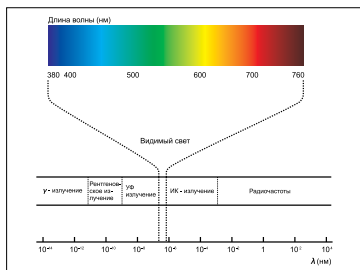


ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

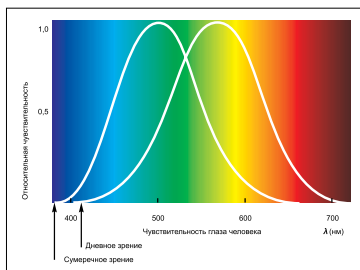




Свет - это излучение, способное возбуждать сетчатку глаза и создавать зрительный образ в мозге человека. Считается, что свет имеет природу электромагнитных волн, амплитуда которых выражается в интенсивности зрительного образа, а длина волны λ и частота колебаний f определяют цвет образа. Эти величины связаны формулой скорости распространения света в вакууме (300000 км/сек): $v = \lambda f$.

Спектр видимого электромагнитного излучения находится в интервале от 380 нм до 780 нм. Глаз человека наиболее чувствителен к излучению с длиной волны 550 нм (желтозеленый цвет); эта чувствительность принимается равной 1.

Все компоненты видимого света вместе дают ощущение белого света.



Световой поток (F)

Световой поток - это количество света, т. е. световая энергия, излучаемая источником света в течение 1 сек. в видимом диапазоне спектра. Единица измерения: люмен (лм); люмен - это световой поток, излучаемый в единичном телесном угле равнонаправленным точечным источником, расположенным в центре сферы единичного радиуса, и имеющий интенсивность, равную 1 канделе.

Световая эффективность, светоотдача (e)

Световая эффективность - это отношение светового потока (F), излучаемого источником света, к потребляемой этим источником мощности ($e = F/P$). Единица измерения: лм/Вт. Фактически, эта величина выражает КПД лампы, т.е. то, насколько эффективно лампа способна преобразовать потребленную электроэнергию в видимый свет.

Освещенность (E)

Освещенность - это количество света, падающего на данную поверхность. Единица измерения: люкс (= лм/м²). Средняя освещенность поверхности: $E = F/S$, где F - световой поток и S - площадь поверхности, на которую падает этот поток.

Интенсивность света (I)

Интенсивность света - это световой поток в единичном телесном угле в заданном направлении: $I = dF/d\Omega$. Единица измерения: кд (кандела).

Цветовая температура (K)

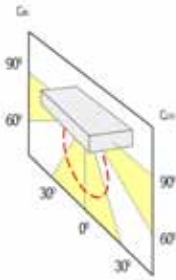
Цветовой температурой лампы считается температура, до которой необходимо нагреть абсолютно черное тело, чтобы оно излучало свет того же спектрального состава и цветовой окраски, что и данная лампа. Единица измерения: К (кельвин).

Яркость (L)

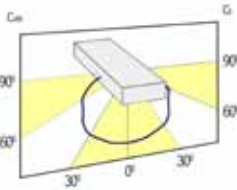
Яркость выражает силу зрительного ощущения, вызываемого источником света. Яркость - это отношение интенсивности света, излучаемого объектом в заданном направлении к проекции поверхности этого объекта на плоскость, перпендикулярную к этому направлению. Единица измерения: кд/м².

Индекс цветопередачи CRI - Color Rendering Index

Объективной характеристикой цвета является индекс цветопередачи Ra. Цвета предмета наилучшим образом воспроизводятся при освещении с наиболее высоким значением индекса цветопередачи (максимальное значение 100). Отличные цветопередающие свойства имеют источники света класса 1A CRI, Ra = 90-100, хорошие - 1B, Ra = 80-90, удовлетворительные, умеренные - 2A, Ra = 70-80, 2B, Ra = 60-70, плохие - класс 3, Ra = 40-60, класс 4, Ra = 20-40.



Продольная плоскость



Поперечная плоскость

Светораспределение источника света описывается его фотометрическим телом или кривой силы света - КСС. Фотометрическим телом считается геометрическое место точек, образованное набором векторов интенсивности источника света в различных направлениях. Фотометрическая диаграмма (КСС) получается путем сечения фотометрического тела двумя перпендикулярными плоскостями, проходящими через ось светильника.

ПОЛЯРНАЯ ДИАГРАММА СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Распределение силы света I представлено в виде полярной диаграммы. Значения силы света приведены к 1000 лм светового потока лампы.

На диаграмме даны кривые силы света светильника в двух плоскостях:

- в вертикальной плоскости, проходящей через продольную ось светильника, т.е. в плоскости $C_{90} - C_{270}$;
- в плоскости, перпендикулярной продольной оси светильника, т.е. в плоскости $C_0 - C_{180}$.

Если светильник имеет круглосимметричное светораспределение, то кривая силы света дается только в одной плоскости.

Полярная диаграмма дает лишь общее представление о форме светораспределения светильника.

Эффективность светильника выражается коэффициентом полезного действия. КПД осветительного прибора определяется как отношение светового потока в верхнюю и нижнюю полусферу светильника к сумме светового потока каждого источника света, работающего в стандартных условиях.

Коэффициент использования светового потока светильника - это отношение потока, попадающего на расчетную площадь, к световому потоку ламп.

