

# Мощный рабочий инструмент от компании CREE

При проектировании полупроводникового светового прибора разработчику приходится решать комплекс задач, связанных с выбором типа и режима работы светодиода. И от того, какой тип светодиода будет выбран, в каком режиме он будет работать, будут зависеть срок службы, стоимость, технические и, в конечном итоге, качественные характеристики полученного изделия.

В настоящее время количество доступных разработчику позиций мощных осветительных светодиодов от различных производителей исчисляется десятками тысяч. Если рассмотреть ассортимент только одной компании Cree, являющейся лидером на рынке мощных осветительных светодиодов, то количество позиций, производимое в настоящее время ею, приближается к трем тысячам. Чтобы разработчик мог ориентироваться в таком многообразии, выбрать оптимальный тип светодиода, режим его работы и рассчитать многие другие параметры при различных начальных условиях, специалисты Cree разработали программу под названием **Product Characterization Tool** (сокращенное название «PCT-калькулятор»).

Эта программа позволяет рассчитать все основные параметры как одного светодиода, так и массива светодиодов в составе светильника в зависимости от начального светового потока выбранного светодиода, температуры в «точке пайки»/кристалла, протекающего тока, учитывая КПД источника питания и эффективность оптической системы.

Интерфейс программы интуитивно понятен, и для ее использования не требуется каких-либо специальных знаний (см. рис. 1).

Для того чтобы выполнить расчет, в программу вводятся исходные (входные) данные и выбираются требуемые выходные параметры.

Причем, если рассчитываются параметры единичного светодио-

да, то достаточно воспользоваться только той группой входных данных, которая обозначена на рисунке 1. Если рассчитываются параметры массива светодиодов в составе светильника, следует ввести дополнительно требуемый световой поток светильника (**Target Lumens**), эффективность оптической системы (**Optical**) и КПД источника питания (**Electrical**). Данные вводятся в строке **System Parameters**; по умолчанию там указаны значения 1200 лм; 100%; 100%, соответственно.

Одна часть исходных данных вводится в программу с использованием цифровой клавиатуры, а другая часть выбирается из выпадающих списков.

Исходными данными для программы, которые пользователь может задавать с помощью цифровой клавиатуры являются:

- рабочая температура кристалла или температура в «точке пайки» светодиода (**Tj/Tsp**), °C;
- стоимость светодиода (**Price**), долл.;
- требуемый световой поток светильника (**Target Lumens**), лм;

– КПД источника питания (**Electrical**), %;

– эффективность оптической системы (**Optical**), %.

Исходным данными, которые выбираются из выпадающих списков, являются:

– тип (серия) светодиода (окно **Model1/2/3** в строке **LED Models**);

– световой поток выбранного светодиода (**Flux** в строке **Model Options**).

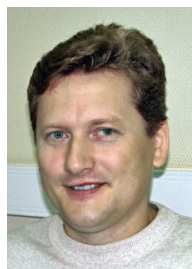
Программа позволяет одновременно рассчитывать до трех типов (моделей) светодиодов. Светодиоды или массивы светодиодов можно сравнивать одновременно по четырем рассчитанным параметрам. Эти параметры выбираются из выпадающих списков в верхней части экрана (строка **Design Parameters**). Имеются четыре окна, которые

**Программа «PCT-калькулятор» доступна на сайте компании «Компэл» ([www.compel.ru](http://www.compel.ru)) в разделе «Разработчику» → «Калькуляторы». Там же опубликована эта статья и краткая инструкция на английском языке. Калькулятор доступен для зарегистрированных пользователей. Если вы не зарегистрированы на сайте, это несложно сделать в любой момент — достаточно лишь щелкнуть ссылку «Регистрация» и заполнить несколько полей. На адрес указанной электронной почты будет выслан пароль, который в дальнейшем потребуется для авторизации на сайте.**

соответствуют четырем столбцам основного поля программы.

Выходные параметры на выбор можно разделить на три группы.

