

Лаура Питерс (Laura Peters)

Светодиодные лампы типа T8:

сравнение ламп прямой замены и ламп с исключенным ПРА

В статье обсуждаются вопросы, связанные с тем, какие фотометрические и электрические характеристики, а также какие финансовые соображения препятствуют замене линейных люминесцентных ламп светодиодными, включая как лампы прямой замены, так и лампы, требующие модификации проводки.

За последние месяцы в ассортименте целого ряда производителей появились так называемые линейные светодиодные лампы прямой замены (plug-n-play), которые устанавливаются в цоколи люминесцентных ламп без модификации проводки (рис. 1). Такие решения дороже, но проще в установке, чем линейные светодиодные лампы, требующие демонтажа пускорегулирующего аппарата и прямого подключения к сети переменного тока (ballast-bypass), т. е. выполнения задач, которые целесообразно поручить квалифицированному электрику. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки. И тот, и другой обходятся существенно дешевле, чем замена всей осветительной арматуры.

В этой статье приводятся технические и финансовые соображения, касающиеся установки светодиодных линейных ламп прямой замены и ламп с исключенным пускорегулирующим

аппаратом (ПРА) в офисах, школах, розничных магазинах и больницах. Затрагиваются также проблемы электрической безопасности, поднимаемые в связи со светодиодными линейными лампами. Особо следует обратить внимание на перечень характеристик при покупке ламп данного типа.

Люминесцентные и светодиодные лампы: прошлое и настоящее

По оценкам компании Philips, в настоящее время по всему миру установлено 12 млрд люминесцентных ламп. В 2010 г. Министерство энергетики США оценило количество установленных в США люминесцентных светильников почти в 1 млрд, из которых 60% составляли лампы типа T8 (трубчатые, диаметром 1 дюйм, или 26 мм). Люминесцентные светильники с лампами типа T8 широко распространены в школах, больницах, продуктовых магазинах, на складах и в офисах как на территории США, так и в других частях света.

В продовольственных магазинах и розничных гипермаркетах для освещения холодильных витрин в последнее время довольно часто стали использовать светодиодные заменители люминесцентных ламп (<http://bit.ly/1vZ7nqz>). Это идеальная сфера для применения линейных светодиодных ламп, поскольку светодиоды служат дольше при низких температурах и, в отличие от люминесцентных ламп, не излучают тепло, позволяя дополнительно экономить на охлаждении. А так как для владельцев продовольственных магазинов чрезвычайно важны сроки установки, витринное освещение — основная область применения линейных светодиодных ламп прямой замены.

Несмотря на успех линейных светодиодных ламп в данной конкретной области, в целом они с трудом конкурируют с люминесцентными лампами вследствие относительно высокой световой отдачи (90 лм/Вт), долговечности (30 000 ч) и дешевизны последних. В условиях, когда стоимость люминесцентных ламп составляет \$3 за штуку, а светодиодных — \$30 и более за штуку, светодиодные лампы должны выдавать свет сравнимого качества при значительно более высокой энергоэффективности, чтобы они оку-

пались в разумный срок. Благодаря устойчивому совершенствованию характеристик полупроводниковой светотехники линейные светодиодные лампы стали более конкурентоспособными в отношении качества света и световой отдачи. Вместе с тем, как указано в недавней серии отчетов Caliper Министерства энергетики США (отчеты 21, 21.1, 21.2 и 21.3), не все светодиодные лампы одинаково хороши, и их следует оценивать применительно к конкретному случаю. В начале отчета 21 приводится исследование фотометрических характеристик линейных светодиодных ламп 31 типа, реализованных в конце 2012 — начале 2013 г., а также дается сравнение их с люминесцентными лампами номинальной мощностью 32 Вт. По результатам испытаний всего восемь светодиодных ламп были признаны соответствующими требованиям консорциума DesignLights (DLC) к световой отдаче (выше 100 лм/Вт) и световому потоку (выше 1600 лм) ламп без дополнительного оснащения. Лишь у одной лампы световой поток оказался сравнимым со световым потоком 32-Вт люминесцентной лампы (3126 лм), как показано на рис. 2 (<http://bit.ly/UiceFL>). В отчетах 21.1 и 21.2 оценивались характеристики 31 типа линейных светодиодных ламп, смонтированных в световых полосах типа K12 с линзами, а затем характеристики трех типов ламп в пяти различных типах световых полос. На световой поток и распределение силы света светильника с линейной светодиодной лампой влияет целый ряд факторов, в том числе световой поток и распределение силы света самой лампы, свойства баллона (прозрачный или диффузный) и тип световой полосы.

