

Марджери Коннер (Margery Conner)

Перевод: Владимир Рентюк

## Лампы T8: в поисках альтернативы

➔ Могут ли твердотельные источники освещения стать альтернативой люминесцентным осветительным приборам для целей освещения коммерческих площадей и пространства жилых помещений? В статье приведены результаты тестирования недорогих светодиодных ламп и светильников, которые могут стать альтернативой флуоресцентным лампам.



Люминесцентное освещение является крупнейшим сегментом рынка осветительных приборов в США, что делает эти приборы для производителей систем LED-освещения весьма привлекательными для потеснения путем предложения альтернативы в виде замены на производимые ими светодиодные системы. Однако, в отличие от ламп накаливания (ЛН), которые не могли выдержать конкуренции со светодиодами из-за чрезмерно неэффективного использования ими электроэнергии, современные люминесцентные лампы (ЛЛ) типоразмера T8 (или, как их еще называют, лампы дневного света) продолжали оставаться востребованными. Задача настоящего тестирования — оценка того, есть ли действительно веские причины рассматривать твердотельные источники освещения (Solid-State Lighting, SSL) как альтернативу люминесцентным осветительным приборам для целей освещения коммерческих площадей и пространства жилых помещений. Именно такие натурные испытания показывают скрытые подводные камни и позволяют оценить возможности источников света, выполненных на базе светодиодов, наряду с пониманием различий в конструкциях таких осветительных систем.

В самом деле, пока еще имеется значительное количество весьма неэффективных по причине потребления большой мощности ламп типоразмера T12 и малоэффективных ламп типа T8. Это характерно как для США, так и для всего мира. С 14 июля 2014 г. ЛЛ, которые не могут удовлетворить минимальным требованиям по эффективности в 88 или 89 лм/Вт для ламп с цветовой температурой (Correlated Color Temperature, CCT), превышающей 4500 К, запрещается как изготавливать, так и импортировать в США. Под это ограничение попадают все без исключения ЛЛ типа T12 и большинство ламп типа T8. Однако весной 2015 г. все еще можно было встретить лампы типа T12 на полках таких американских магазинов, как, например, Target (сеть розничной торговли) и Home Depot (крупнейшая сеть по продаже инструментов для ремонта и стройматериалов). Это связано с тем, что розничным сетям разрешено продавать их до проведения инвентаризации.

## Новые возможности для морально устаревших светильников

Светодиодные версии ламп типоразмера T8 уже были доступны в течение некоторого времени, но только совсем недавно их производители настолько улучшили отношение цена/производительность, что эти лампы смогли стать достойной альтернативой люминесцентному освещению. Кроме того, линейные трубчатые лампы на базе светодиодов могут обеспечить лучшее качество цвета для требовательных к его спектру коммерческих применений и торговых площадей (рис. 1). В дополнение к потенциальной экономии электроэнергии, LED-лампы типоразмера T8 могут также реагировать на управление от интеллектуальных контроллеров, что открывает новые возможности для еще большей экономии электроэнергии. Это «умное освещение» находится в шаге от того, чтобы полностью заменить ЛЛ лампами со светодиодами в коммерческих и промышленных системах освещения.

Что касается жилого сектора, то ЛЛ часто используются в неотапливаемых подсобных помещениях, например в гаражах, мастерских и сараях, где они из-за условий низкой температуры обычно включаются не сразу, а с задержкой и часто мигают. Светодиоды, напротив, включаются мгновенно, и низкая температура не влияет на их эффективность. Кроме того, используя трубчатые LED-лампы с высоким индексом цветопередачи (Color Rendering Index, CRI) и регулируемой яркостью (диммингом), можно получить заметную разницу в качестве освещения кухни, игровой комнаты или ванной, причем без наличия характерного раздражающего шума (жужжания) или мерцания.

В настоящее время уже есть достаточно широкий выбор доступных для этой цели LED-ламп и светильников. Таким образом, результаты, которые можно получить в ходе натуральных испытаний, и оценка легкодоступных для приобретения и выбора вариантов новых ламп и светильников выглядят многообещающими.