Первая группа выходных параметров (**LED VF**, **LED W**, **LED LM**, **LED LM/W**) позволяет рассчитать технические харак-



**Сергей Миронов**, [s.mironov@compel.ru](mailto:s.mironov@compel.ru)

Инженер-консультант «Компэл», ОБУ «Полупроводниковая светотехника». Окончил Рязанский радиотехнический институт по специальности «инженер-радиотехник». Работал инженером-разработчиком ОКБ «Рязанский радиозавод» и ведущим инженером в ООО НПФ «АЛЬФА-ИНТЕК».

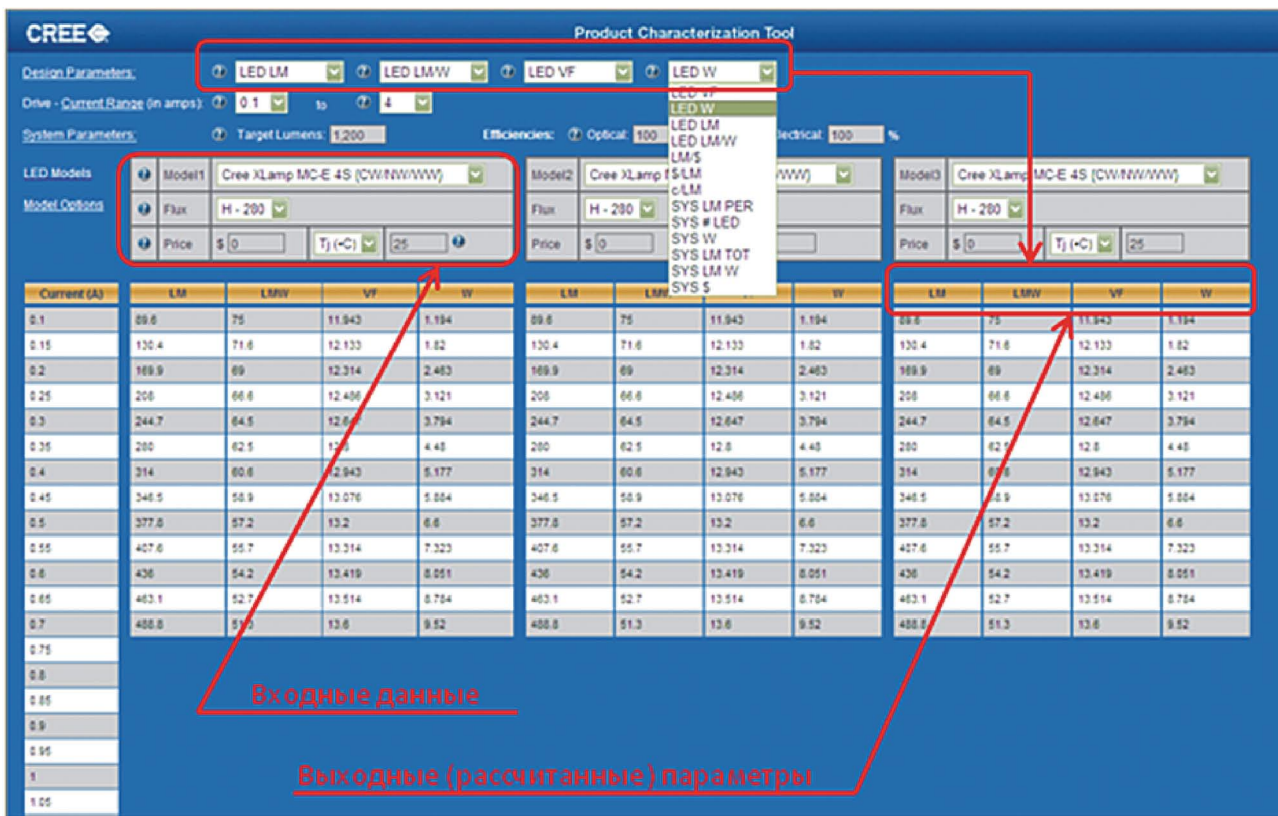


Рис. 1. Интерфейс программы PCT

теристики единичного светодиода.

Вторая группа выходных параметров (**SYS LM PER**, **SYS # LED**, **SYS W**, **SYS LM TOT**, **SYS LM W**) позволяет рассчитать технические характеристики массива светодиодов в составе светильника.

