

Александр Архипов | AArkhipov@list-lab.ru

Проектирование и разработка

энергосберегающих светодиодных систем освещения

В статье рассмотрены проблемы установки светодиодного освещения на существующие объекты, а также особенности светотехнического проектирования с использованием световых приборов на светодиодах. Большое внимание уделено параметрам светильников и проблемам формирования файлов данных для программ, используемых проектировщиками.

Достижения в области светодиодной техники сегодня очевидны для всех, кто следит за развитием технологий в области освещения, и особенно это заметно по возросшему количеству новых компаний — производителей светильников на основе полупроводниковой элементной базы. Из огромного разнообразия производимых светодиодов все чаще отдается предпочтение тем предложениям, которые технически грамотно и четко аргументированы и подтверждены реальными характеристиками. В России плохо развито производство, но компетентных специалистов и разработчиков светотехники достаточно. Многие западные компании не ориентированы на российский рынок и год за годом для продвижения своих продуктов присылали к нам менеджеров, неспособных ответить на технические вопросы наших разработчиков. Однако за последние несколько лет уровень компетенции и продажи у многих компаний выросли. Все эти факты способствовали формированию и развитию рынка светодиодной техники в России.

Основные трудности при выборе светодиодных светильников проектировщиками систем освещения заключаются в недостатке информации о светильниках, стоимости оборудования и времени производства (доставки). Стоимость светильников непосредственно связана со стоимостью компонентов: светодиоды — это примерно 70%, корпуса и электронная «начинка» — 30%. Прогресс в эпитаксиальных технологиях позволил снизить затраты на производство светодиодных кристаллов и, соответственно, светодиодов на их основе. При выпуске новых продуктов предыдущие серии падают в цене, таким образом, за последние годы средняя стоимость светодиодов значительно снизилась, что позволило начать производство светильников с конкурентным уровнем цен. Стоимость корпуса сильно зависит от места производства, в большинстве случаев их заказывают в Китае. В данном случае экономически это оправдано. Складских запасов нет ни у кого в России, а наша действительность такова, что проект нужно реализовать в кратчайшие сроки, не-

малые деньги уже выделены, а купить светодиодный светильник просто негде. В итоге доставка готового светильника из Китая и производство занимают от 5 до 12 недель.

Что касается электронных компонентов, необходимых для производства светильника, — их очень много, но выбрать наиболее рациональный режим питания светодиодных цепочек (модулей) сложно. Токковый режим работы светодиода связан с обеспечением тепловых режимов работы, и для светодиодов увеличение плотности тока через кристалл напрямую определяет время жизни светильника. Очень важно отметить, что электронные компоненты (драйверы) потребляют электрическую энергию и в большинстве случаев обеспечивают потери 5–10% потребляемой мощности светильника. Обратите внимание, количество светодиодов в светильнике и их суммарное потребление не равняется потребляемой мощности светильника. Во-

первых, это связано с потерями в электронных компонентах, которые невозможно сделать со 100% КПД, и, во-вторых, декларируемый как одноваттный, светодиод может потреблять более 1 Вт.

Оценивая экономические и технические характеристики, светотехник и менеджер по проекту выбирают подходящие по параметрам светильники. Для осуществления проектирования с помощью программ Dialux, Relux необходим файл формата .ies (Illuminating Engineering Society), содержащий набор параметров светильника. Отсутствие файла для светильника делает невозможным создание визуализаций и ограничивает применение светильника в проекте. Источник света описывается пространственным распределением силы света, которым и руководствуются при создании файлов в формате .ies или .ldt (существуют и другие форматы, но они распространены гораздо меньше). Программа 3DS MAX не поддерживает никакие другие форматы, кроме .ies. Этот формат является международным и используется для светотехнических расчетов профессиональными светотехниками и светодизайнерами. Файл для светильника содержит информацию, которая позволяет

Таблица 1. Классификация светильников по светораспределению и доле светового потока

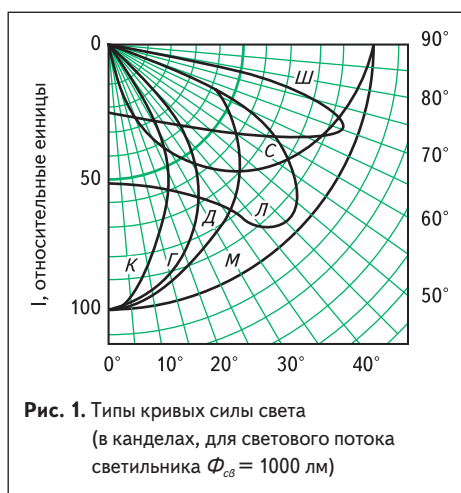
Класс светильника по светораспределению		Доля светового потока, направляемого в нижнюю полусферу, от всего светового потока светильника, %
Обозначение	Наименование	
П (I)	Прямого света	80
Н (II)	Преимущественно прямого света	60–80
Р (III)	Рассеянного света	40–60
В (IV)	Преимущественно отраженного света	20–40
О (V)	Отраженного света	20