## Ретрофиты против ламп для прямой замены

Есть два различных подхода к переходу от существующих уже установленных люминесцентных светильников к светодиодам: это прямая замена ЛЛ или использование ретрофитных ламп и светильников (в данном случае retrofit — модернизация устаревших изделий путем добавления к ним новой технологии или ее свойств). В журнале *LEDs Magazine* при описании взаимозаменяемости продуктов в области освещения авторы регулярно используют термины «ретрофит» и «прямая замена» (retrofit и replacement), подразумевая те продукты, которые продаются для модернизации светильников и которые остались в наследство от эпохи ЛЛ и ЛН. Но здесь, в этом исследовании, мы будем использовать более тонкие различия в данном вопросе.

Понятие «прямая замена» подразумевает именно то, о чем оно нам говорит: это непосредственная замена ЛЛ в уже имеющемся светильнике без внесения изменений в его конструкцию. То есть вы просто извлекаете старую ЛЛ и вставляете на ее место новую светодиодную. Это кажется отличным решением, но его недостатком является то, что лампа должна должным образом работать с имеющимся в таком светильнике балластом (пускорегулирующий элемент, ПРА), включая все последствия от его наличия.



Рис. 1. LED-лампы T8 могут быть установлены во многих существующих светильниках с ЛЛ

Наиболее важная задача при разработке продукции для производителей трубчатых LED-ламп — это разработка специального драйвера. Проблема в том, что он должен работать при питании от самых различных существующих балластов для ЛЛ, причем еще и разных производителей. И здесь необходимо принять во внимание, что ПРА ЛЛ обычно имеют более короткий срок службы, чем сами LED-лампы, что может свести на нет все преимущества такой замены.

Для ретрофитных ламп типоразмера T8 требуется, чтобы перед установкой светодиодной трубки конструкция светильника была изменена. Как правило, такая модернизация требует удаления

Таблица. Технические характеристики исследованных ламп, альтернативных 48-дюймовым ЛЛ T8/T12

Параметр	Hollywood Lights	Светильник для магазинов Feit	Серия LS Cree	Серия TW типоразмер T8 Cree	InstantFit Philips	Hyperikon	ЛЛ T8
Тип лампы	Ретрофит	Светильник для магазинов	Светильник с интегрированной лампой	Прямая замена	Прямая замена	Ретрофит	Светильник T8 с балластом
ССТ, К	3700	4100	3500, 4000, 5000	2700, 4000	3000-5000	4000	3500
CRI	90-92	83	92	91 (2700 К)	83	85	78
Световой поток, лм	1900	3700	4000	1700	1500	1980	2470
Мощность, Вт	19	38	44	25	14,5	18	32
Эффективность, лм/Вт	100	97	91	68	103	110	77
Коэффициент мощности	0,97	0,98	-	-	-	0,95	-
Гарантия, лет	3, неограниченная	5	10, ограниченная	5	4	5	-
Заявленный срок службы, ч	75 000	50 000	50 000	50 000	50 000	45 000	24 000
Регулировка яркости	симисторная	нет	0-10 В	балластная	нет	нет	-
Цена, \$	27	32	127	22	25	19	3

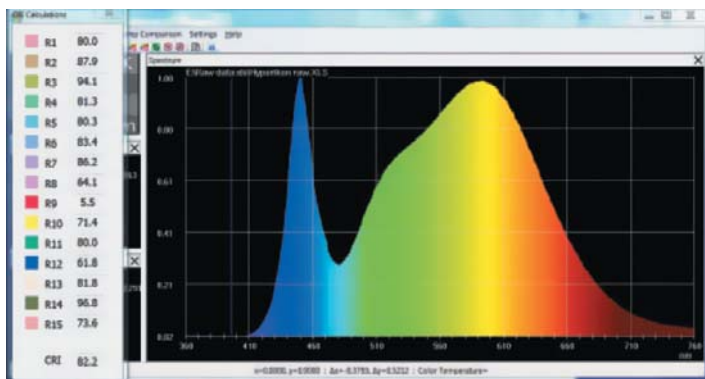


Рис. 2. Спектральное распределение мощности (SPD) LED-лампы компании Hyperikon типоразмера T8

ПРА, обеспечивая тем самым прямое подключение лампы к сети напряжения переменного тока, к которой ранее был подключен светильник. Очевидным недостатком варианта с такой модификацией светильника является то, что такой подход требует определенных затрат, усилий и знаний, необходимых для его осуществления. Преимущество же в том, что модернизированный светильник не будет снижать эффективность новой лампы, т. к. в этом случае она использует только свой собственный штатный драйвер без лишнего для нее балласта.