Третья группа параметров (**LM/\$**, **\$/LM**, **c/LM**, **SYS \$**) позволяет рассчитать стоимостные характеристики одного светодиода или группы светодиодов. При выборе стоимостных характеристик необходимо ввести цену светодиода в окне **Price**.

В окне **Drive-Current Range** выбирается диапазон тока, в котором будет осуществляться расчет. Диапазон выбранного тока отображается в левом столбце интерфейса программы. Причем, программа автоматически определяет максимальное значение рабочего тока выбранного типа светодиода. Если задан более широкий диапазон тока, то значения, превышающие максимальный рабочий ток, не отображаются. Ниже дается расшифровка указанных параметров программы.

**LED VF** — прямое падение напряжения на светодиоде, В

**LED W** — подводимая к светодиоду мощность, Вт

**LED LM** — световой поток светодиода, лм

**LED LM/W** — световая отдача светодиода, лм/Вт

**SYS LM PER** — световой поток одного светодиода в массиве светодиодов, лм

**SYS # LED** — общее количество светодиодов, шт

**SYS W** — общая мощность, Вт

**SYS LM TOT** — общий световой поток, лм

**SYS LM W** — общая эффективность, лм/Вт

**LM/\$** — лм/долл.

**\$/LM** — долл./лм

**c/LM** — цент/лм

**SYS \$** — полная стоимость массива светодиодов

Чтобы понять, как работает программа, рассмотрим два наиболее часто встречающихся в практике примера.

**Пример №1.** Требуется определить оптимальную серию светодиода для применения в уличном светильнике. Критерием оптимальной серии выберем самую

низкую стоимость люмена при лучшей эффективности (лм/Вт). Цвет свечения светодиодов — холодный белый (5000—7000 К).

Для уличного светильника наилучшим образом подходят семейства светодиодов **XP**, **XM**. Светодиоды этих семейств обладают высокой эффективностью и большим значением светового потока. Выберем следующие позиции светодиодов: **XPЕWHT-L1-0000-00E03** (114 лм, цена 1,73 долл.), **XPГWHT-L1-0000-00F53** (122 лм, цена 2,21 долл.), **XMLAWT-00-0000-0000T5053** (260 лм, цена 4,08 долл.). Примем рабочий ток каждой серии светодиода равным 70% от максимального значения. Для XP-E это будет 700 мА, для XP-G — 1000 мА, а для XM-L — 2100 мА. Будем считать, что все серии светодиодов в устройстве работают при одинаковой температуре в «точке пайки» 70°C.

По умолчанию в программе заданы параметры: **LM** (световой поток), **LMW** (светоотдача), **VF** (прямое падение напряжения) и **W** (мощность). Очевидно, что для нашей задачи не хватает стоимостного параметра. Поскольку в данном примере производится

