являются большие потери в электромагнитной ПРА, составляющие от 20% подводимой мощности у люминесцентных ламп до 40 и более у ДНаТ. Эти потери можно снизить вдвое при применении электронных ПРА, но у нас они пока не получили распространения из-за высокой стоимости и низкой надежности.

Обобщая все вышеизложенное, рассчитаем светоотдачу светильников мощностью 200 Вт с использованием усредненных показателей при работе со сниженным на 10% напряжением питания и температуре -10°C , что удовлетворяет большинству реальных условий эксплуатации. Световые потери светильника (светопропускание и светотражение) примем равными 10 и 5%. Недостающие данные и результаты расчета приведены в таб. 3.

До сих пор мы не принимали в расчет такие параметры источников света как характеристики спектра, и, следовательно, индекс цветопередачи. Только лампы накаливания и светодиоды имеют непрерывный спектр, у всех остальных он линейчатый, т.е. дискретный. За счет примесей в газовой атмосфере можно изменять цветовую температуру и качество различения цветов, однако линейчатый спектр не позволяет достичь цветопередачи дневного света.

Появление мощных белых СД потребовало развития некоторых критериев оценки качества света, являющихся параметрами по договоренности, поскольку получаемые величины существенно расходятся с реальностью. Так уже в течение нескольких лет NIST, США, работает над созданием показателя, названного CQS (Шкала качества цвета), который призван заменить индекс цветопередачи CRI. Для правильной хроматографии белых СД уже выпущен и применяется для классификации СД стандарт ANSI, учитывающий помимо коррелированной цветовой температуры отклонение от локуса Планка (желтовато-розоватый оттенок).

Известно, что на свету и в темноте в глазу человека работают разные светочувствительные элементы, определяющие фотопическое и скотопическое видение. Ученые Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли разработали фактор, названный S/P-отношение, который представляет собой соотношение между фотопическими и

эквивалентными люменами, воспринимаемыми глазом при промежуточных (mesopic) условиях. Фотопический люмен соответствует только реакция колбочек и игнорирует вклад палочек в видение. Таким образом, фотопические люмены должны быть умножены на отношения S/P, чтобы точно рассчитать учетный люмен (З). Для визуально эффективных люменов введено обозначение PLm. Полученные в результате исследований коэффициенты и пересчитанная из таб. 3 световая эффективность приведены в таб. 4.

В первый момент полученные данные потрясают, и в этом также состоит заслуга светодиодных светильников, которые заставляют посмотреть на итоговые результаты с учетом всех отрицательных факторов. Это в какой-то мере связано с тем, что в

соответствии с действовавшими ГОСТами измерялись световые параметры только источников света. Именно потому СНиПы предусматривают громадные запасы при проектировании систем освещения. При этом мы еще не учитывали фактор временной деградации источников света, а также в реальности достижимые сроки их службы, особенно в сетях низкого качества. Повысить светоотдачу светильников с газоразрядными лампами можно на 30–40% с использованием ЭПРА, но достичь качества света сопоставимого со светодиодными светильниками ожидать не приходится. Это делает переход на светодиодные светильники неотвратимым фактом, срок реализации которого будет зависеть только от выделения средств на реконструкцию и стоимости электроэнергии.

Тип источника	ЛН	ГЛН	ЛЛ	ДРЛ	МГЛ	НЛНД	СД
Параметр							
Напряжение	10	10	15	25	25	10	0
Температура	0	0	50(при 0°)	0	0	0	0
Потери ПРА	0	0	20/10	30	30	40	15
Световой поток ИС с учетом условий	2700	3240	3000/5000	4500	7200	14000	25500
Потери в арматуре	10	15	5	15	15	15	10
Световой поток светильника	2430	2754	2850/4750	3825	6120	11900	22950
Светоотдача, лм/Вт	12,15	13,72	14/24(ЭПРА)	19,13	30,60	59,50	114,75

Таб. 3 — Результаты исследований

Тип источника	ЛН	ГЛН	ЛЛ	ДРЛ	МГЛ	НЛНД	СД
S/P	1,41	1,50	1,00	0,80	1,49	0,38	2,42
Светоотдача, лм/Вт	17,13	20,58	24,00	15,30	45,59	22,61	277,70