Имеются и другие варианты линейных LED-ламп, пригодные для освещения рабочего пространства, а также совершенно новые светильники, которые уже не относятся к категории рассматриваемых сменных ламп. В приведенной таблице суммированы спецификации различных

ламп, которые были оценены в ходе исследования. Все они являются альтернативой 48-дюймовым ЛЛЛ типоразмера T8 или T12.

### Лампы от Hyperikon

Компания Hyperikon Inc. предлагает ретрофитный тип лампы, которая требует, чтобы имеющийся флуоресцентный светильник был модифицирован путем удаления используемого в нем ранее балласта. Доработанный светильник подключается непосредственно к сети напряжения переменного тока здания. На рис. 2 показано спектральное распределение мощности (Spectral Power Distribution, SPD) такой лампы, измеренное при помощи спектрометра МК350 и обработанное с использованием программного обеспечения (ПО) MoreSpectra от компании Moreland Lighting.

Рассматриваемая лампа имеет весьма приличный показатель в части индекса цветопередачи (CRI = 82) при световом

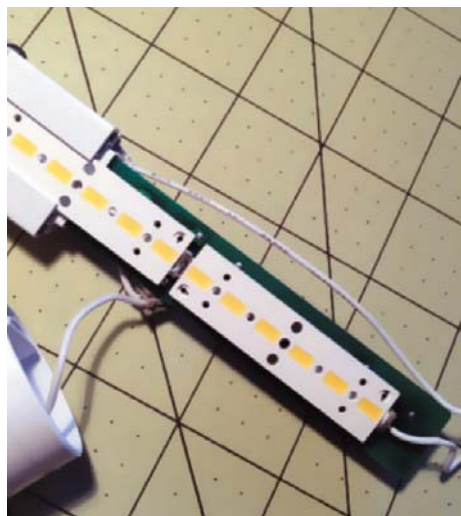


Рис. 3. Лампа типоразмера T8 компании Hollywood Lights

потоке 1980 лм и коррелированную цветовую температуру 4000 К. Главное преимущество этого источника света — цена (\$19 за лампу); по мнению автора, это самое дешевое предложение для LED-ламп из всех тех, которые оценивались.

Тем не менее, ахиллесова пята этой лампы заключается в заметной задержке ее включения. Автор считает это совершенно неприемлемым, но для тех, кто включает свет и оставляет его постоянно включенным, например в магазине или в заводских условиях, это может быть не столь критично.

### Лампы от Hollywood Lights

Лампы компании Hollywood Lights также являются ретрофитами (рис. 3). Светодиоды в лампе типоразмера T8 для надежности и высокой эффективности корпусированы в улучшенный с точки зрения теплоотдачи модуль. Они имеют CRI около 90 и значение светового потока в 1900 лм на лампу. Однако давайте более подробно рассмотрим фактические световые характеристики этого типа ламп путем сравнения их SPD с аналогичным продуктом компании Cree, который мы будем обсуждать далее (рис. 4).

SPD лампы серии LS от Cree представлен красной линией, его синий спектр является менее сильным и выраженным на более коротких длинах волн. Видно, что продукция Hollywood Lights имеет отличное качество в части цвета, вполне сопоставимое с изделиями серии LS, но только до тех пор, пока не возникает вопрос стоимости.

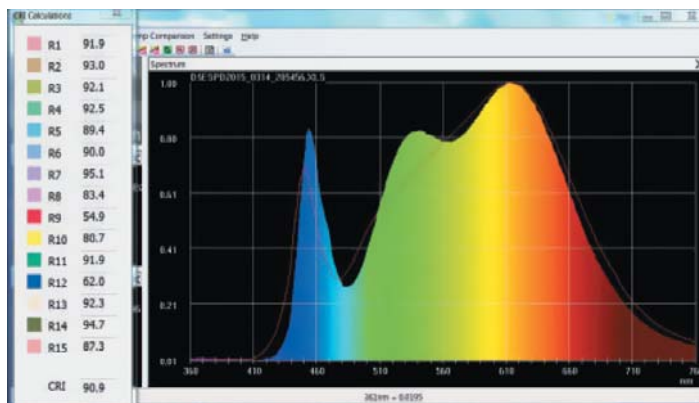


Рис. 4. Сравнение по SPD между светодиодными лампами T8 компании Hollywood Lights и лампами серии LS компании Cree