В призматической световой полосе K12 с линзой у 10 испытываемых светодиодных ламп световой поток оказался сравним с обеспечиваемым люминесцентными, у одной лампы он был даже выше, а у остальных 20 — ниже. Более высокая эффективность была получена в световых полосах типа K12 с линзами и параболическими рефлекторами, а в монтируемых заподлицо световых полосах отраженного света эффективность светодиодных ламп падала до уровня более низкого, чем у люминесцентных, за исключением ламп с широким углом излучения (рис. 3). Кроме того, в отчетах серии Caliper отмечалось, что наблюдатели оказывали предпочтение светодиодным лампам с диффузными, а не прозрачными баллонами, причем по распределению силы света такие лампы оказываются ближе к люминесцентным, что также более предпочтительно.



Рис. 1. Установить светодиодную лампу прямой замены — например, из ассортимента Philips Lighting — не сложнее, чем заменить обыкновенную лампочку

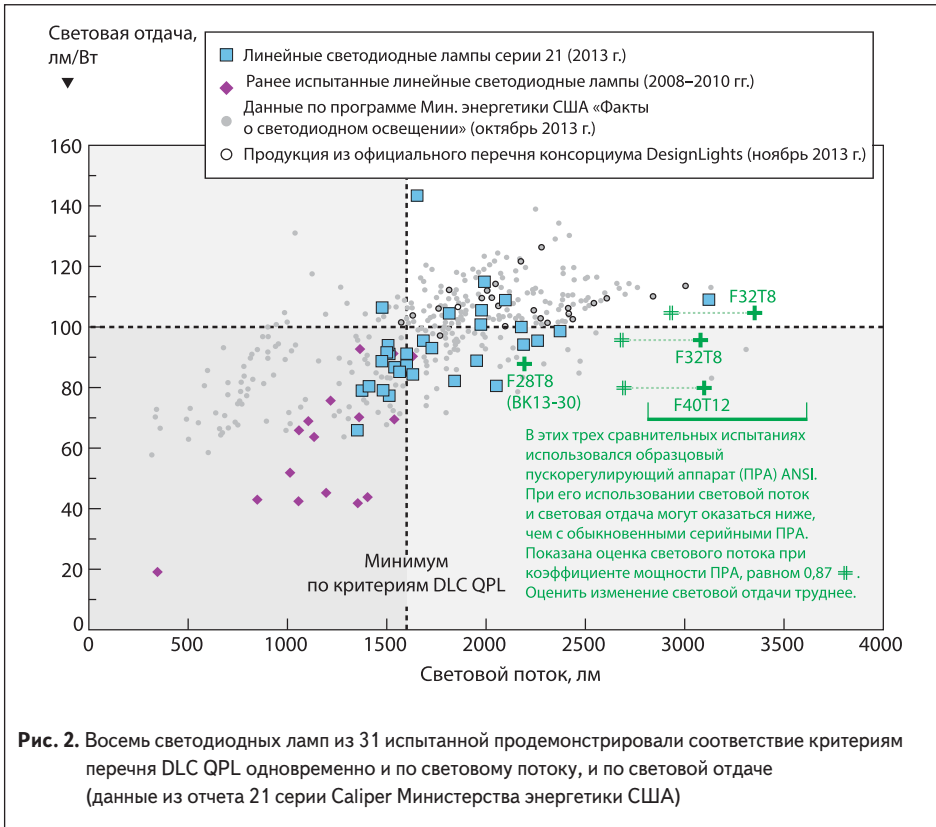


Рис. 2. Восемь светодиодных ламп из 31 испытанной продемонстрировали соответствие критериям перечня DLC QPL одновременно и по световому потоку, и по световой отдаче (данные из отчета 21 серии Caliper Министерства энергетики США)

Что такое «лампа прямой замены?»