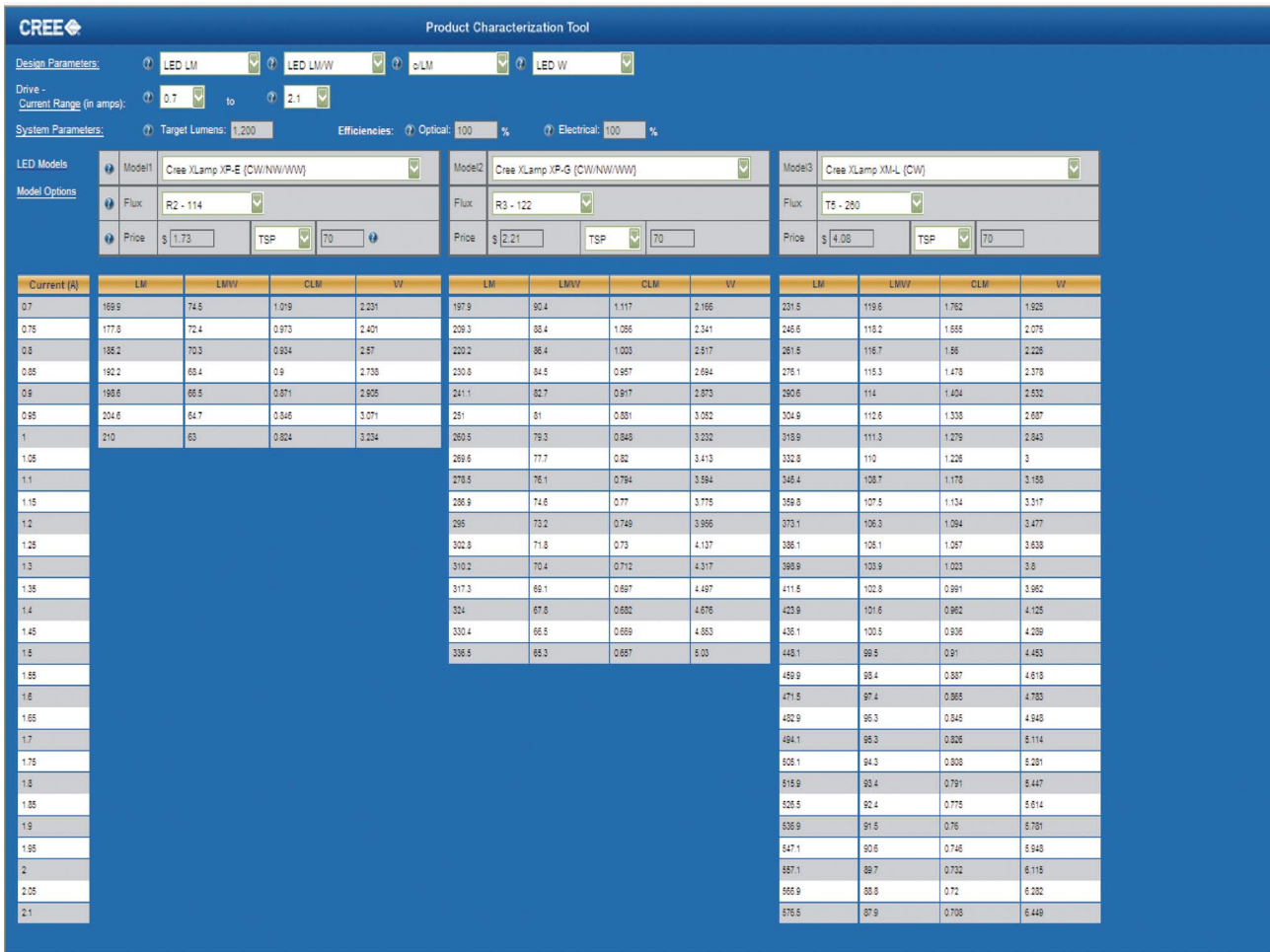


Рис. 2. Сравнение серий светодиодов XP-E, XP-G, XM-L

расчет для единичного светодиода, зададим параметр  $c/LM$  (цент/лм). Выберем его вместо параметра  $VV$  и введем необходимые исходные данные: температура в «точке пайки»  $70^{\circ}C$ , начальный световой поток выбранных серий светодиодов, диапазон тока (0,7...2,1 А) и стоимость каждой серии (долл.) (см. рис. 2).

Сравнивая серии светодиодов между собой, можно заметить абсолютное превосходство серии светодиодов XM-L (см. табл. 1). Новая серия светодиодов, имеющая первоначально более высокую стоимость по сравнению с предшествующими сериями при правильном использовании, показывает значительно лучшие параметры по стоимости люмена, световому потоку и светоотдаче.

Поскольку каждая серия светодиодов имеет весьма обширную номенклатуру, то было бы правильным рассмотреть и сравнить другие позиции выбранных серий светодиодов для определения наиболее выгодной. Используя

данную программу, это не составит труда.

Рассмотрим следующие позиции светодиодов (в диапазоне цветовой температуры 4000—7000 К): **XPЕWНТ-01-0000-00ЕD2** (107 лм, цена 1,58 долл.), **XPГWНТ-Л1-0000-00G53** (130 лм, цена 2,55 долл.), **XMLAWT-00-0000-0000T6053** (280 лм, цена 5,45 долл.).

Результаты расчета сведены в таблицу 2.