Кроме того, изделие Hollywood Lights, как оказалось, имеет уникальную для ретрофитной LED-лампы особенность: она совместима по диммингу со старым парком симисторных регуляторов освещения с фазовым управлением. При исследовании вопроса возможности регулировки яркости ламп серии LS выяснилось, что для этого требуется использовать дополнительное оборудование, формирующее управляющее напряжение 0–10 В для канала управления. То есть такая система димминга светодиодов получается в итоге дороже, что вновь привлекает внимание к простоте димминга с использованием симисторов: не надо иметь специальный отдельный канал управления для передачи информации о нужной яркости.

Давайте теперь посмотрим на то, что находится внутри ламп компании Hollywood Lights (рис. 3). Светодиоды этих ламп не являются обычными дискретными светодиодами, установленными на одной длинной и тонкой печатной плате. Вместо этого внутренние светодиоды собраны по 6 шт. в модуле, и каждый модуль является сочетанием элементов несущей конструкции и теплоотвода. Компания Hollywood Lights подала заявку на патент для такой конструкции, назвав ее Chip-on-Leadframe/Heat sink («кристалл-на-рамке», выполняющей функцию теплоотвода, CoLH). Преимущество такого подхода заключается в том, что светодиоды располагаются в гораздо более близком контакте с радиатором, что позволяет им рассеивать больше тепла и, соответственно, обеспечить большую эффективность светоотдачи (лм/Вт).

Кроме того, модули обеспечивают более надежную конструкцию в части корпусирования, так как при этом уменьшается количество необходимых для сборки конечного изделия дискретных светодиодных компонентов, а каждый дополнительный компонент в конструкции в целом повышает вероятность отказа. Модульный подход для компоновки светодиодов облегчает и сам процесс автоматизированной сборки, а также ремонтпригодность и даже модернизацию ламп. Сочетание отличного димминга, высокого CRI и разумные цены делают продукцию компании Hollywood Lights прекрасным вариантом для замены флуоресцентных ламп типоразмера T8. Из всех LED-ламп T8, которые были проверены, это, по мнению автора, самый предпочтительный вариант.

### Лампы InstantFit от компании Philips

Следующим объектом изучения была лампа InstantFit типоразмера T8 от компании Philips Lighting, представленная в 2014 г. Она являлась одной из двух «заменяемых» ламп, которые исследовались. По словам Тодда Манеголда (Todd Manegold), маркетинг-директора направления LED-ламп компании Philips, 80% существующих балластов ЛЛ — это электронные балласты с мгновенным включением, более 10% — балласты с так называемым быстрым стартом, и менее чем 5% являются балластами с диммингом. Компания Philips при разработке ламп InstantFit сознательно пошла на совместимость с большей базой уже установленных изделий, имеющих встроенные балласты с мгновенным включением и без функции регулировки яркости.

InstantFit также направлены и на замену ЛЛ, которые предназначены для использования при низких температурах окружающей среды (–30 °С). Лампы имеют номинальный средний срок службы 50 000 ч, к которому ни одна ЛЛ при таких низких температурах не может даже приблизиться. Проверка в части SPD показала, что CRI InstantFit равен 83.

Лампы Philips имеют относительно высокую эффективность, но общий световой поток, который они могут пока предложить, составляет всего лишь 1600 лм. Это самый низкий показатель из всех проверенных автором ламп. Далее будут рассмотрены те различия, которые можно ожидать в части светового потока трубчатых LED-ламп по сравнению с трубчатыми ЛЛ, потому что показатель светового потока

не обязательно является столь критичным параметром.