При проектировании освещения могут быть использованы различные методы: точечный метод, метод коэффициентов использования светового потока, различные компьютерные программы.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ТАБЛИЦА УРОВНЕЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОМЕЩЕНИЙ (СНИП 23-05-95, САНПИН 2.2.1/2.1.1.1278-03)

Наименование помещения	Расчетная плоскость	Нормы России	Общеввропейские нормы
1. Рабочие кабинеты, офисы	Г 0,8	300	500
2. Помещения для работы с ПЭВМ	Г 0,8	400	500
3. Учебные аудитории и классы	Г 0,8	300	300
4. Операционные залы банков	Г 0,8	300	500
5. Читальные залы	Г 0,8	300	500
6. Проектные и конструкторские бюро	Г 0,8	500	750
7. Конференц-залы и залы заседаний	Г 0,8	200	500
8. Спортивные залы	Пол	200	
9. Выставочные залы	Г 0,8	200	300
10. Торговые залы магазинов	Г 0,8	400	300
11. Обеденные залы и буфеты	Г 0,8	200	200-300
12. Парикмахерские	Г 0,8	400	
13. Кабинеты врачей	Г 0,8	300	300-500
14. Гаражи	Г 0,8	200	50-200
15. Склады в зоне приема товара	Г 0,8	200	300
16. Склады в зоне хранения товара	Пол	50	100
17. Вестибюли	Пол	150	100-200
18. Коридоры	Пол	50-75	100
19. Лестницы	Пол	100	150
20. Чердаки	Пол	5	

ТАБЛИЦА КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ %

Поверхность из материалов с высокой отражаемостью	80
Белая поверхность	70
Светлая поверхность	50
Серая поверхность	30
Темно-серая поверхность	20
Темная поверхность	10

1. По характеру светораспределения светильники делятся на следующие классы:

- П - прямого света;
- Н - преимущественно прямого света;
- Р - рассеянного света;
- В - преимущественно отраженного света;
- О - отраженного света.

2. По типам кривых силы света (КСС) согласно ГОСТ 17677-82:

Обозначение	Тип кривой силы света		Зона направлений максимальной силы света
	Наименование		
К	Концентрированная		0° - 15°
Г	Глубокая		0° - 30°; 180° - 150°
Д	Косинусная		0° - 35°; 180° - 145°
Л	Полуширокая		35° - 55°; 145° - 125°
Ш	Широкая		55° - 85°; 125° - 95°
М	Равномерная		0° - 180°
С	Синусная		70° - 90°; 110° - 90°

3. По климатическому исполнению и категории размещения.

Светильники в зависимости от условий их эксплуатации могут иметь климатическое исполнение:

- У - эксплуатация в зонах с умеренным климатом;
- ХЛ - с холодным климатом;
- ТВ - в зонах с влажным тропическим климатом;
- ТС - с сухим тропическим климатом;
- Т - как с сухим, так и с влажным тропическим климатом;
- О - в любых климатических зонах на суше (общеклиматическое исполнение).

Исполнение изделия	Категория изделия	Рабочие t°C воздуха при эксплуатации			Предельные t°C воздуха при эксплуатации	
		Верхнее значение	Нижнее значение	Среднее значение	Верхнее значение	Нижнее значение
У	4	+35	+1	+20	+40	+1
У	4.1	+25	+10	+20	+40	+1
У	4.2	+35	+10	+20	+40	+1
У	5	+35	-5	+10	+35	-5
У	1: 2: 3	+40	-40	+10	+45	-50
ХЛ	4	+35 (25)	+1	+20	+40	+1
ХЛ	5	+35	-10	+10	+35	-10
ХЛ	1: 2: 3	+40	-60	+10	+45	-60
Т	4	+45	+1	+27	+55	+1
Т	4.1	+25	+10	+20	+40	+1
Т	4.2	+45	+10	+27	+45	+10
Т	5	+35	+1	+10	+35	+1
Т	1: 2: 3	+45	-10	+27	+55	-20
О	4	+45	+1	+27	+55	+1
О	4.1	+25	+10	+20	+40	+10
О	4.2	+45	+10	+27	+45	+1
О	5	+35	-10	+10	+35	-10
О	1: 2: 3	+45	-60	+27	+55	-60

4. По классу защиты от поражения электрическим током.

В соответствии с ГОСТ 12.2.007.0-75 существуют светильники I и II классов защиты от поражения электрическим током.

К светильникам класса защиты I относятся изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и элемент для заземления. В случае, если изделие класса I имеет провод для присоединения к источнику питания, этот провод должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.

К светильникам класса защиты II относятся изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления. Для светильников этого класса используются стартеры и стартерные патроны класса защиты II.

5. Классификация по степени защиты от воздействия окружающей среды.

Расшифровка классов IP (Ingress Protection). Защита от проникновения пыли, твердых предметов и влаги					
Первая цифра: Степень защиты от случайного прикосновения к токоведущим элементам			Вторая цифра: Степень защиты от проникновения влаги		
Первая цифра	Описание	Объяснение	Вторая цифра	Описание	Объяснение
0	Защиты нет		0	Защиты нет	
1	Защита от проникновения руки	Защита от проникновения твердых предметов с диаметром более 50 мм	1	Защита от попадания вертикально падающих капель	Вертикально падающие капли воды не оказывают никакого вредного воздействия воды
2	Защита от проникновения пальца	Защита от прикосновения пальца к токоведущим частям и от проникновения твердых предметов с диаметром более 12 мм	2	Защита от попадания капель, падающих наклонно под углами до 15° к вертикали	Капли воды не оказывают никакого вредного воздействия
3	Защита от проникновения инструмента	Защита от прикосновения инструмента, проволоки или аналогичного предмета толщиной более 2,5 мм к токоведущим частям. Защита от проникновения твердых предметов с диаметром более 2,5 мм.	3	Защита от дождя водяной пыли	Капли воды, падающие наклонно под и углами до 60° к вертикали, не оказывают никакого вредного воздействия
4	Защита от проникновения твердых гранулоподобных частиц	Защита от прикосновения инструмента, проволоки или аналогичного предмета толщиной более 1,0 мм к токоведущим частям. Защита от проникновения твердых предметов с диаметром более 1,0 мм.	4	Защита от брызг	Брызги, падающие с любого направления, не оказывают никакого вредного воздействия
5	Защита от накопления пыли	Полная защита от прикосновения к токоведущим частям и от вредного накопления пыли. Допускается некоторое проникновение пыли в количествах, не влияющих на работу светильника.	5	Защита от струй воды	Струи воды, выпущенные из сопла и падающие с любого направления, не оказывают никакого вредного воздействия. Диаметр сопла 6,3 мм, давление 30 кПа
6	Защита от проникновения пыли	Полная защита от прикосновения к токоведущим частям и от проникновения пыли	6	Защита от струй воды	Струи воды, выпущенные из сопла и падающие с любого направления, не оказывают никакого вредного воздействия. Диаметр сопла 12,5 мм, давление 100 кПа
			7	Водонепроницаемость	Возможно непродолжительное погружение в воду на определенную глубину и время без проникновения воды внутрь в количествах, которые оказывали бы вредное воздействие
			8	Герметичная водонепроницаемость	Возможно длительное погружение в воду на определенную глубину и время без проникновения воды внутрь в количествах, которые оказывали бы вредное воздействие

В соответствии с ГОСТ 14254, допускаются дополнительные степени защиты от пыли, при этом буквы IP не указываются. Пример: 5'3 аналогична по характеристикам степени защиты IP53, при этом колба лампы не защищена от воздействия пыли.

