

# Мощные светодиоды в осветительных устройствах

Андрей Кашкаров (Санкт-Петербург)

**В настоящее время светодиоды – мощные твердотельные источники света – стали популярнее энергосберегающих ламп и ламп накаливания. В статье рассмотрены электрические параметры и особенности эксплуатации сверхъярких светодиодов и модулей на их основе.**

## Мощный светодиод или светодиодная лампа?

Осветительные лампы на основе мощных светодиодов обладают заметными преимуществами перед традиционными осветительными приборами. Автор намеренно опускает термин «светодиодная лампа», поскольку по устойчивой терминологии однозначного определения светодиодных светотехнических изделий сейчас нет, стандарты по терминам и определениям находятся в стадии разработки как в России, так и за рубежом.

Рассмотрим мощные светодиоды для современных светотехнических изделий (ламп для бытового и промышленного освещения). Лампы бытового назначения на основе светодиодов стандартизированы по форм-фактору цоколя, как ранее лампы накаливания и энергосберегающие лампы. Тем не менее, сегодня рынок таких бытовых ламп достаточно разнообразен. В качестве примера на рисунке 1 представлены изделия торговой марки IKEA (Швеция).

Слева на рисунке 1 показана лампа мощностью 7,5 Вт типа LED1205G8E27. Ток её потребления составляет 45 мА, удельный световой поток 53 лм/Вт. Справа – более мощная (10 Вт) лампа LED1307G10E27 с током потребления 46 мА и удельным световым потоком 60 лм/Вт. Этот пример показывает, что увеличение мощности на 2,5 Вт (почти

на треть) увеличивает ток потребления всего на 1 мА. По цифрам, указанным производителем на корпусе изделий, можно рассчитать и световой поток. В случае с лампой LED1307G10E27 он составит  $60 \times 10 = 600$  лм.

В корпусе лампы установлен преобразователь сетевого напряжения 200...240 В в постоянное (модулированное) напряжение 14 В. Следует обратить внимание на размещение светодиодов внутри колбы – она нетипична для таких изделий. Мощные светодиоды расположены вокруг коллиматора, их свет усиливается линзой. Свет от этих ламп действительно «тёплый» – по шкале цветовой температуры он соответствует ~2700 К. Изображение работающей лампы представлено на рисунке 2.

Эти изделия, произведённые в КНР, сильно отличаются от других, например производства РФ, также представленных на рисунке 2 и имеющих колбу классической формы, через которую не виден источник света. Изделия фирмы «Оптолюкс» (Россия) обеспечивают световой поток 570 лм при мощности 9 Вт. Они могут заменить 60-Вт лампы накаливания, т.е. экономят до 80% электроэнергии. Заявленный срок службы светодиодов составляет 15 лет при работе 8 ч в день и включении/выключении не более 4 раз в день. Описанные выше лампы не подходят для систем регулирования яркости,

их нельзя погружать в воду, подвергать воздействию открытого пламени и раскалённых предметов.

В России существует собственное производство ламп на основе мощных светодиодов, которым занимается холдинг «Российские светодиоды». Например, производство светодиодных ламп «Оптолюкс-E27-3015» осуществляется на базе одноимённой фирмы (см. рис. 3). Свет лампы российского производства «Оптоган» по цветовой температуре более холодный (см. табл. 1). Мощность ламп различна – сегодня можно приобрести изделия от 3 до 15 Вт.

Представленные выше светотехнические изделия являются относительно маломощными. Тем не менее, светодиоды, как элементы таких изделий, производятся крупнейшими компаниями, среди которых выделяются Cree Lighting, Lumileds Lighting и Nichia Corporation, имеющие собственное производство кристаллов на основе материалов InGaN. Другие компании-производители, такие как Lamina Ceramics, достигли успехов в изготовлении светильников. Они не производят собственных кристаллов, а корпусируют кристаллы других компаний под своей торговой маркой.