Широкие рыночные перспективы побуждают производителей светотехнической продукции спешно выводить на рынок новые изделия, в том числе так называемые «лампы прямой замены». Под «прямой заменой» подразумевается следующее: питание выключается, люминесцентная лампа извлекается из светильника, вместо нее вставляется светодиодная лампа с таким же двух-

штырьковым цоколем (G13), затем питание включается, и светодиодная лампа сразу начинает работать. Производители линейных светодиодных ламп типа T8 с длиной 1,2 м усердно трудятся над тем, чтобы воспроизвести следующие характеристики люминесцентных ламп того же размера с номинальной мощностью 32 Вт: световой поток 1600–2000 лм, световая отдача более 90 лм/Вт, индекс цветопередачи более 80 при цветовых температурах теплого (3000, 3500 К) и естественного (4000 К) белого света,

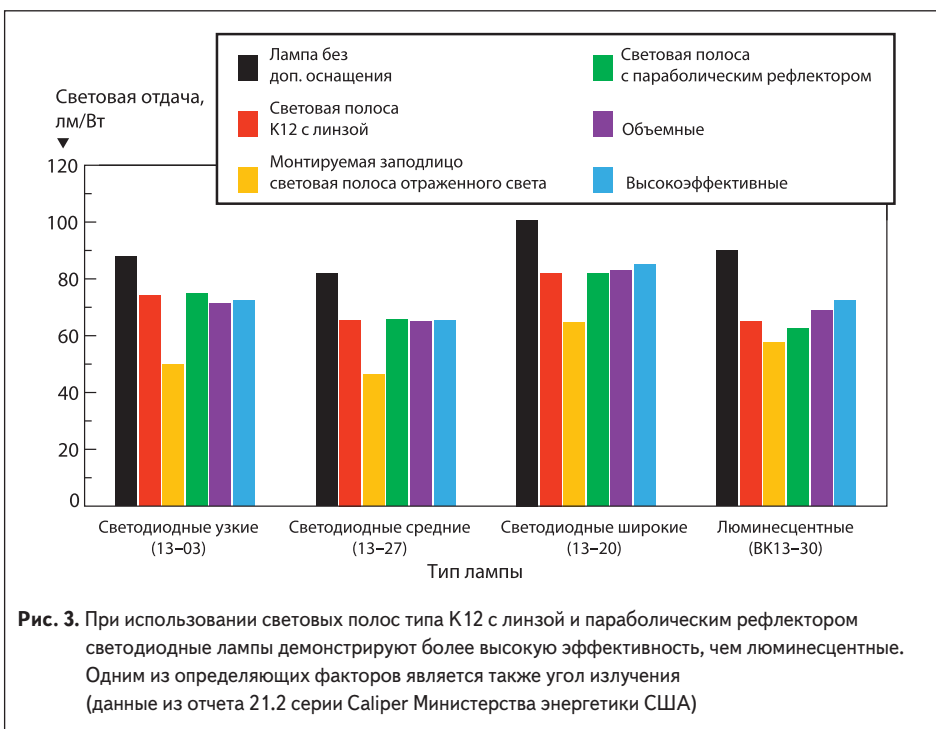


Рис. 3. При использовании световых полос типа K12 с линзой и параболическим рефлектором светодиодные лампы демонстрируют более высокую эффективность, чем люминесцентные. Одним из определяющих факторов является также угол излучения (данные из отчета 21.2 серии Caliper Министерства энергетики США)

а также достаточно широкий угол излучения для равномерного распределения света.

«Мы не хотим, чтобы при испытании наших ламп отдельно или в световых полосах потребители получали свет худшего качества или меньшей яркости; наша цель — чтобы свет от наших ламп был таким же или даже лучше», — объясняет Джеф Хангартер, менеджер по товарному ассортименту компании Cree.

Недавно компания Cree выпустила серию светодиодных ламп LED T8 со световым потоком 2100 лм, мощностью 21 Вт, индексом цветопередачи 90 и углом излучения 220°.

Эти лампы имеют слегка овальную форму (рис. 4), вследствие чего часть света излучается вверх (так же, как это происходит у люминесцентных ламп). Их предлагают в двух модификациях с цветовой температурой 3500 и 4000 К. Мотивы, которыми руководствовалась компания, приступая к разработке линейной светодиодной лампы прямой замены, г-н Хангартер разъясняет так: «Многие потребители искали простое решение для замены люминесцентных ламп, которое бы не требовало простоя на время установки, окупалось бы в трехлетний срок и при этом обеспечивало бы лучшее качество света и цветопередачи». Благодаря своим характеристикам и пятилетнему гарантийному сроку светодиодные лампы Cree серии LED T8 отвечают требованиям DLC, что предоставляет право на ретроспективные скидки от многих региональных поставщиков электроэнергии.