Примечание. В скобках указано обозначение по СТ СЭВ 3182-81, которое следует применять только в документации, сопровождающей светильники, изготавливаемые на экспорт.

Таблица 2. Основные фотометрические параметры

Тип кривой силы света		Зона направлений максимальной силы света, град.	Коэффициент формы кривой силы света
Обозначение	Наименование		
К (a)	Концентрированная	0–15	$K_{\phi} \geq 3$
Г (b)	Глубокая	0–30; 180–150	$2 \leq K_{\phi} < 3$
Д (c)	Косинусная	0–35; 180–145	$1,3 \leq K_{\phi} < 2$
Л (d)	Полуширокая	35–55; 145–125	$1,3 \leq K_{\phi}$
Ш (e)	Широкая	55–85; 125–95	$1,3 \leq K_{\phi}$
М (f)	Равномерная	0–180	$K_{\phi} \leq 1,3$ при этом $I_{\min} > 0,4 I_{\max}$
С (g)	Синусная	70–90; 110–90	$1,3 < K_{\phi}$ при этом $I_0 < 0,7 I_{\max}$

Примечание. В скобках указано обозначение по СТ СЭВ 3182-81, которое следует применять только в документации, сопровождающей светильники, изготавливаемые на экспорт.



программе Dialux и Relux, используя фотометрические данные, рассчитывать и создавать максимально приближенные к реальному воплощению проекты по освещению любых объектов. Получают такие файлы в лабораториях на высокоточном оборудовании, но, к сожалению, не все производители имеют его в своем арсенале. Многие компании переделывают или используют данные распределения силы света по углу излучения (КСС), измеренные с низкой точностью, что приводит к ошибкам при проектировании. Основная проблема при создании таких файлов — отсутствие оборудования, способного обеспечить измерение силы света с кратностью угла в 1–2°, данная точность обеспечивает 90–180 измерений для одной азимутальной плоскости, а для формирования файла формата .ies измеряются 12–36 плоскостей. Выбрать светильник с подходящими фотометрическими характеристиками и созданный на основе высокоточных данных из файлов формата .ies является основной и действительно очень сложной задачей. Для создания освещения улиц, офисов, муниципальных или промышленных объектов необходим опыт работы с производителем продукции, на основе которой методом проб и ошибок уже были выполнены проекты, или опыт работы с дорогими светодиодными светильниками мировых производителей. Но в действительности ни первый, ни второй способ не дают 100%-ную гарантию правильности проектного решения, вероятность допустить ошибку очень велика. Проблему могли бы решить новые ГОСТы, которые регламентировали бы не только параметры продукции по пожарной безопасности