6. Классификация по пожаробезопасности.

1. Светильники, пригодные для непосредственной установки на опорную поверхность из сгораемого материала. К таким светильникам относятся: светильники без встроенных пускорегулирующих аппаратов (символическое обозначение отсутствует), светильники со встроенным пускорегулирующим аппаратом (маркируются символом F)

2. Светильники, предназначенные для непосредственной установки на опорную поверхность только из несгораемого материала. Такие светильники имеют в эксплуатационном документе соответствующую запись.

Наличие знака ∇ означает, что данный прибор может устанавливаться на любую поверхность из несгораемых материалов (бетон, металл) и на поверхность из нормально сгораемых материалов с температурой воспламенения не ниже 200 °С (дерево или фанера при толщине более 2 мм). Температура корпуса такого осветительного прибора при работе в нормальных условиях не превышает 115 °С, в аномальных может повышаться до 130 °С.

Пожаробезопасность полимерных материалов.

Для снижения способности полимеров к возгоранию и поддержанию горения применяются добавки, затрудняющие воспламенение и снижающие скорость распространения пламени – антипирены. Действие антипиренов основано на изоляции одного из источников пламени – тепла, горючего или кислорода, а также на предотвращении образования дыма и токсичных газов. Антипиреновые добавки, механически смешиваемые с полимером, бывают: галогенсодержащие, фосфоросодержащие, с гидроксидами металлов.

Существует множество различных стандартов и методик исследования горючести полимеров, что связано с условиями работы в конкретных условиях какой-либо отрасли. Самым распространённым в электротехнике является стандарт UL-94, подразделяющий материалы на классы. Наиболее пожаробезопасными являются полимеры, относящиеся к трудногорючим материалам класса V-0

7 . Классификация по химической стойкости по ГОСТ 24682-81.

Вид климатического наполнения изделий химостойкого исполнения должен соответствовать условиям эксплуатации по таблице.

Вид химостойкого исполнения	Номинальные условия эксплуатации		Эффективные значения концентраций
	в части климатических факторов по ГОСТ 15150-69	в части концентрации агрессивных сред при длительном воздействии	
X1	УХЛ4	ПДК р.з.	(0,4 - 1) ПДК р.з.
X2	УХЛ 3,5; 04; УЗ,5	ПДК р.з.	(0,4 - 1) ПДК р.з.
X3	VЗ,5	ПДК р.з.	(0,4 - 1) ПДК р.з.
	УХЛ4	3 ПДК р.з.	(1 - 3) ПДК р.з.
	УХЛ3,5; УЗ,5	2 ПДК р.з.	(1 - 2) ПДК р.з.

ПДК р.з. - предельно допустимые концентрации рабочей зоны.

Жесткость условий эксплуатации возрастает с увеличением номера в обозначении химостойкого исполнения.

Наибольшей химической устойчивостью обладают осветительные приборы исполнения X3.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В светотехнических изделиях наибольшее распространение получили следующие конструкционные материалы: нержавеющая сталь, алюминий, полиметилметакрилат (ПММА), поликарбонат (ПК), полиамид (ПА), полистирол (ПС).

ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ

Химическая стойкость - устойчивость конструкционных материалов к химическиагрессивным реагентам. При установке светильников необходимо убедиться, что окружающая среда не содержит реагентов, которые могут вызвать повреждение светового прибора и его компонентов (при комнатной температуре, при отсутствии механических повреждений).

"+" постоянная устойчивость УСТОЙЧИВ

"+" ОГРАНИЧЕНО УСТОЙЧИВ

"-" НЕ УСТОЙЧИВ

Химические реагенты	Нержавеющая Сталь	Алюминий (Al)	Полиметилметакрилат (ПММА)	Поликарбонат (ПК)	Полиамид (ПА)
Ацетон	+	+	-	┌+	+
Соляная кислота, ≤ 20%	-	-	+	+	-
Азотная кислота, ≤ 20%	┌+	┌+	┌+	┌+	-
Серная кислота, ≤ 50%	-	-	+	+	-
Спирт ≤ 30%	+	┌+	+	+	+
Спирт концентрированный			-	-	-
Аммиак ≤ 25%	-	-	+	-	-
Машинное масло			-	+	+
Дизтопливо			┌+	+	+
Пары нефти	+	+	+	┌+	+
Бензин	+	+	+	+	+
Морская вода	┌+	┌+	+	+	┌+
Раствор поваренной соли	+	+	+	+	┌+
Минеральное масло	+	+	+	+	-
Силиконовое масло	+	+	┌+	+	┌+
Гидроксид натрия (сода)	┌+	┌+	+	+	+
Сульфат алюминия	+	+	+	+	+
Сульфат меди	+	+	+	+	┌+
Сероводород	+	+	+	+	+

8 . Классификация по устойчивости к механическим воздействиям

Классификация по устойчивости к ударам, вибрации, линейным ускорениям, акустическим шумам предусмотрена ГОСТ 15159. Устойчивость осветительных приборов к механическим нагрузкам зависит от конструкции и применяемых материалов. Среди полимерных материалов наибольшей механической прочностью обладает поликарбонат.

Европейский стандарт EN 50102 описывает кодами IK степени защиты от механических воздействий.

Ударная прочность (10 классов) определяется энергией удара в Дж. Стандартный открытый светильник (IK02) выдерживает удар 0,2 Дж. Закрытый светильник с плафоном из поликарбоната (IK08) является вандалозащищенным, может выдерживать энергию удара до 5 Дж.

СВЕТОДИОДЫ

LED - Light Emitting Diode - cdtjnbpkexf.obq lbjl

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ LED.