Производители светодиодных ламп прямой замены

Кроме Cree, еще несколько компаний выпускают линейные светодиодные лампы прямой замены, а именно: Alite, Kumho Electric USA, Luxul Technology, Philips Lighting и Raise Energy Solutions. Причем число производителей таких ламп постоянно растет.



Рис. 4. Линейные светодиодные лампы прямой замены серии LED T8 компании Cree имеют световой поток 2100 лм при индексе цветопередачи 90

Компания Alite Co. Ltd. предлагает светодиодную лампу прямой замены LED-Tube3 с потребляемой мощностью 20 Вт и световым потоком 1850 лм при цветовой температуре 3000 К или 2000 лм при цветовой температуре 4000, 5000 и 6500 К. Индекс цветопередачи этой лампы превышает 80, а угол излучения равен 180°. Баллон — прозрачный, матовый или со светорассеивающими полосами.

Компания Kumho Electric USA производит линейные светодиодные лампы прямой замены Earthcare LED T8, совместимые с электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА) мгновенного пуска. Эти лампы имеют световой поток 2500 лм, потребляемую мощность 22 Вт и угол излучения 110°. Они выпускаются в модификациях с цветовой температурой 3500, 4100 и 5000 К.

По словам Джеймса Пэна (James Pan), занимающего должность CEO компании Luxul Technology, одна из главных трудностей при разработке линейных светодиодных ламп прямой замены состояла в том, чтобы обеспечить высокое качество света при использовании универсально совместимого встроенного драйвера: «Чтобы лампа была совместима с большинством выпускаемых электронных и электромагнитных ПРА, необходимо было разработать драйвер, который бы интерпретировал протокол работы ПРА и передавал соответствующий сигнал на лампу». Как утверждает компания Luxul, для ее ламп подтверждена совместимость более чем с 2 тыс. типов серийно выпускаемых ПРА. Лампы Luxul EasyLux T8 имеют световой поток 1850–1950 лм, потребляемую мощность 17 Вт и световую отдачу 109–115 лм/Вт при индексе цветопередачи 85 и цветовой температуре от 3000 до 6500 К.

На что обращать внимание при покупке линейных светодиодных ламп

- Есть ли у лампы соответствующие сертификаты, например UL/cUL, RoHS, CE, CCC (KHP) и т. д.?
- Может ли поставщик предоставить протокол испытаний лампы по стандарту IES LM-79?
- Если лампа будет эксплуатироваться на открытом воздухе или в промышленных условиях, то следует убедиться, что она имеет степень защиты IP6X, а также что лампа и ПРА рассчитаны на соответствующие условия эксплуатации.
- Каков возраст компании? Как долго она занимается производством линейных светодиодных ламп?
- Предоставляет ли поставщик возможность испытать лампы в составе проектируемого изделия? Если требуется регулировать яркость, следует проверить лампы на предмет мерцания при регулировании яркости.
- Входит ли рассматриваемая модель в перечень продукции, удовлетворяющей критериям консорциума DesignLights (DLC QPL)? Если да, на какие ретроспективные скидки можно рассчитывать?
- Каковы сроки и условия гарантии на продукт?

Проблемы использования ПРА

Г-н Пэн полагает, что, хотя электромагнитные и гибридные ПРА нередко и рассматриваются как устаревшие, применяющие постепенно выходящие из обихода технологии, все же при очень низких температурах они служат значительно дольше электронных. Кроме того, он добавляет: «Например, в жестких условиях эксплуатации на сильном холоде электронные ПРА подчас требуют замены уже через год, а электромагнитные или программируемые с магнитным сердечником могут прослужить 10 лет. Помимо того, с электромагнитным или программируемым ПРА и светодиодной лампой можно достичь световой отдачи около 90 лм/Вт в зависимости от конфигурации нагрузки».