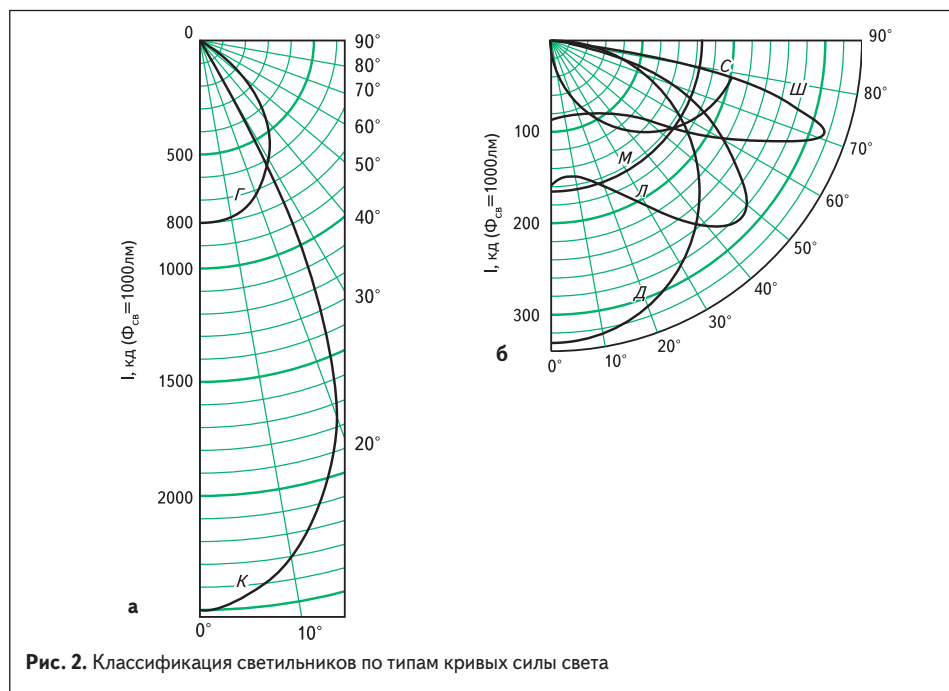


Рис. 2. Классификация светильников по типам кривых силы света

и электромагнитной совместимости, но и фотометрические и колориметрические характеристики. В 1982 г. в СССР была разработана классификация светильников по светораспределению и доле светового потока. Основные фотометрические параметры в этой классификации приведены в таблицах 1, 2. Приведенный выше ГОСТ 17677-82 актуален и сегодня, но, к большому сожалению, не является обязательным в рамках системы сертификации ГОСТ Р. К примеру, в документе можно видеть типовые кривые силы света, приведенные к световому потоку светильника 1000 лм. Если обратить на них внимание (рис. 1, 2), то можно увидеть, что производящиеся сегодня светильники имеют светораспределение, несущественно отличающееся от принятых в 1982 г. стандартов. Светодиоды, как правило, обладают специфическим распределением света, и сформировать и изготовить светильник со стандартизированной кривой силы света сложно: необходимо применять оптику или решать эту проблему с помощью геометрии корпуса светильника, обеспечивающей необходимое пространственное распределение силы света. Естественно, использование оптики снижает эффективность устройства, а сделать корпус со сложной геометрией — довольно трудоем-

кий процесс. В этом случае придется перестраивать производство. При выборе светодиодного светильника инженеру необходимо учесть все параметры, приведенные выше. И только после этого вероятность ошибиться в количестве и правильной расстановке светильников будет минимальна. Для проектирования офисного освещения в подавляющем большинстве случаев используют люминесцентные светильники 4/18 Вт на основе ламп Т8, что является стандартом для проектов. Используя более совершенные лампы Т5 с потреблением 14 Вт, можно достичь примерно 20%-ной экономии электроэнергии, но стоит обратить внимание на данные таблицы 3. В таблице 3 приведены характеристики ламп мощностью 18 и 14 Вт, их световой поток практически одинаковый, но при изменении температурного режима лампы Т5 поток увеличивается. У люминесцентных ламповых светильников есть очень большие проблемы — они не переносят циклов включения/выключения. Срок службы лампы напрямую зависит от количества включений. Для ламп Т5 актуальна проблема перегрева и обеспечения рекомендованных тепловых режимов. Все это ограничивает их использование совместно с си-

Таблица 3. Характеристики люминесцентных ламп, заявленные производителем

Мощность лампы	Коммерческое наименование продукта		Индекс цветопередачи (Ra)		Цвет	Световой поток лампы (лм)	
	Philips	Osram					
Люминесцентные трубчатые лампы (Т8) диаметром 26 мм							
18 Вт	TL-D 18W/33-640	L 18 W/640	60	69	холодный, белый	1200	
	TL-D 18W/54-765	L 18 W/765	70	79	холодный, дневной свет	1050	
	Master TL-D Super 80 18W/840	L 18 W/840	80	89	холодный, белый	1350	
Люминесцентные трубчатые лампы (Т5) диаметром 16 мм							
14 Вт	Master TL5 HE Super 80 14W/840	FH 14W/840 HE	80	89	холодный, белый	t = 35 °C	t = 25 °C
						1350	1200