Светодиод - полупроводниковый прибор, преобразующий энергию электрического тока в световую, благодаря наличию гетероперехода, то есть контакта между двумя разными по химическому составу полупроводниками - Ge Si, GaAlAs GaAs, InAs Ge и другими. Гетеропереходы получают методом эпитаксиального наращивания одного монокристалла (из газовой фазы) на другой кристалл или иными методами. При наличии анизотропного p-n перехода (границе между областями с дырочной p- и электронной n- проводимостью) и при положительной полярности внешнего источника тока на контакте к p-области и отрицательной на контакте к n-области, потенциальный барьер в p-n переходе понижается и электроны из n-области инжектируются в p-область, а дырки из p-области в n- область. Инжектированные электроны и дырки рекомбинируют, передавая свою энергию либо квантам света, либо через дефекты и примеси - тепловым колебаниям решетки кристалла. Излучаемые световые кванты выходят в о внешнюю среду в заданном телесном угле. Светодиод - почти точечный источник света с размерами 0,25x0,25 мм.

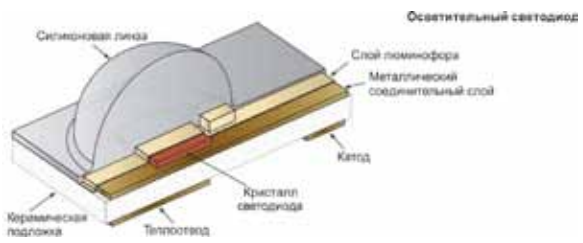
ИСТОРИЯ LED.

Эффект свечения кристаллов карборунда («светящийся детектор») был открыт инженером Лосевым О.В. в 1923 г. Первый красный светодиод был создан Ником Холоньяком в компании General Electric в 1962 г. В 1993 г. Саджи Накамура в компании Nichia получил первый синий светодиод высокой яркости на базе легированного. С 90-х годов XX века активно развиваются различные направления оптоэлектроники и твердотельного освещения (SSL - Solid State Lighting).

УСТРОЙСТВО LED.

Существуют два основных типа светодиодов: индикаторные и осветительные. Индикаторные светодиоды, например, 5-миллиметровые, обычно являются недорогими, маломощными источниками света, пригодными для использования только в качестве световых индикаторов в индикаторных панелях и электронных приборах, для подсветки дисплеев компьютеров или приборных панелей автомобиля. Осветительные светодиоды, представленные светодиодами поверхностного монтажа (SMD), высокой яркости (HB) и высокой мощности (HP) - это надежные мощные устройства, способные обеспечить нужный уровень освещенности и обладающие световым потоком, равным или превосходящим световой поток традиционных источников света. Существуют два способа получения белого цвета с помощью светодиодов. Согласно цветовой модели RGB белый цвет получают при объединении излучений красного (R), зеленого (G) и синего (B) светодиодов. Люминофорные технологии получения белого цвета предполагают использование одного светодиода, например синего, в комбинации с желтым люминофорным покрытием. Оттенок или цветовая температура белого цвета определяется длиной волны света, испускаемого синим светодиодом, толщиной и составом люминофора.

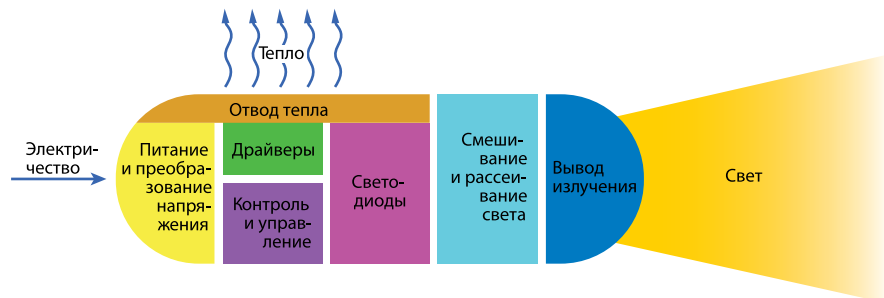
Все осветительные светодиоды имеют одинаковую базовую конструкцию. Они включают в себя полупроводниковый чип (или кристалл), подложку, на которую он устанавливается, контакты для электрического подключения, соединительные проводники для подсоединения контактов к кристаллу, теплоотвод, линзу и корпус.



ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

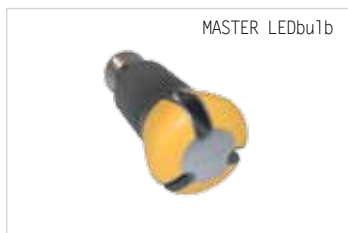
УСТРОЙСТВО СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ.

Для использования в целях освещения LED должны быть объединены в систему, включающую собственно светодиоды, оптику, драйверы, источники питания, теплоотводы, корпус, узлы крепления и кабели. Все названные компоненты присутствуют в световом приборе.



Светодиодные лампы

В световых приборах возможно использование светодиодных ламп в стандартных форм-факторах, например в трубке T8 (диаметром 26 мм) с цоколем G13.



Наименование изделия	Мощность, Вт	Цветовой код	Цоколь	Световой поток, лм
MASTER LEDtube GA 600mm 11W 840 G13	11	840	G13	825
MASTER LEDtube GA 600mm 11W 865 G13	11	865	G13	825
MASTER LEDtube GA 1200mm 11W 840 G13	22	840	G13	1650
MASTER LEDtube GA 1200mm 11W 865 G13	22	865	G13	1650
MASTER LEDbulb GA 8-40W E27 2700K 230V A60	12	теплый белый	E27	470

ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ.

Световой поток. КПД светильника.

Световой поток – термин, косвенно характеризующий то, какое количество света излучается световым прибором, а также то, как именно прибор излучает и распределяет этот свет. Официальным термином для описания количества и распределения видимого света, излучаемого конкретным источником, является термин “фотометрические данные”. КПД (LOR - Light Output Ratio) светового прибора – отношение светового потока светильника к световому потоку его ламп.

Традиционные осветительные приборы испытываются методом относительного фотометрирования, при котром лампы и светильники испытываются по отдельности. Этот метод применим для светильников с LED лампами в стандартных форм-факторах (T8 G13, A55 E27).

Для испытания светильников со светодиодными модулями используется абсолютное фотометрирование. При этом измеряется световой поток светильника, так как измерение характеристик светодиодов отдельно от светильника является невозможным. КПД светодиодных световых приборов, в которых светодиоды являются неотделимыми компонентами, не имеет смысла, он всегда равен 100%. КПД светодиодных драйверов составляет около 85%.