Philips InstantFit LED T8 — это лампа прямой замены, совместимая с ЭПРА мгновенного пуска, которые, как утверждает производитель, составляют 80% от общего числа уже установленных ЭПРА. Лампа InstantFit имеет потребляемую мощность 14,5 Вт, световой поток 1500–1650 лм при цветовой температуре 3000, 3500, 4000 и 5000 К, индекс цветопередачи 83 и угол излучения 160°.

Компания Raise Energy Solutions производит линейную светодиодную лампу прямой замены мощностью 18 Вт со световым потоком 1700–1900 лм при цветовой температуре от 3000 до 6500 К и индексом цветопередачи 80. Угол излучения этих ламп равен 150°. Баллон — прозрачный, матовый или со светорассеивающими полосами.

Во врезке «На что обращать внимание при покупке линейных светодиодных ламп» перечислены критерии, которые следует учитывать, приобретая изделия этого типа, будь то лампы прямой замены, лампы с исключенным ПРА или комплекты из лампы и драйвера. Разумеется, при любой такой оценке необходимо изначально определить, отвечает ли рассматриваемая модель лампы требованиям проектируемого изделия. Помимо оценки продукта по базовым критериям, следует изучить историю работы компании в области светотехники и, в частности, производства линейных светодиодных ламп, проверить, есть ли у нее знаки соответствующих сертификатов, и запросить сопутствующие документы, такие как протокол испытаний по стандарту LM-79 и сведения о гарантийном обслуживании. Немаловажным фактором является возможность испытания ламп в составе проектируемого изделия: это лучший способ определить их пригодность для конкретного применения.

Пример успешного применения

Один из примеров успешного внедрения линейных светодиодных ламп прямой замены — офис компании Allstate Insurance в Веллингтоне, шт. Флорида, США. Заменив 1,2-м люминесцентные лампы светодиодными лампами Philips LED T8 InstantFit, удалось значительно повысить качество освещения в офисе и сэкономить 44% потребляемой энергии. Компания LED Source предоставила 41 лампу для установки в двух-, трех- и четырехламповые светильники.

По словам Тома Ноймана (Tom Neumann), представителя компании Allstate, который

арендовал это помещение, он предпочел лампы прямой замены, потому что это было дешевле других вариантов модернизации освещения на базе светодиодных ламп, и к тому же он теперь может забрать лампы с собой в случае переезда. Расходы энергии на освещение уменьшились с 3256 до 1980 кВт·ч в год, а годовые затраты на обслуживание снизились на \$135 США. Фотографии офиса до и после установки светодиодных ламп (рис. 5) демонстрируют повышение качества и равномерности освещения. «Персонал доволен — благодаря яркому освещению работать стало комфортнее», — рассуждает г-н Нойман.

Последний фактор, который следует учитывать, выбирая способ установки ламп прямой замены, — это тип установленных ПРА. Например, новые высокоэффективные ПРА мгновенного пуска стоят \$17 США и потребляют меньше электроэнергии, чем старые, поэтому, если время наработки ПРА приближается к 30 000 ч, стоит подумать об их модернизации.

Подход с исключением ПРА

Как уже отмечалось, если замена люминесцентных ламп линейными светодиодными предполагает модификацию проводки, например при использовании ламп с исключенным ПРА, то эту работу следует поручить квалифицированному электрику. Вдобавок из-за отсутствия общепринятых схем включения компании — производители ламп разработали целый ряд вариантов, и электрик должен следовать соответствующим инструкциям.

Люминесцентные лампы, работающие с ЭПРА мгновенного пуска, устанавливаются в шунтированные патроны (патроны с электрически соединенными клеммами), а ЭПРА быстрого пуска работают с нешунтированными патронами. Электромагнитные ПРА (ЭМПРА), часто используемые в наружных световых знаках, также обычно подключаются к нешунтированным патронам. Для светодиодных ламп тип патрона (шунтированный или нешунтированный) указывается производителем, а сам патрон прилагается в комплекте.

В ходе испытаний 31 линейной лампы, описанной в серии отчетов Caliper Министерства энергетики США, применялись семь различных схем включения. Среди вариантов, с которыми может столкнуться электрик, заменяющий люминесцентные лампы светодиодными, — одно- или двустороннее включение лампы и шунтированные или нешунтированные патроны. В двухламповых светильниках нужна дополнительная проводка между двумя цоколями. Такой разброс вариантов в коммерческой продукции запутывает покупателей и может привести к нарушению норм безопасности из-за ошибочных предположений, сделанных электриками.