Светотехнические изделия, имеющие форму лампы, различаются не только по внешнему виду, но и по направленности светового потока: с фокусирующей линзой, рассеянного света или матрицей из светодиодных кластеров. К разновидностям светодиодных ламп также можно отнести споты и линейные лампы. Споты – это направленные светильники, которые позволяют выделить отдельные элементы интерье-



Рис. 1. Внешний вид светотехнических изделий в форме ламп торговой марки IKEA



Рис. 2. Лампа торговой марки IKEA типа LED1205G8E27, подключённая в осветительную сеть 220 В



Рис. 3. Светотехнические изделия в форме осветительных ламп производства российской фирмы «Оптоган»



**Рис. 4. Светотехнические изделия LED1205G8E27 (сверху) и Оптолюкс-Е27-3015**

ра точечной подсветкой. Лампы линейной формы в основном используют для светильников общего освещения.

Преимущества светодиодов перед лампами накаливания – малое потребление электроэнергии, долговечность и надёжность в эксплуатации. На рисунках 1–3 представлены современные изделия в форме ламп, различающихся по конструктивному исполнению: с одним мощным светодиодом, «усиленным» линзами и отражателями; с кластером, состоящим из нескольких сверхъярких светодиодов, спрятанных в колбу матового цвета, без применения линз и дополнительных отражателей. Для наглядного сравнения эти два вида изделий показаны на рисунке 4. Внешний вид разобранной светодиодной лампы представлен на рисунке 5.

По сути, оба вида изделий имеют одинаковые преобразователи электрической энергии. В таблице 1 приведены их сравнительные характеристики, а параметры цветовой температуры – в таблице 2. Последние можно использовать и для определения цветовой температуры светодиодных лент и других излучателей света на основе светодиодов.

**ОГРАНИЧЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ**

По электромагнитной совместимости современные светотехнические изделия соответствуют требованиям ГОСТ Р 51318.15, ГОСТ Р 51317.3.2, ГОСТ Р 51317.3.3 и ГОСТ Р 51514. Степень защиты от внешних воздействий по IP20 соответствует требованиям и условиям ГОСТ 14254.

Изделия не требуют обслуживания, кроме периодического (раз в полгода) контроля состояния колбы и желательной (но не обязательной) очистке внешней рассеивающей поверхности мягкой тканью. Органические растворители или легковоспламеняющиеся жидкости использовать для протирки колбы не следует по соображениям электро- и пожаробезопасности.



**Рис. 5. Светотехнические изделия в разобранном виде: теплоотвод – часть корпуса и плата с дискретными радиоэлементами, составляющими схему источника питания – преобразователя 220 В / 14 В**

Бытовые светотехнические изделия имеют 2-й класс защиты от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0. Электрическая прочность изоляции составляет не менее 1,5 кВ в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60598-1 при нормальных условиях (температура окружающего воздуха +22°C, относительная влажность воздуха 20%). Следует отметить, что светодиодные лампы не подлежат ремонту в домашних условиях. Срок службы светодиодов, заявленный производителем, составляет не менее 50 тыс. ч.

Бытовые изделия нежелательно использовать в помещениях с повышенной влажностью окружающего воздуха (более 80%) и с большим содержанием пыли. При работе светодиодных ламп рабочая температура теплоотвода может достигать +70°C. Не рекомендуется смотреть на горящий светодиод – можно повредить глаза.

Не так давно были утверждены дополнения к «Гигиеническим требованиям к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий» (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03). Из новых правил (СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585–10) исключена формулировка, ограничивающая применение источников света двумя типами: лампами накаливания и газоразрядными лампами. Вместо этого в правилах ограничен допустимый диапазон цветовых температур, – от 2400 до 6800 К. В том же регламенте введено требование к наличию защитного угла у светодиодных светильников (конкретные значения не приводятся). В новой версии документа снижение нормы освещённости на одну ступень допустимо для источников света с индексом цветопередачи выше 90.