### Серия светодиодных ламп TW типоразмера T8 от Cree

Как и InstantFit от Philips, LED-лампы серии TW типоразмера T8 от Cree являются лампами прямой замены. То есть они могут быть установлены в существующие конструкции люминесцентных светильников со встроенным балластом без необходимости внесения изменений в конструкцию. Это совершенно новые устройства, их не следует путать с оригинальной лампой прямой замены типоразмера T8, которую Cree представила год назад (эта лампа больше не будет поступать в продажу).

Новый продукт представляет собой цилиндрическую трубу — в отличие от эллиптической трубы своего предшественника, который, кроме того, имел еще и литой алюминиевый теплоотвод вдоль всего корпуса. Новая версия полностью выполнена из пластика и светонепроницаема со стороны, обращенной к светильнику, на который она устанавливается. Были протестированы версии этого устройства с цветовой температурой 2700 и 4000 К, и каждая из них обеспечивала превосходное качество света. Глядя на оба графика представления SPD, можно сказать, что качество света для обеих цветовой температур является превосходным. На рис. 5 приведена спектральная характеристика лампы в версии 2700 К. Новые лампы серии TW типоразмера T8 от Cree обеспечивают отличное спектральное распределение мощности и качество света для цветовой температур 2700 и 4000 К.

Чтобы выявить и выдвинуть на первый план различия в спектральных характери-

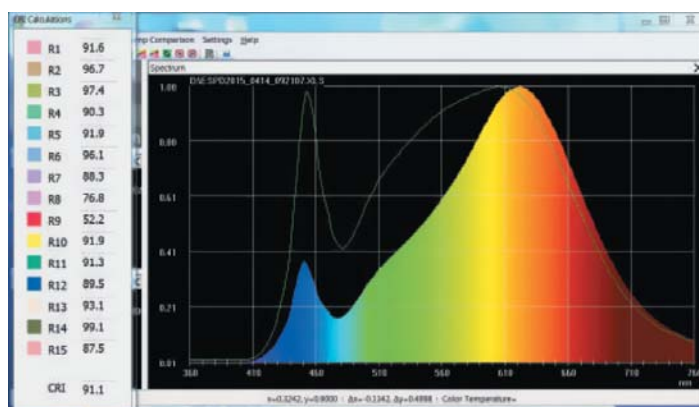


Рис. 5. SPD лампы серии TW типоразмера T8 от Cree

стиках двух рассматриваемых изделий Cree, снова были использованы возможности ПО MoreSpectra для наложения спектра. На рис. 5 зеленая линия показывает контур спектра от источника с цветовой температурой 4000 К. Как вы можете убедиться сами, синий намного менее явно представлен в спектре источника с цветовой температурой 2700 К, но все же их индекс R12 (синий) фактически оказался выше, чем у версии 4000 К, и источник света с 2700 К имеет более высокий индекс CRI, равный 91, что невозможно было бы обнаружить при анализе только лишь SPD. Как вывод, для правильного понимания спектра всего источника света в целом необходимо уточнять индивидуальные значения показателей Ra.

Световой поток лампы от Cree определен в 1700 лм. Давайте теперь посмотрим на различия в световом потоке, заявленном для ЛЛЛ, по его отношению к LED-лампам типоразмера T8. Как известно, световой поток определяется как вся излучаемая световая мощность лампы в полной сферической модели. Так как лампы дневного света излучают свет во всей области в 360°, мы получаем высокий показатель в люменах, даже притом, что для большинства светильников свет, испускаемый лампой со стороны, направленной на элементы крепления (прежде чем он попадет на поверхность, которую мы фактически хотим иметь освещенной), сначала должен отразиться от поверхности светильника. Это неизбежно влечет за собой оптические потери, свойственные каждой конкретной конструкции светильника в целом.

Напротив, LED-лампы, составленные из направленных светодиодов, не тратят впустую свет, направляя его «вверх»: практически все световое излучение идет «вниз». Вот почему,



Рис. 6. Лампы серии TW компании Cree

даже притом, что трубчатые ЛЛЛ показывают более высокое значение светового потока, трубчатые LED-лампы могут обеспечить больше полезного освещения именно для рабочей поверхности.