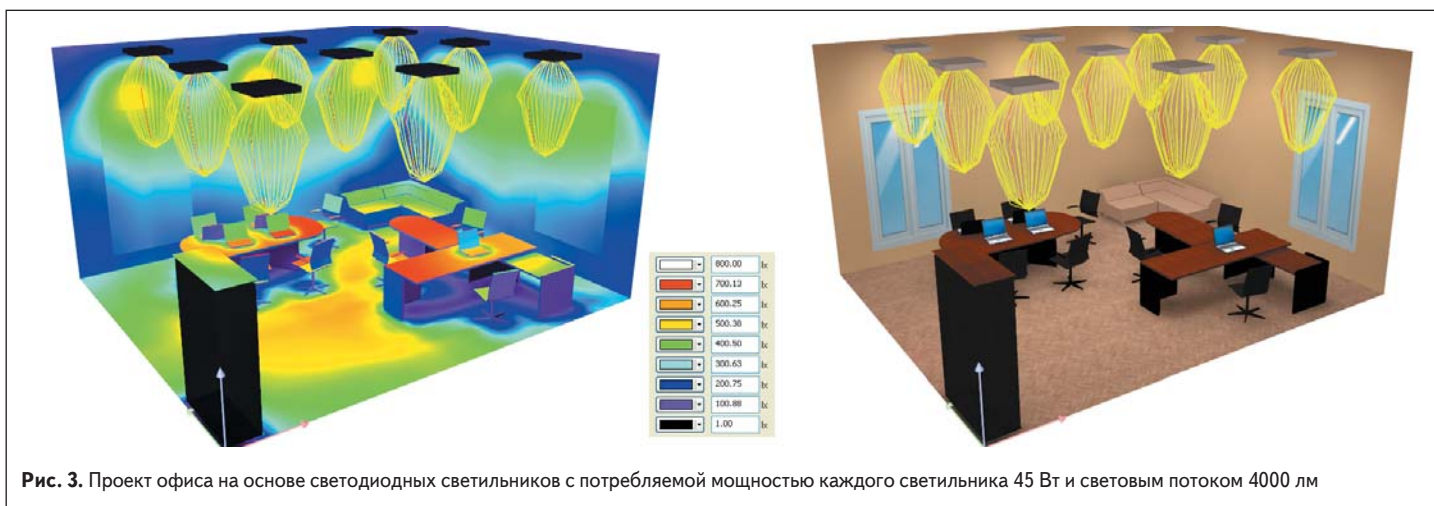


Рис. 3. Проект офиса на основе светодиодных светильников с потребляемой мощностью каждого светильника 45 Вт и световым потоком 4000 лм

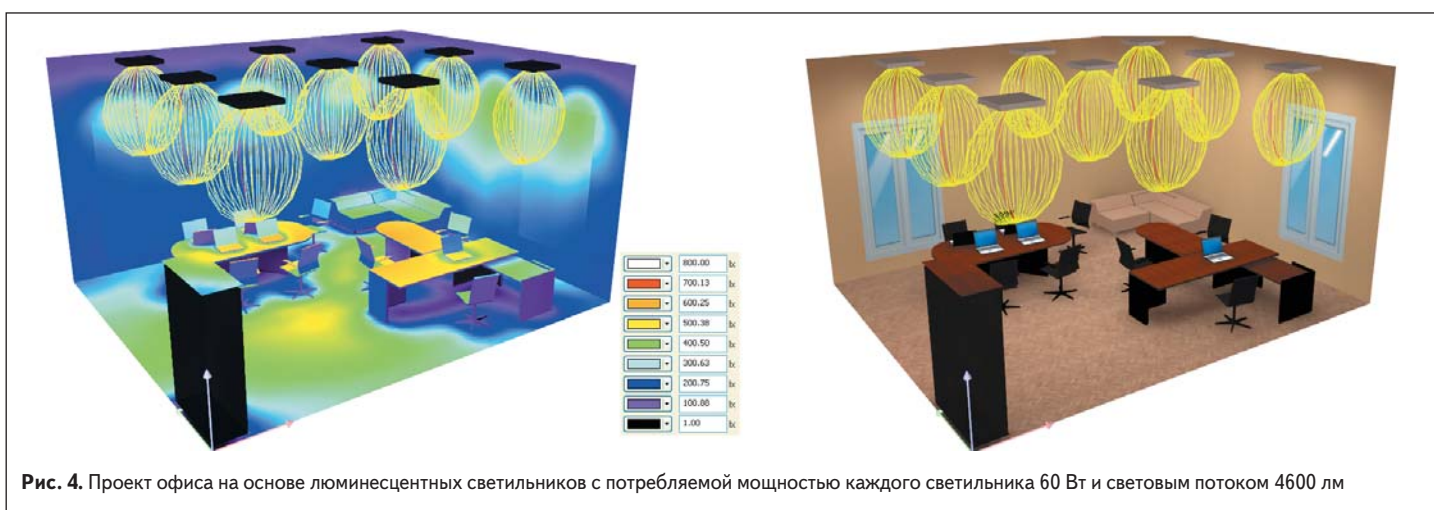


Рис. 4. Проект офиса на основе люминесцентных светильников с потребляемой мощностью каждого светильника 60 Вт и световым потоком 4600 лм