У линейных ламп со встроенными и со внешними драйверами есть свои достоинства и недостатки. Встроенный драйвер занимает место в трубке, поэтому светодиоды подчас монтируются не по всей длине трубки, что может (хотя и не всегда) существенно повлиять на распределение света от готового изделия. Кроме того, когда вся электроника

драйвера сосредоточена на небольшом участке внутри трубки, эту область трубки необходимо охлаждать. Кроме того, в ней труднее реализовывать интеллектуальные функции, такие как регулирование яркости напряжением 0–10 В или с использованием протокола DALI (<http://bit.ly/T4trfF>). А во внешних драйверах эти дополнительные функции реализуются без труда. Лампы с внешними драйверами имеют также более длительный гарантийный срок — обычно семь лет, а не пять.

Линейные светодиодные лампы и комплекты для замены линейных люминесцентных ламп светодиодными выпускаются множеством производителей. Чтобы получить представление о том, насколько широк ассортимент выпускаемых линейных светодиодных ламп, можно назвать одну цифру: официальный перечень 1,2-м ламп этого типа, удовлетворяющих критериям консорциума DesignLights (QPL), насчитывает 4115 позиций. Всего в этом перечне 48 835 позиций, так что доля светодиодных ламп типа T8 составляет в нем 8%.

Безопасность и сертификация

Подобно другим лампам, все линейные светодиодные лампы (в том числе лампы прямой замены) должны соответствовать требованиям стандарта C22.2 No. 1993-2012 «Лампы и адаптеры для ламп со встроенным ПРА» (<http://bit.ly/luGNEJN>). Лампы с исключенным ПРА и комплекты с драйвером для замены люминесцентных ламп светодиодными также должны соответствовать требованиям стандарта ANSI/UL 1598C-2014 «Комплекты для переоснащения светильников лампами на основе светоизлучающих диодов (светодиодов)» (<http://bit.ly/lqiORXx>).

Маркировка UL (Underwriters Laboratories) и ETL (Electrical Testing Labs) демонстрирует соответствие минимальным требованиям общепринятых стандартов безопасности светодиодных ламп по результатам независимых испытаний в лабораториях UL или сторонних испытательных лабораториях с государственной аккредитацией (NRTL). Испытательная лаборатория с государственной аккредитацией — это независимая лаборатория, имеющая аккредитацию Управления по промышленной гигиене и охране труда США (OSHA) для испытания и сертификации ламп в соответствии с применимыми стандартами безопасности. В рамках этого порядка проведения испытаний производитель лампы соглашается на периодические повторные проверки соответствия.

Карл Блумфилд (Carl Bloomfield), занимающий должность международного директора по услугам для предприятий светотехнической отрасли в компании Intertek, поясняет, что все линейные светодиодные лампы, независимо от способа их реализации (лампы прямой замены, лампы с исключенным ПРА, лампы со светодиодным драйвером), проходят испытания в составе существующих осветительных приборов на соответствие единым стандартам пожарной, электрической и механической безопасности.

По его словам, к вопросам механической безопасности относится способность сертифицированных

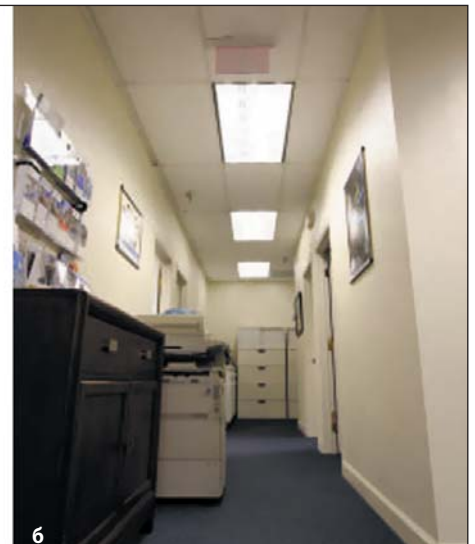
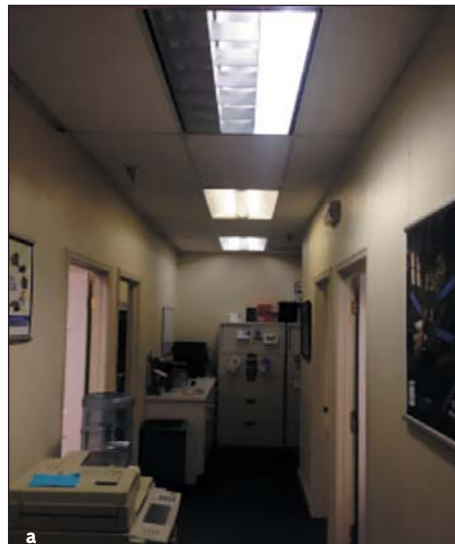