Итак, что находится внутри новой лампы, предлагаемой компанией Cree (рис. 6)? Самое очевидное внешнее изменение в этой лампе — отсутствие алюминиевого основания для отвода тепла, как это было в предшествующем проекте данной лампы, а это уже явное и существенное снижение стоимости. Внешний корпус новой лампы представляет собой цельную пластмассовую трубку. В лампе применяются только дискретные электронные компоненты без использования микросхемы управления питанием. Обе лампы серии TW от Cree демонстрируют превосходное спектральное распределение мощности светового потока и высокий CRI.

Кроме того, количество светодиодов в новой лампе было уменьшено со 120 в старой версии до 80. Поэтому также имеет смысл обсудить особенности светодиодов, использованных в новой лампе от Cree. В более раннем продукте устанавливались светодиоды типа XLamp XH-B LED. Компания была сторонником использования герметических защищенных мощных корпусированных светодиодов, а не светодиодов средней мощности, предназначенных для общих приложений.

Но светодиоды, показанные на рис. 6, это не светодиоды для систем освещения, которые имеются в портфеле собственной продукции Cree. Возможно, эти светодиоды средней мощности были предоставлены компании ее новым партнером Lextar, о чем было объявлено в августе 2014 г. Кроме того, использование корпусированных светодиодов средней мощности может позволить уменьшить стоимость конечного изделия.

Оригинальная лампа Cree типоразмера T8 имела световой поток в 2100 лм. При использовании в ней 120 светодиодов простой расчет показывает, что каждый светодиод давал 17,5 лм, в то время как при световом потоке в 1700 лм у новой лампы ее 80 светодиодов дают уже по 21 лм на единичный излучатель. Новое изделие имеет меньший общий световой поток, но при этом имеет и увеличенное на 21% отношение лм/светодиод относительно первоначальной версии лампы. Компания Cree, очевидно, верит, что рынок примет более низкий уровень светового потока ламп, и уменьшает количество светодиодов в расчете на одну

лампу, комбинируя это уменьшение с одновременным увеличением светового потока от каждого единичного излучателя.

В то время как Cree специфицирует свою новую лампу как лампу, потребляющую мощность «всего 18,5 Вт», с балластом, который был использован для испытаний (обычный балласт Philips Advance общего применения), общая мощность, потребляемая светильником, оказалась равной почти 49 Вт, или 25 Вт на лампу. Это относительно большое потребление мощности является наследством от конструкции флуоресцентного светильника. На вопросы, какой балласт обыкновенно использует компания для испытаний и как они получили значение мощности потребления в 18,5 Вт на лампу, ответа не последовало.

С недавних пор LED-лампы ассоциируются в умах большинства потребителей с высокой энергетической эффективностью (КПД). Однако, по крайней мере в комбинации LED-светильника и старого балласта, он может оказаться ниже, чем он был ранее с экономной ЛЛЛ. Это видно на примере использования лампы Cree с меньшей потребляемой мощностью, чем заменяемая ею флуоресцентная лампа. Как можно видеть, общий КПД такого светильника оказался ниже.

Почему многие хотят любой ценой заменить свои эффективные ЛЛЛ даже на менее эффективные LED-лампы? Ответ прост. Если вы — домовладелец и пользуетесь люминесцентным освещением на кухне или в ванной, то высококачественные LED-лампы будут для вас сильным соперником благодаря их высокому CRI и широкому спектру. К таким показателям, определяющим качество освещения, их люминесцентные конкуренты не могут даже приблизиться. А если вы рассматриваете такую замену для предприятий розничной торговли, то ваши клиенты будут намного более счастливыми, поскольку они уже не будут казаться себе похожими на обитателей склепа, как это было ранее в оттенках холодного синего и зеленого.

### Лампы для освещения магазинов от Feit Electric Company

48-дюймовые лампы компании Feit для освещения торговых площадей (рис. 7) продаются, насколько автору известно, только сетью Costco (Costco Wholesale Corporation — крупнейшая в мире сеть складов самообслуживания клубного типа). Лампы для освещения торговых площадей компании

Feit выглядят так же, как и привычные для потребителей ЛЛ, но светильники не предусматривают замену ламп пользователем. Освещение торговых площадей отличается от типичного освещения люминесцентными светильниками в части того, что вместо постоянного подключения к системе питания здания они имеют свой собственный шнур подключения со стандартной вилкой, позволяющий воспользоваться обычной сетевой розеткой. Системы освещения в торговых точках являются хорошим кандидатом для использования LED-освещения: пропадает необходимость возиться с проводкой здания при модернизации системы освещения, как это происходит при использовании ретрофитных ламп, т. е. уже не надо «заморачиваться» проблемами балласта при замене устаревшего освещения на LED-лампы типоразмера T8. Для светильников компании Feit нет надобности поддерживать, казалось бы, бесконечное множество балластов — тех же Philips InstantFit, как это приходится делать при инсталляции ламп серии TW компании Cree.