Световая отдача. Энергоэффективность

Световая отдача (светоотдача), или энергоэффективность светового прибора, – это количество света (в люменах), производимого на единицу потребляемой электроэнергии (в ваттах): лм/Вт. Самой высокой светоотдачей обладают красные светодиоды и светодиоды, излучающие холодный белый свет (голубоватый) с цветовой температурой 5000 К и выше. Светодиоды значительно превосходят по светоотдаче лампы накаливания и сравнялись по этому показателю с большинством типов люминесцентных ламп. Светодиоды, излучающие теплый белый свет с цветовой температурой 2600–3500 К, приближаются по светоотдаче к КЛЛ и продолжают постоянно совершенствоваться. В лабораторных условиях уже достигнута световая отдача, более 150 лм/Вт, а у лучших светодиодов, изготовленных в промышленных условиях, она достигает 100 лм/Вт.

В РФ установлены следующие минимально допустимые значения световой отдачи (энергоэффективности) в отношении светодиодных ламп ненаправленного света (ретрофиты), модулей светодиодных источников света в зависимости от значения цветовой температуры:

- при значении цветовой температуры 2700 К, 3000 К - 50 лм/Вт;
- при значении цветовой температуры 3500 К, 4000 К, 4500 К - 60 лм/Вт;
- при значении цветовой температуры 5000 К, 5500 К, 6500 К - 70 лм/Вт;

Коэффициент мощности.

Коэффициент мощности – безразмерная физическая величина, являющаяся энергетической характеристикой электрического тока. Коэффициент мощности характеризует приёмник электроэнергии переменного тока, а именно – степень линейности нагрузки. Равен отношению потребляемой электроприёмником активной мощности к полной мощности. В качестве единицы измерения полной мощности принято использовать вольт- ампер (В·А) вместо ватта (Вт). Коэффициент мощности принимает значения от нуля до единицы (или от 0 до 100 %).

Коэффициент мощности математически можно интерпретировать как косинус угла между векторами тока и напряжения. Поэтому в случае синусоидальных напряжения и тока величина коэффициента мощности совпадает с косинусом угла, на который отстают соответствующие фазы. В электроэнергетике для коэффициента мощности приняты обозначения $\cos \varphi$ (где φ – сдвиг фаз между силой тока и напряжением) либо λ . Когда для обозначения коэффициента мощности используется λ , его величину обычно выражают в процентах.

Коэффициент мощности для LED определен следующим образом:

- а) в отношении светодиодных ламп ненаправленного света (ретрофитов), модулей светодиодных источников в составе осветительного прибора мощностью от 5 Вт до 25 Вт - не менее 0,7;
- б) в отношении светодиодных ламп ненаправленного света (ретрофитов), модулей светодиодных источников в составе осветительного прибора мощностью более 25 Вт - не менее 0,85;

КАЧЕСТВО СВЕТА

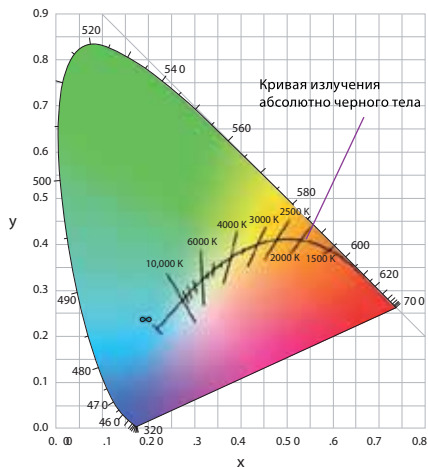
Индекс цветопередачи

Индекс цветопередачи отражает способность источника света правильно передавать цвета различных объектов в сравнении с идеальным источником света (Солнцем или лампой накаливания). Индекс цветопередачи Ra определяется по результату теста для 8 стандартных цветовых образцов R1 – R8 при освещении конкретным источником света в сравнении с освещением эталонным источником света по шкале 0-100. Для LED разрабатывается обновленная шкала качества цвета CQS (15 образцов цвета, учет спектральных характеристик светодиодов).

Коррелированная цветовая температура.

Постоянство цвета является показателем качества света как цветных, так и белых светодиодов. Для белого света применяется коррелированная цветовая температура (Тцв), значение которой показывает, каким воспринимается белый цвет: теплым (красноватым), нейтральным или холодным (голубоватым). Стандартное определение Тцв допускает отклонения цветности, которые легко могут различаться наблюдателями даже при одинаковой Тцв. Поэтому обеспечить постоянство цвета является важнейшей задачей производителей светодиодов.

Говоря техническим языком, слово «температура» в понятии коррелированной цветовой температуры характеризует излучение абсолютно черного тела – твердого тела, обладающего определенными свойствами и находящегося в раскаленном состоянии. Она измеряется в градусах Кельвина (К), в которых обычно измеряется абсолютная температура. При повышении температуры черного тела цвет испускаемого им светового излучения изменяется следующим образом: красный – оранжевый – желтый – белый – голубой. Последовательность изменения цвета соответствует кривой в цветовом пространстве (диаграмма цветового пространства МКО 1931).

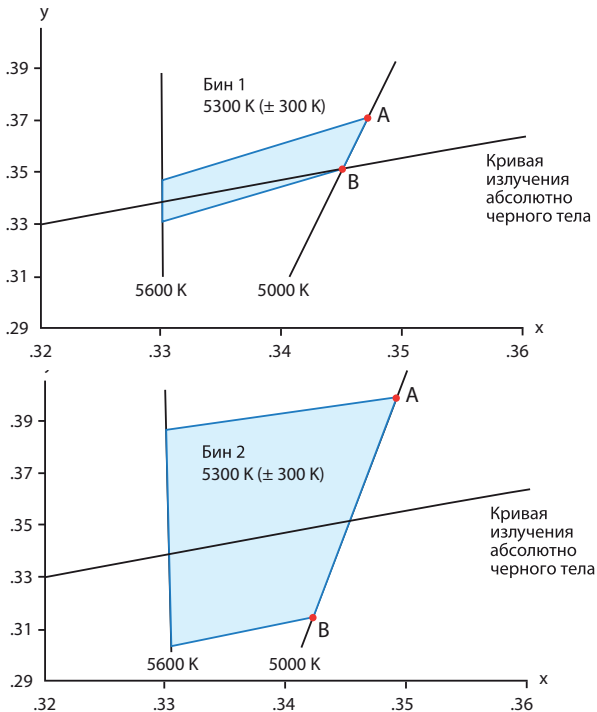


Лампа накаливания излучает свет с цветовой температурой приблизительно 2700 К, которая находится в теплой или красноватой области цветового пространства. Спектральный анализ видимого света позволяет определить цветовую температуру источников света, отличных от ламп накаливания, таких как люминесцентные лампы и светодиоды. Фактическая температура светодиода, излучающего свет с цветовой температурой 2700 К, обычно равна приблизительно 80 °С, хотя светодиод излучает свет того же цвета, что и нить, нагретая до температуры 2700 К.