В данном случае картина кардинально не изменилась. На первом месте оказался светодиод серии XM-L. Вызывает интерес то, что по стоимости люмена

практически сравнялись светодиоды XPЕWНТ-01-0000-00ЕD2 и XPГWНТ-Л1-0000-00G53. Сравнивая их по параметру светоотдачи, предпочтение, конечно, следует отдать XPГWНТ-Л1-0000-00G53. Кроме того, используя этот светодиод, можно уменьшить количество вторичной оптики в светильнике, поскольку световой поток XP-G выше, чем XP-E, и потребуются меньше линз. Тем не менее если использовать XPЕWНТ-01-0000-00ЕD2 на токе биновки (350 мА), увеличивая тем самым срок его службы и повышая надежность системы, то

Таблица 1. Сравнение разных серий светодиодов

№	Серия светодиода	Рабочий ток, мА	Светоотдача, лм/Вт	Световой поток, лм	Стоимость люмена, цент
1	XPЕWНТ-Л1-0000-00ЕD2 (114 лм, $T_{sp}=70^{\circ}C$ )	700	74,5	170	1,02
2	XPГWНТ-Л1-0000-00G53 (122 лм, $T_{sp}=70^{\circ}C$ )	1000	79,3	260	0,85
3	XMLAWT-00-0000-0000T6053 (260 лм, $T_{sp}=70^{\circ}C$ )	2100	87,9	576	0,71