Примечание. СД CREE X-PG 5000K

Таб. 4 — Световая эффективность

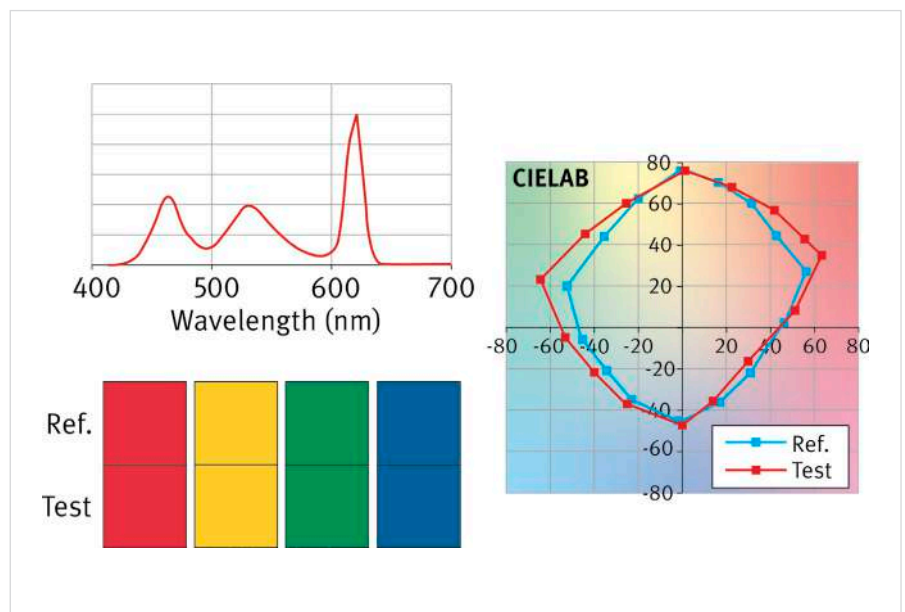


Рис. 2 — Пример белого RGB источника света, повышающего цветной контраст объекта. Расстояние от центра графика пропорционально степени насыщенности цвета. Визуальные эксперименты в NIST, продемонстрировавшие отличное цветовое отображение этого света, хотя индекс цветопередачи (Ra) — только 71. (2)

Итоги

Появление мощных белых светодиодов и светильников на их основе с высоким качеством света и энергоэффективностью вызвало необходимость разработки новых методик определения светотехнических и энергетических характеристик источников света и светильников.

Выводы

Белые светодиоды с их огромной скоростью

совершенствования параметров все активнее вытесняют другие источники света из самых разных областей применения. Вкупе с программами повышения энергоэффективности, принимаемыми на всех уровнях, вплоть до мировых, это делает переход к LED неотвратимым фактом развития освещения.

Список используемой литературы

1. Справочная книга по

светотехнике. Под ред. Айзенберга Ю.Б. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. 972 с.

2. Davis W., Ohno Y. Color quality scale. Optical Engineering, 2010, vol.49(3), 033602-033616.

3. CIE 191:2010 Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance. Vienna: CIE, 2010.

ENGLISH

ELECTRICAL ENGINEERING

Electric sources of light and lamps. Experience of critical analysis

UDC 621.3

Author:

Vladimir M. Osipov — adviser of general director¹; sht.vo@rambler.ru

¹CJSC "PA "Electrochpribor", Omsk, Russian Federation

Abstract

Comparison of parameters of electric light sources was conducted on the basis of reference data taking into account influencing factors, typical for the Russian conditions. Also was shown the effect of LED on the development of lighting technology. The article contains the results of research on improving measurement of parameters of light sources and luminaires.

Materials and methods

Comparative analysis of reference materials.

Synthesis of materials for research aimed at improving the regulation of the parameters of light sources.

Results

The emergence of powerful white LEDs and lamps on the basis of their high light quality and energy efficiency has necessitated the development of new methods for determining lighting and energy characteristics of light sources and luminaires.

Conclusions

In present time white LEDs and their huge speed improvement parameters are more often replacing other light sources from different application areas. Coupled with energy efficiency programmes, accepted at all levels up to the world, the transition to LED is inevitable fact of light development.

Keywords

the light source, energy efficiency, lamp, influencing factors

References

1. *Spravochnaia kniga po svetotekhnike* [Illumination guide]. Ed. by Aisenberg Yu.B. 3-rd revised and enlarged edition,

Moscow: *Znak*, 2006, 972 p.

2. Davis W., Ohno Y. Color quality scale. *Optical Engineering*, 2010, vol.49 (3), 033602-033616.

3. CIE 191:2010 Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance. Vienna: CIE, 2010.



Общество с ограниченной ответственностью
Завод "Калининградгазавтоматика"
Основано в 1960 г. Дочернее предприятие ПАО «Газпром автоматизация»

Разработка, производство и внедрение на объекты газовой, нефтяной и других отраслей промышленности распределительного и взрывозащищенного электрооборудования, систем автоматики и прочих приборов.

Основным видом деятельности завода является производство:

- Ячеек КРУ класса напряжения 6-10 кВ серии MCset и Nexima с элегазовыми и вакуумными выключателями;
- Шкафов НКУ до 1000 В серии ОККЕН и Prisma Plus;
- Комплектных трансформаторных подстанций внутренней установки (цеховые);
- Систем гарантированного бесперебойного питания;
- Шкафов управления двигателями АВО газа;
- Узлов управления кранами (ЭПУУ);
- Взрывозащищенных оболочек (коробок);
- Щитов и пультов автоматизации производственных процессов;
- Шкафной продукции;
- Прочих приборов и средств автоматизации.

Благодаря высокому качеству и надежности выпускаемого оборудования, а также безупречной работе на протяжении многих лет, завод завоевал себе репутацию надежного поставщика энергетического оборудования на российском рынке. Среди предприятий, использующих наше оборудование, можно выделить следующие: ОАО "Газпром", ОАО "Роснефть", НК "ЛУКОЙЛ", ФСК ЕЭС, холдинг МРСК, ОАО "ГМК Норникель", ООО УК "Металлоинвест" и ряд других.

ООО Завод «Калининградгазавтоматика»
 236022, РФ, г. Калининград,
 Гвардейский пр., д. 15
 Тел: (4012) 576-032, факс: 576-024
 Отдел продаж: 576-033, 576-028, 576-125
 e-mail: zavod@kga.ru; Web.: www.kga.ru

Уполномоченный представитель по реализации
 продукции ООО «Инвестгазавтоматика»
 119435, г. Москва, Саввинская наб., 25
 Тел.: (495)933-62-30, факс:933-62-32
 e-mail: info@invest-gaz.ru
 Web.: www.invest-gaz.ru



ПАО «Газпром автоматизация»
 119435, г. Москва, Саввинская наб., 25
 Web.: www.gazauto.gazprom.ru