Биннинг.

При изготовлении светодиодаются по цвету, световому потоку и прямому напряжению. Так как эти различия значительны, параметры светодиодов измеряются, и светодиоды поставляются на рынок, отсортированными по подклассам, или бинам. Одной из основных задач производителей светотехники является такое деление светодиодов на бины, которое сводит к минимуму различие цветов между отдельными осветительными приборами или между партиями такой продукции.

Чтобы понять, как определяется бин, снова обратимся к диаграмме цветового пространства МКО 1931 и увеличим масштаб для кривой излучения черного тела. Изменения цветовой температуры располагаются на кривой излучения абсолютно черного тела, но изменения цвета светодиода располагаются также выше и ниже кривой излучения черного тела. Светодиоды, у которых цветные координаты лежат выше кривой излучения абсолютно черного тела, имеют зеленоватый оттенок, а те, у которых ниже, – розоватый. На практике это означает, что указание цветовой температуры не обеспечивает одинаковый цвет. Например, две представленные ниже диаграммы иллюстрируют два гипотетических бина светодиодов, цветовой температура каждого из которых равна 5300 К, с отклонением ± 300 К. Бин 1 имеет некоторое отклонение цвета, так как его область лежит выше и ниже кривой излучения абсолютно черного тела. Отклонение в цвете у бина 2 в четыре раза больше, хотя он также соответствует указанной производителем цветовой температуре.



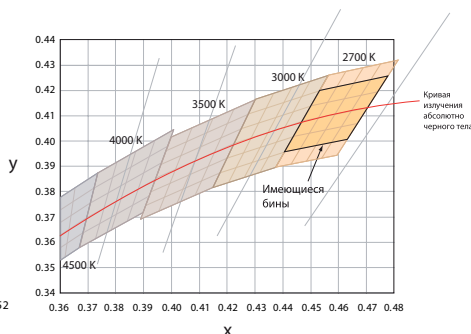
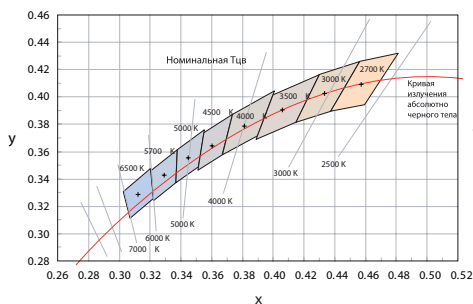
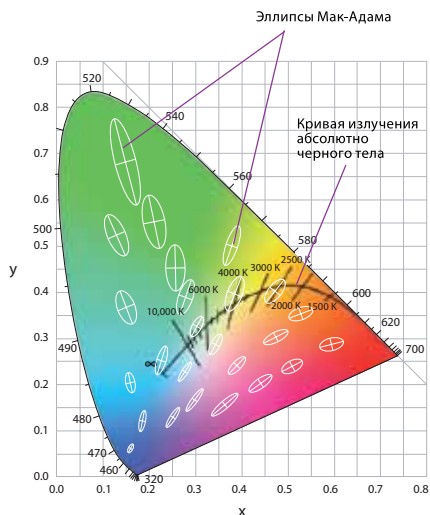
Порог, при котором разница цвета становится заметной, определяется эллипсом Мак-Адама. Эллипс Мак-Адама вычерчивается на диаграмме цветового пространства так, что цвет в центре эллипса отличается на определенную величину от цвета в любой точке на границе эллипса.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Порог, при котором разница цвета становится заметной, определяется эллипсом Мак-Адама. Эллипс Мак-Адама вычерчивается на диаграмме цветового пространства так, что цвет в центре эллипса отличается на определенную величину от цвета в любой точке на границе эллипса.

Шкала эллипса Мак-Адама определяется стандартным порогом цветоразличения (SDCM). Разница цвета, соответствующая 1 единице SDCM, не видна, от 2 до 4 единиц - едва видна, 5 и больше единиц - отчетливо видна. Размер и ориентация эллипсов Мак-Адама зависят от положения в цветовом пространстве (см. диаграмму выше), даже если каждый эллипс определяет одинаковое отклонение цвета в центре эллипса от цвета на границе эллипса.

Стандарт цветности C78.377A, разработанный Американским национальным институтом стандартов (ANSI), определяет 8 номинальных значений Т_{цв}, диапазоны цветов которых ограничиваются рамками, окружающими эллипсы Мак-Адама с 7 ступенями. Светодиоды, цвет которых соответствует указанному номинальному значению Т_{цв} и цветовому диапазону, соответствуют стандарту.



Для отечественной практики используется таблица «Допустимых отклонений значений коррелированной цветовой температуры (центральная точка, четырехугольник допустимых отклонений)».

	2700 K		3000 K		3500 K		4000 K		4500 K		5000 K		5700 K		6500 K	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Центральная точка	0,4578	0,4101	0,4338	0,4030	0,4073	0,3917	0,3818	0,3797	0,3611	0,3658	0,3447	0,3553	0,3287	0,3417	0,3123	0,3282
Четырехугольник допустимых отклонений	0,4813	0,4319	0,4562	0,4260	0,4299	0,4165	0,4006	0,4044	0,3736	0,3874	0,3551	0,3760	0,3376	0,3616	0,3205	0,3481
	0,4562	0,4260	0,4299	0,4165	0,3996	0,4015	0,3736	0,3874	0,3548	0,3736	0,3376	0,3616	0,3207	0,3462	0,3028	0,3304
	0,4373	0,3893	0,4147	0,3814	0,3889	0,3690	0,3670	0,3578	0,3512	0,3465	0,3366	0,3369	0,3222	0,3243	0,3068	0,3113
	0,4593	0,3944	0,4373	0,3893	0,4147	0,3814	0,3898	0,3716	0,3670	0,3578	0,3515	0,3487	0,3366	0,3369	0,3221	0,3261

Для общего и местного освещения следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 до 6800 K. Наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается.