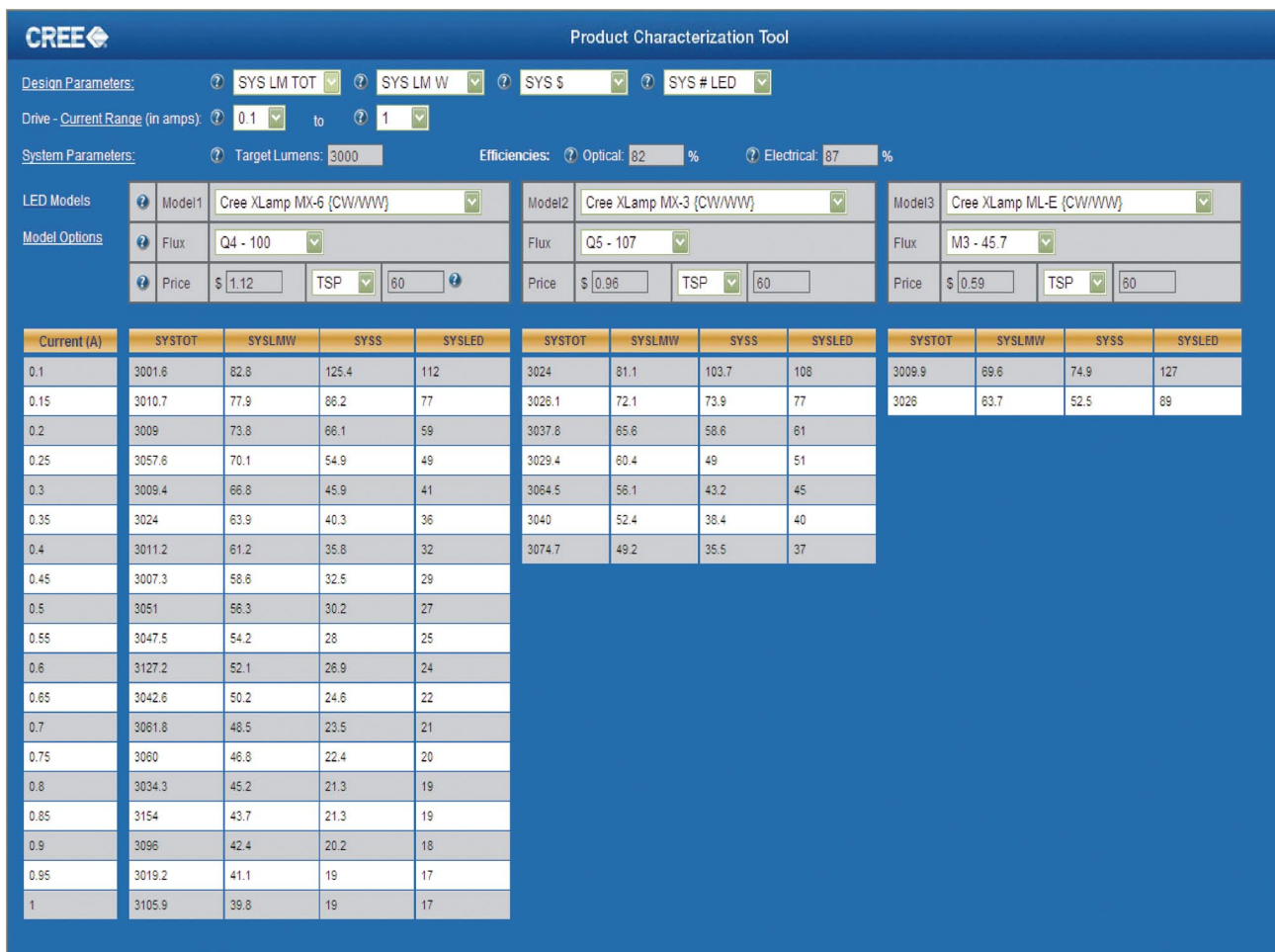


Рис. 3. Сравнение серий светодиодов MX-6, MX-3 и ML-E

со светоотдачей, сравнимой со светодиодом XP-G, мы получим существенно более низкую стоимость люмена.

Сравнивая данные таблицы 1 и таблицы 2 можно заметить, что самая низкая стоимость люмена — у светодиода XMLAWT-00-0000-0000T5053.

Мы рассмотрели возможности программы по расчету и сравнению отдельных светодиодов для выбора оптимального варианта. Разрабатывая светодиодный светильник, чаще бывает необходимо определить количество светодиодов, исходя из требуемого светового потока, и учесть при этом неизбежные потери при нагреве кристалла светодиода, поте-

ри на светорассеивающем стекле и потери энергии в источнике питания.

**Пример №2. Требуется рассчитать количество светодиодов для изготовления светильника, встраиваемого в подвесной потолок типа «Армстронг», и определить значение рабочего тока источников света должна быть минимальной.**

Зададимся начальными условиями:

- желаемый световой поток светильника: 3000 лм;
- полная эффективность светильника: не менее 65 лм/Вт;

– КПД источника питания 87%;

– потери в светорассеивающем стекле 18%;

– цветовая температура: нейтральный белый (4700–6000 К);

– температура в «точке пайки» 60°C.

Для подобного светильника наиболее подходящими светодиодами являются изделия

– серий **MX-6, ML-E, ML-B, MX-3**. Используя светодиоды этих серий, можно получить равномерную засветку светящейся поверхности при очень хорошем качестве света, что и обеспечивает популярность данных светодиодов именно в подобных приложениях.

Выберем для сравнения следующие позиции светодиодов:

**MX6AWT-A1-0000-000CB1** (100 лм, цена 1,12 долл.);

**MX3AWT-A1-0000-000DDZ** (107 лм, цена 0,96 долл.);

**MLEAWT-A1-0000-0003A1** (45,7 лм, цена 0,61 долл.).

Зададим в программе требуемые параметры и произведем расчет (см. рис. 3).

Таблица 2. Результаты расчета для разных семейств светодиодов

№	Серия светодиода	Рабочий ток, мА	Светоотдача, лм/Вт	Световой поток, лм	Стоимость люмена, цент
1	XPWHNT-01-0000-00ED2 (114 нм, Tsp=70°C)	700	70	159	0,93
2	XPWHNT-L1-0000-00G53 (130 нм, Tsp=70°C)	1000	84,5	277	0,92
3	XMLAWT-00-0000-0000T6053 (280 нм, Tsp=70°C)	2100	94,7	620	0,88

По полученному результату видно, что для обеспечения заданных требований выгоднее всего использовать светодиод MX6AWT-A1-0000-000CB1. Рабочий ток светодиода в этом случае не должен превышать 350 мА. Полная расчетная эффективность светильника будет на уровне 64 лм/Вт, потребуются 36 светодиодов общей стоимостью 40,3 долл.

Для получения более равномерной засветки светящейся поверхности светильника можно применить светодиоды MLEAWT-A1-0000-0003A1. Потребуется 89 светодиодов общей стоимостью 52,5 долл., что несколько выше, чем при использовании серии MX-6, но при этом можно достичь луч-

ших потребительских свойства светильника. Рабочий ток светодиодов в данном примере должен быть 150 мА. Однако в нем не учтено одно обстоятельство, связанное с тем, что при использовании светодиодов серии ML-E можно применить светорассеивающее стекло с меньшими потерями, поскольку светодиоды серии ML-E используются в большом количестве и устанавливаются с меньшим шагом по сравнению с серией MX-6. Поэтому энергетические и стоимостные показатели в конечном итоге могут улучшиться.