Компания Feit продает свои светильники по очень разумной цене в \$38. Они дают световой поток в 3700 лм при индексе CRI, равном 83, потребляя всего 38 Вт мощности. Это достаточно выгодно, если сравнить в эквиваленте с двумя ЛЛ типоразмера T8. На первый взгляд кажется, будто рассматриваемый светильник имеет две сменные лампы, но на самом деле они являются неотъемлемой частью прибора и не могут быть заменены. Некоторых потребителей, похоже, смущает отсутствие в этих светильниках сменных ламп, о чем указывается на веб-сайте сети Costco. Но компания Feit (предположительно) пока продвигает эту лампу с целью изучения на нее реакции потребителя.

Если приглядеться к светильнику, можно слышать слабое жужжание, но оно перестает быть слышимым, когда светильник установлен под потолком. График распределения спектра SPD показывает, что изделия компании Feit более подходят для использования в гаражах или магазинах (рис. 8).

Значение коэффициента R9 (красный) в CRI, равное 12, может показаться не очень высоким, однако ЛЛ, используемые в магазинах, часто вообще имеют отрицательное значение R9. На другом конце спектра мы видим, что коэффициент R12 (синий) является весьма внушительным, он равен 67. Общий индекс цветопередачи рассматриваемого светильника равен 83, что намного выше и лучше того, что можно получить в настоящее время от ЛЛ. Так что в плане качества света лампы компании Feit свою задачу для целей освещения торговых площадей выполняют вполне успешно.

Как уже говорилось ранее, лампы от Feit — это несменные трубки. На самом деле это весьма хороший дизайнерский ход. Делая лампы неотъемлемой частью светильника, компания Feit может в полной мере воспользоваться преимуществами большого срока службы светодиодов. Поэтому здесь нет необходимости иметь сменные элементы, если они не являются уже самым слабым звеном в системе. Каждая лампа содержит в себе длинную, выполненную на металлической основе несущую печатную плату, на которую установлены 60 светодиодов средней мощности.

В светильниках компании Feit для подключения драйвера к печатной плате используются контактные соединители, а не ручная пайка, которая, как правило, является более надежным вариантом. Светодиоды установлены непосредственно



Рис. 7. Лампы для освещения торговых площадей Feit

на печатную плату, в отличие от использования LED-модулей, как это имеет место в лампах компании Hollywood Lights, описанных ранее. Подход компании Hollywood Lights является более надежным и более практичным с точки зрения изготовления, в то время как вариант конструкции компании Feit, как правило, является более дешевым. Но лампы от Feit, в конце концов, это системы для недорогого освещения торговых площадей, в то время как лампы от Hollywood Lights — это светильники с высоким CRI и диммигом для использования в жилых помещениях. В общем, оба этих подхода являются пригодными именно для их конкретной области применения.

### Лампы серии LS от Cree для освещения окружающей поверхности

Последним светильником, который мы рассмотрим в этой статье, является линейная LED-лампа. Она не относится ни к лампам для прямой замены, ни к ретрофитам. Это совершенно новый прибор (рис. 9), который предназначен именно