Теплоотвод

Несмотря на то, что светодиоды и не излучают его в потоке света и обладают холодными пучками света), они все же вырабатывают тепло.

Как и другие источники света, светодиоды преобразуют электрическую энергию в энергию излучения и генерируют тепло. Отношение тепловой энергии к энергии излучения зависит от потребляемой мощности и эффективности системы. Лампы накаливания вырабатывают большое количество инфракрасного (ИК) излучения и выделяют большое количество тепла.

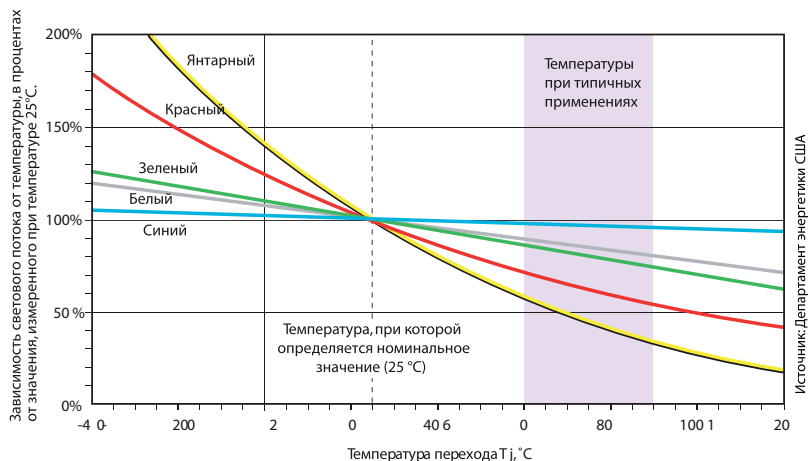
При этом они излучают малое количество видимого света. Люминесцентные и металлогалогенные лампы производят не только большее количество видимого света, но и большое количество ИК- и ультрафиолетового (УФ) излучения, а также много тепла. Как это ни странно, светодиоды преобразуют относительно небольшую часть электроэнергии в энергию излучения - примерно столько же, сколько металлогалогенные и люминесцентные лампы - но так как они излучают очень малое количество ИК- и УФ-излучения, то доля (в процентном отношении) видимого света, испускаемого светодиодами, сравнима с такой же долей у металлогалогенных и люминесцентных ламп и превосходит ее у ламп накаливания. В таблице ниже приведены сравнительные данные о долях (в процентном отношении) потребляемой мощности, преобразуемых в энергию излучения и в тепло светодиодами и некоторыми традиционными источниками света. Эти данные относятся к источникам белого света.

Эффективный отвод тепла является очень важным фактором для обеспечения нормальной работы светодиода, так как сильный нагрев снижает световой поток светодиода и уменьшает его полезный срок службы. Для нормальной работы светодиодного источника света от него должно отводиться генерируемое в нем тепло. В правильно сконструированных световых приборах применяются эффективные радиаторы и другие теплоотводящие и конвекционные устройства, удаляющие тепло от светодиодных источников света и рассеивающие его в окружающем пространстве.

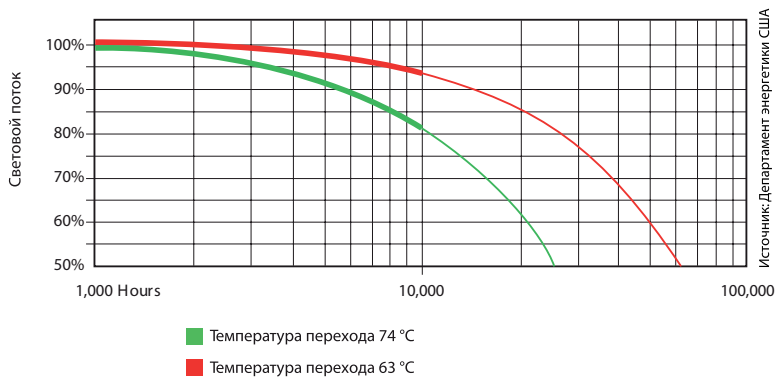
Доли потребляемой энергии, преобразуемые в энергию излучения и тепло светодиодами и традиционными источниками света

	ЛН	ЛЛ	МГЛ	LED
Видимый свет	15-25%	8%	21%	27%
ИК	0%	73%	37%	17%
УФ	0%	0%	0%	19%
Тепло	75-85%	19%	42%	37%

Производители измеряют световой поток выпускаемых ими светодиодов при использовании импульса тока длительностью 15-20 мс при фиксированной температуре перехода, равной 25 °С. Температура перехода светодиода в правильно сконструированной светодиодном световом приборе при нормальной работе с установленными теплоотводящими устройствами обычно находится в диапазоне 60-90 °С или даже может превышать это значение. Так как рабочая температура перехода почти всегда больше 25 °С, то установленные в световом приборе светодиоды излучают как минимум на 10% меньше света, чем указывают их производители, если дополнительно не предоставлены данные для более высоких температур перехода.



Непрерывная работа светодиода при высокой температуре перехода значительно сокращает полезный срок службы светодиодного светового прибора.



Полезный срок службы

Так же как и в случае фотометрических измерений, таких как измерение светового потока и световой отдачи, расчеты срока службы для светодиодных и традиционных источников света существенно отличаются друг от друга.

В 2008 в США выпущен стандарт Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources (Измерение стабильности светового потока светодиодных источников света), публикация IES LM-80-08. Вместо измерения номинального срока службы лампы стандарт LM-80 предписывает измерять, насколько снижается световой поток светодиодного источника через определенное количество часов его работы. Это значение описывает термин «спад светового потока».

Обратным по отношению к спаду светового потока является понятие стабильности светового потока. Термин «стабильность светового потока» является промышленным стандартом для обозначения доли светового потока, сохраняемой источником света в течение указанного времени, выраженной в процентах от исходного светового потока.