Выполненный расчет показывает, что серия светодиодов MX-3 в данном примере имеет невысокие показатели по светоотдаче

и стоимости. Серию MX-3 целесообразно использовать, если по каким-либо причинам невозможно увеличить рабочий ток более 350 мА. Тогда на светодиодах этой серии можно получить некоторый выигрыш в общей стоимости светильника, но с небольшим понижением эффективности.

Рассмотренные примеры показали, что выбору всегда есть место и многое зависит от того, что требуется в конечном изделии.

Использование данной программы поможет инженеру выбрать тип светодиода и оптимальный режим его работы в каждом конкретном случае применения с учетом множества факторов, не затратив при этом много времени.

## Наружное освещение: компания Соорер устанавливает светодиоды в шт. Огайо



Установка светодиодных светильников в Брайане

В г. Брайан, шт. Огайо, были успешно установлены светодиодные светильники, тогда как коммунальное предприятие Baltimore Gas & Electric противодействует вводу в эксплуатацию твердотельного освещения в г. Балтиморе, шт. Мэриленд.

В Брайане экономия расходов электроэнергии составит 30—35%, что на 5—10% выше ожидавшегося показателя, после того как вместо натриевых ламп высокого давления (НЛВД) были установлены светодиодные светильники. В Балтиморе также ожидался переход на источники твердотельного освещения,

но коммунальное предприятие Baltimore Gas & Electric препятствует этому шагу, мотивируя свою позицию соображениями безопасности.

Местные газеты называют другую причину такого поведения, кроющуюся в доходах, которые получает эта компания от выполнения ремонтно-технических услуг.

В Брайане 150-Вт НЛВД были заменены на 80-Вт светодиодные светильники Соорер Streetworks OVH LED Cobraheads и 70-Вт CLB Generation LED Decorative Post Top (см. фото ниже). Компания Соорер выиграла тендер на замену 329 ламп из 1400. В тендере участвовали четыре поставщика светодиодной продукции с цветовой температурой 4000 К. Проект замены ламп в Брайане частично финансировался в рамках Антикризисного плана Барака Обамы. Комбинация двух типов светильников (cobrahead и post-top) обеспечивает лучшую освещенность дорог, а также улучшает их эстетический вид, считает представитель компании Соорер.

Однако этот проект будет целесообразен, если объем сэкономленной электроэнергии составит, как планировалось, 25—30%. Кроме того, снизится выброс в атмосферу углекислого газа, а также загрязнение ночного неба. В то время когда коммунальные предприятия Брайана устанавливают новые энергосберегающие светильники, такие города как Нью-Джерси, а также города в шт. Колорадо и Монтана выступают против реализации

проектов твердотельного освещения. К ним присоединилась и компания Baltimore Gas & Electric из Балтимора.

Ее руководители прикрываются соображениями безопасности как причиной своего нежелания перейти на светодиодное освещение, которое позволит ежегодно экономить до 7 млн долл. Представители этой компании заявляют, что замена старых ламп безопасна только в случае установки автоматических выключателей, но их совокупная стоимость и монтаж нивелируют экономию средств при переходе на светодиоды. При этом стоит заметить, что муниципальные работники и служащие коммунальных предприятий Балтимора выполняют работы по техобслуживанию уличных фонарей, не имея возможности воспользоваться автоматическими выключателями. Местные газеты пишут по этому поводу, что компания Baltimore Gas & Electric просто не желает расстаться с теми ежегодными доходами объемом в 12 млн долл., которые она получает за техническое обслуживание устаревших ламп. По расчетам, Балтимору удастся сэкономить до 40% электроэнергии благодаря установке светодиодных светильников в 70 тыс. фонарях. Кроме того, директор отдела общественных проектов Балтимора подтвердил безопасность работы с системами освещения, обслуживаемыми Baltimore Gas & Electric.

Источник: [www.lightingmedia.ru](http://www.lightingmedia.ru)