Таблица 4. Сравнение стоимости владения светильником

Тип лампы	Люминесцентная лампа	LED
Количество светильников, шт.	9	9
Потребление электроэнергии, Вт	60	36
Часов работы в год, ч	4000	4000
Стоимость кВт/ч электроэнергии, руб.	3,00	3,00
Средний срок службы лампы, ч	8000	60000
Цена светильника (за период работы светильник меняется 3 раза, средний срок службы 5 лет, стоимость 1200 руб.), руб.	3 600,00	6 000,00
Цена лампы (в светильники 4 лампы Т5, средняя стоимость 100 руб.), руб.	400,00	1,00
Стоимость замены ламп, руб.	50,00	1,00
В расчете на 1 светоточку		
Стоимость электроэнергии в год, руб.	720,00	432,00
Стоимость лампы в год, руб.	200,00	0,07
Стоимость замены ламп в год, руб.	25,00	0,07
Полные годовые затраты, руб.	945,00	432,13
		-512,87
В расчете на всю установку		
Стоимость выделенной мощности и расходов на транспортировку	27 000,00	16 200,00
Стоимость работ по замене светильника за период эксплуатации, руб.	900	1
Стоимость электроэнергии в год, руб.	6 480,00	3 888,00
Стоимость лампы в год, руб.	1 800,00	0,60
Стоимость замены ламп в год, руб.	225,00	0,60
Полная стоимость установки, руб.	63 900,00	70 201,00
Полные годовые затраты, руб.	9 405,00	3 889,20
Экономия в расчете на один год, руб.		5 515,80

стемой управления. А вот светодиодные светильники имеют возможность управления световыми характеристиками в диапазоне от 1 до 100%. Применение системы управления способствует значительному увеличению срока службы светильника. Токковые режимы в этом случае ниже номинала, для светодиода это очень благоприятно. Использование светодиодных светильников совместно с системой управления дает возможность повысить экономии электроэнергии на 20–30% за счет снижения средней мощности потребления электроустановки в течение дня. Рассмотрим примеры проектов на люминесцентных и светодиодных светильниках (рис. 3, 4).

Как видно по цветовой палитре на левых частях рисунков, значение освещенности выше при использовании светодиодных светильников. Это результат правильно сформированного пространственного распределения силы света (желтые линии). Экономический эффект для проекта на основе светодиодных светильников при сравнении с люминесцентным проектом составит 25% потребляемой мощности. При использовании системы управления можно снизить суммарное потребление примерно на 20%. В итоге потребление светильника с учетом коэффициента использования составит 36 Вт. При использовании светодиодных светильников с системой управления можно получить экономию 40%. Это очень хороший результат,

который позволит окупить существенные первоначальные капиталовложения (ориентировочная стоимость указана в таблице 4).

В данном расчете учитывалась мощность, необходимая для подключения осветительной установки к сетям московского региона с учетом покупки и подведения к потребителю. В результате годовая экономия с учетом эксплуатационных расходов для выбранного варианта составляет 5515 руб. 80 коп.

Ключевые финансовые показатели LED:

- Дополнительные начальные инвестиции — 6 301,00 руб.
- Окупаемость дополнительных инвестиций в год — 88%.

- Период окупаемости — 13,7 месяца.

Срок окупаемости светодиодного проекта с учетом всех расходов, необходимых для запуска здания в эксплуатацию, не может быть меньше года. А если рассматривать вариант, не учитывающий расходы на покупку и подведение мощностей, то этот период значительно увеличивается. Владельцам зданий невыгодно переносить существующие системы освещения, если мощностей на объекте достаточно. Но ведь сегодня во многих регионах мощностей не хватает, поэтому гораздо проще и дешевле использовать светодиодные технологии, которые окупятся и сэкономят деньги и время, необходимые для получения разрешения на выделение

мощности. В рамках большой страны и приоритетных государственных программ эта идея может быть успешно реализована. В России за последние 20 лет не вводились в эксплуатацию новые электростанции, необходимые для обеспечения растущих потребностей в мощностях. Поэтому в Центральном регионе сегодня практически невыгодно размещать энергоемкие промышленные предприятия. Доля потребления мощностей на системы освещения составляет примерно 30% от суммарной электроэнергии, производимой в России. Решение проблемы экономии электроэнергии за счет оптимизации систем освещения позволит запустить некоторые важные производственные объекты. ●