В светодиодных источниках света к факторам, влияющим на спад светового потока, относятся ток возбуждения и тепло, генерируемое в устройстве (на p-n переходе), которые вызывают деградацию материала светодиода. В некоторых белых светодиодах может происходить деградация люминофорного покрытия подобно тому, как это происходит в люминесцентных лампах. Некоторые светодиоды могут также терять световой поток из-за помутнения или появления темных пятен в герметике, покрывающем светодиодный кристалл.

Характеристики стабильности светового потока имеют вид L_p , где L – это исходный световой поток источника света, а p – это выраженный в процентах остаточный световой поток после определенного количества часов работы. Например, L97 показывает, как долго источник света сохраняет 97% (или теряет 3%) своего исходного светового потока.

Исследования показывают, что изменение уровня освещенности в обычном офисе обычно остается незаметным, пока он остается на уровне выше 70% своего исходного значения, особенно в тех случаях, когда уровень освещенности изменяется постепенно. Поэтому для применений, связанных с общим освещением, рекомендуется определять полезный срок службы как промежуток времени, в течение которого исходный световой поток источника света снижается до 70% исходного значения (L70). Для декоративного и акцентного освещения рекомендуется определять полезный срок службы как промежуток времени, в течение которого исходный световой поток источника света снижается до 50% исходного значения (L50).

Этот стандарт имеет ограниченное применение. Стандарт LM-80 не содержит рекомендаций относительно того, как экстраполировать данные измерений для получения значений L70 или L50. Значения L70 и L50 могут базироваться на измерениях по стандарту LM-80, сами они не являются данными измерений по LM-80.

В РФ пока применяется определение «продолжительность горения». В отношении светодиодных ламп ненаправленного света (ретрофитов), модулей светодиодных источников света она должна быть не менее 25 000 часов, спад светового потока должен быть менее 30%. Важно помнить о том, что «полезный срок службы» и «полный срок службы» светового прибора – это два совершенно разных понятия. Полезный срок службы светового прибора зависит от прогнозируемого значению стабильности светового потока светодиодных источников света, входящих в состав прибора – другими словами, это количество часов, в течение которых светодиодный световой прибор будет обеспечивать достаточное количество света в конкретной области применения.

Срок службы светодиодного светового прибора связан с надежностью компонентов, входящих в его состав, включая электронику, материалы, корпус, провода, разъемы, уплотнители, и т. д. Вся система будет работать ровно столько, сколько проработает входящий в нее критический компонент с самым коротким сроком службы. Таким компонентом может оказаться уплотнитель, оптический элемент, светодиод или что-то другое. С этой точки зрения светодиодный источник света является одним из критических компонентов, хотя именно он является и наиболее надежным компонентом всего светового прибора.

Классы энергопотребления

В РФ и странах ЕС на электрических лампочках и большинстве электроприборов указывается их уровень энергоэффективности. Энергоэффективность выражается в уровнях от А (наибольшая) до G (наименьшая). Для ламп уровни энергоэффективности показывают потребление электроэнергии относительно обычной лампы накаливания, которая излучает такое же количество люменов. Рис. Стр. 121

Классы энергопотребления для ламп, используемых в странах ЕС

В 27 странах ЕС на электрических лампочках, автомобилях и большинстве электроприборов указывается их уровень энергоэффективности. Энергоэффективность выражается в уровнях от А (наибольшая) до G (наименьшая). Для ламп уровни энергоэффективности показывают потребление электроэнергии относительно обычной лампы накаливания, которая излучает такое же количество люменов.

A	На 50–80% более энергоэффективные
B	На 25–50% более энергоэффективные
C	На 10–25% более энергоэффективные
D	На 0–10% более энергоэффективные
E	На 0–10% менее энергоэффективные
F	На 10–25% менее энергоэффективные
G	>25% менее энергоэффективные

Экономическое обоснование

Для того чтобы успешно продавать энергоэффективную продукцию, консультанты и проектировщики должны уметь составлять экономическое обоснование для стимулирования перехода к ней. Как минимум, они должны уметь говорить на языке экономики освещения. Основными параметрами являются общая стоимость владения, период окупаемости и рентабельность инвестиций (ROI от англ. Return on Investments).

Общая стоимость владения (OCB) или TCO (от англ. Total Cost of Ownership) – это общая стоимость покупки для владельца покупки, включающая в себя, помимо стоимости покупки, стоимость установки, обслуживания и эксплуатации системы освещения в течение всего ее срока службы. Светодиодные системы освещения обеспечивают значительное снижение OCB по сравнению с традиционными технологиями, посредством снижения «стоимости света». Это обеспечивается главным образом за счет снижения затрат на электроэнергию, потребляемую светодиодными источниками света, а также за счет снижения затрат на обслуживание в течение полезного срока службы. Затраты на обслуживание включают в себя как стоимость ламп, так и стоимость работы по их замене. Кроме этого, пониженное выделение тепла обеспечивает снижение тепловой нагрузки и снижает затраты на кондиционирование воздуха.

Период окупаемости – это время, в течение которого окупаются инвестиции на дорогостоящее, энергоэффективное технологическое решение. Период окупаемости обычно измеряется в годах и определяется с помощью оценки стоимости проекта, деленной на годовую экономию затрат в результате снижения потребления энергии и снижения затрат на обслуживание. Обычно период окупаемости не должен превышать трех лет, но в современных экономических условиях более привлекательным является период окупаемости, не превышающий двух лет.

Окупаемость инвестиций (ROI) характеризует эффективность инвестиций. ROI – это мера возросшей прибыли (или снижения расходов), полученная в результате капиталовложения, деленная на стоимость этих инвестиций. В случае энергоэффективного проекта, ROI – это снижение затрат на электроэнергию и обслуживание в годовом исчислении, деленное на инвестиции проекта.

В АСТЗ применяется методика расчета стоимости жизненного цикла светового прибора (LCC Life Cycle Cost). Калькулятор экономической эффективности приведен на <http://astz.ru/calculator/astzcalculator/>

Использованные материалы:

1. Свод Правил СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
2. Постановление Правительства РФ от 20 июля 2011 № 602. Требования к осветительным и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения.
3. Светодиодное освещение. Справочник. Philips SSLS. 2010