Рис. 5. Вид коридора в офисе компании Allstate: а) до замены; б) после замены люминесцентных ламп светодиодными лампами Philips LED T8 InstantFit

патронов выдерживать вес светодиодных ламп, которые обычно тяжелее люминесцентных, а также наличие достаточного зазора между ПРА или драйвером и лампой для установки.

Пожарная и электрическая безопасность оцениваются путем натурного моделирования наихудших сценариев, связанных с бросками тока и повышением температуры. Примером опасности ранних линейных светодиодных ламп в отношении поражения электрическим током может служить ситуация, когда при вставке одного конца лампы в патрон и включении ее в сеть на оголенном конце лампы возникало опасное напряжение. Пожарная опасность может возникать из-за повреждения лампы или проводки во время установки. К сказанному выше г-н Блумфилд добавляет, что стандарты непрерывно пересматриваются по мере эволюции ассортимента светодиодных ламп, и с выявлением новых видов рисков компания организует соответствующие испытания.

Окупаемость инвестиций

В завершение статьи обсудим вопрос окупаемости инвестиций. Линейные светодиодные лампы мощностью порядка 20 Вт, сравнимые по яркости и качеству света с 32-Вт люминесцентными, позволяют снизить расходы на электроэнергию примерно на 35%, а некоторые производители даже обещают 50%-ную экономию.

В отчете 21.3 серии Caliper Министерства энергетики США приведен подробный анализ затрат на протяжении жизненного цикла, в котором сравнивается светильник с двумя 1,2-м люминесцентными лампами (51 Вт) и двумя линейными светодиодными лампами (38 Вт). Для системы с люминесцентными лампами затраты составляют \$30, а для системы со светодиодными лампами — \$40, \$80 или \$120 (включая стоимость драйвера). Подробности мы оставим читателю для самостоятельного изучения, но назовем некоторые цифры. В ходе моделирования был определен простой срок

окупаемости в два года или менее для следующих случаев: наработка ламп 4000 ч в год (12 ч в день), стоимость 1 кВт·ч электроэнергии больше или равна \$0,12, стоимость светодиодной системы \$40; стоимость 1 кВт·ч электроэнергии \$0,24, стоимость светодиодной системы \$80, время установки системы 15 мин (вместо 30 мин). Если лампы работают всего 2000 ч в год (6 ч в день), простой срок окупаемости может составить 1 год во всем диапазоне значений стоимости 1 кВт·ч электроэнергии больше или равна \$0,12, простой срок окупаемости может составить 1 год во всем диапазоне значений стоимости 1 кВт·ч электроэнергии (\$0,06–0,24) при условии, что система стоит \$40 и устанавливается за 15 мин.

Помимо оценки технических характеристик линейных светодиодных ламп, следует также производить подробный анализ их окупаемости применительно к конкретному случаю.

Такие два параметра, как качество света и световая отдача, долго не позволяли линейным светодиодным лампам выступать на равных с люминесцентными, однако теперь они уже выходят на конкурентоспособный уровень. С дальнейшим прогрессом в полупроводниковой светотехнике линейные светодиодные лампы, в том числе лампы прямой замены, ассортимент которых постоянно расширяется, станут еще более привлекательной альтернативой люминесцентным лампам.

Лампы прямой замены — удобный и простой вариант для предприятий, которым нужны быстро устанавливаемые линейные светодиодные лампы. Лампы с исключенным ПРА менее дороги, но требуют затрат на оплату труда монтажников, а также, возможно, вынужденных простоев на время установки (а ведь время — деньги). Комплекты из светодиодных ламп с драйверами могут быть предпочтительнее в тех случаях, когда изделие требуется наделить дополнительными электронными функциями.

Оригинал статьи опубликован на <http://ledsmagazine.com>