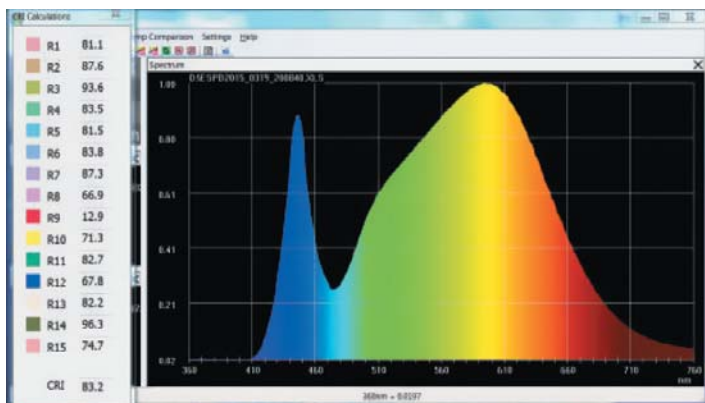


Рис. 8. SPD светильника компании Feit



Рис. 9. Линейный светодиодный светильник серии LS от компании Cree

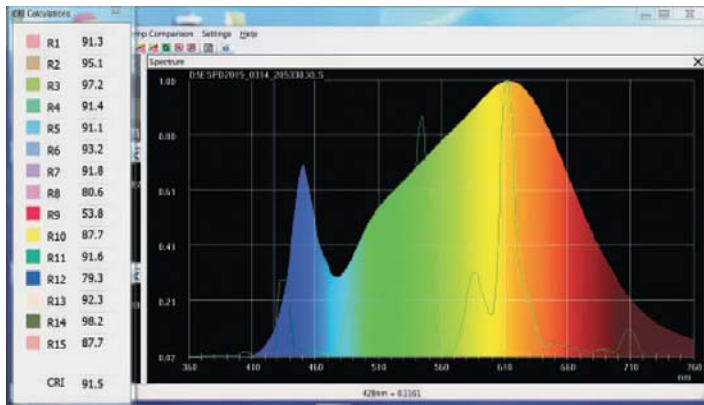


Рис. 10. Распределение спектра SPD в излучении светильников серии LS от Cree

для освещения окружающих поверхностей. Линейный LED-светильник серии LS от компании Cree является интегральной конструкцией и предназначен для освещения элитных жилых помещений и ответственных коммерческих приложений. Лампа производит световой поток в 4000 лм с индексом CRI, равным 92, и имеет опцию регулировки яркости путем подачи на нее стандартного для промышленных систем управляющего напряжения в пределах 0–10 В.

Как можно видеть на рис. 9, сам по себе светильник довольно узкий, но он производит количество света, эквивалентное гораздо более габаритным светильникам с двумя ЛЛ. Источник света и светораматура светильника являются взаимно интегрированными, поэтому лампы здесь незаменимые и не собирают пыль.

Наличие несъемного рассеивателя света делает обслуживание такого светильника необязательным. Кроме того, светильник поставляется с гарантией в 10 лет, что, несомненно, большой плюс для любого нового продукта на рынке систем освещения.

Чтобы показывать фотографию внутреннего устройства этого LED-источника, пришлось бы разломать и, тем самым, лишиться гарантии от компании-изготовителя. Но его стоимость составляет \$127, что слишком много для превращения прибора в мусор. По субъективному мнению автора, этот светильник в версии с цветовой температурой 3500 К выглядит просто великолепно. Особенно хорошо он передает все оттенки кожи и прекрасно подходит для замены устаревших светильников с ЛЛ типоразмера T12 в ванной комнате, где (на взгляд

женщины) весьма важно отличное качество освещения. Но реальным доказательством качества этого светильника является его спектрограмма (рис. 10). Распределение спектра SPD в излучении светильников серии LS компании Cree явно демонстрирует значительное преимущество того, что могут предложить светодиоды при замене флуоресцентных источников.

Приведенная диаграмма подтверждает заявление компании Cree о присутствии в ее продукте высокого CRI, который находится на уровне 91. Но более глубокое понимание качества света дает анализ коэффициентов Ra. Так, R9 (красный) для этого источника равен 53, а R12 (синий) — 79, это намного лучше того, что могут дать ЛЛ, и эти показатели говорят больше, чем просто сам по себе индекс CRI.

\*\*\*

Приведенные в статье результаты частного исследования ясно дают понять, что на данный момент развития LED-технологий эволюция систем освещения на базе твердотельных источников света уже предлагает эффективную замену устаревшей люминесцентной технологии. В некоторых случаях использование SSL в качестве альтернативы традиционным источникам света может дать дополнительную экономию электроэнергии, а в большинстве случаев и обеспечить улучшение качества освещения — естественно, тогда, когда потребители тщательно и осознанно выбирают такие продукты. ●