Важно отметить, что в новой редакции СанПиН запрещено применение

**Таблица 1. Сравнительные характеристики светотехнических изделий (см. рис. 1–3)**

Параметры	Изделие с одним сверхъярким светодиодом (на примере LED1205G8E27)	Изделие, состоящее из кластера сверхъярких светодиодов и элементов усиления светопередачи (на примере Оптолюкс-Е27-3015)
Напряжение питания, переменное, В	220–240	200–240
Мощность потребления (при эквивалентной мощности 60 Вт), Вт, не более	7,5	9
Угол излучения по уровню 0,1 от I <sub>max</sub> , °	50	140
Световой поток при номинальной коррелированной цветовой температуре 2700 К согласно стандарту Energy Star, лм	530	570 (тёплый белый свет)
Ток потребления от осветительной сети переменного тока 220 В, 50–60 Гц, А	0,045	0,065

**Таблица 2. Характеристика света по цветовой температуре**

Характеристика света	Значение цветовой температуры, К
Тёплый белый	2700...3200
Нормальный белый	3201...4200
Дневной белый	4201...5500
Холодный белый	5501...6500



Рис. 6. Светодиодная подсветка железнодорожной станции «Сортировочная» (Санкт-Петербург)

светодиодов в учреждениях дошкольного, школьного и профессионально-технического образования, а также во многих помещениях медицинских учреждений. Вероятно, требуются дополнительные исследования.

**Конструкция**

Конструкция светотехнических изделий влияет не только на ресурс работы и надёжность, но и на стоимость готовых изделий. Так, оптимальная конструкция призвана обеспечивать отвод тепла от кристалла, высокую технологичность монтажа и выдерживать термоциклирование. На долговечность работы изделия также влияют метод монтажа кристалла и материал теплоотводящего основания.

Кроме светодиодов белого свечения различной цветовой температуры, существуют RGB источники света, предназначенные для универсальных устройств управления освещением и цветом, в том числе для архитектурной и ландшафтной подсветки, в дизайнерских решениях кафе, ресторанов и др. Система питания и управления RGB источниками света на основе светодиодной матрицы RGB работает как в динамическом режиме по протоколу управления DMX 512, так и в автоматическом режиме по установленной программе.

Все источники света изготавливаются на печатных платах с алюминиевым основанием и могут комплектоваться вторичной оптикой для получения необходимой диаграммы направленности светового потока. Отчасти такое решение реализовано в промышленных светильниках большой мощности.

На рисунке 6 представлено светодиодное освещение железнодорожной

станции «Сортировочная» (Санкт-Петербург). В этом комплексе осветительных систем, покрывающих территорию железнодорожного узла площадью несколько квадратных километров, задействовано более 200 мощных светильников. С учётом экономичности изделий на основе мощных светодиодов и относительно большого срока наработки на отказ, такие решения рентабельны и в части снижения затрат на обслуживание, и по эффективности освещения.

**Базовые изделия в линейке мощных полупроводниковых светодиодов Cree**

В изделиях семейства MC-E компании Cree [1] используются многокристалльные светодиоды. Они обеспечивают световой поток в 4 раза больший, чем светодиоды серии XR-E, при прочих равных условиях, в том числе одинаковых массогабаритных характеристиках. Основным отличием семейства MC-E является сниженная себестоимость за счёт уменьшения количества компонентов. Основное назначение – создание высокоэффективных источников света для всех видов освещения (общего, промышленного, уличного и т.д.) в случаях, когда требуется обеспечить большой световой поток при небольших габаритах.

Основной цвет свечения изделий – белый. В светодиодах данной серии используются кристаллы EZ1000 новой серии EZBright. Размер кристаллов 1000 × 1000 мкм. Сборка светодиода осуществляется в корпусе с улучшенными тепловыми свойствами.

Основным назначением приборов семейства XP-C являются компактные

высокоэффективные источники света для общего, аварийного, промышленного и уличного освещения. Цвет свечения – белый, диапазон цветовой температуры от 2600 до 10 000 К. По оттенкам белого цвета светодиоды делятся на три группы: тёплый (2600...3700 К), естественный (3700...5000 К) и холодный (5000...10 000 К) белый цвет.

В светодиодах данной серии используются кристаллы EZ700 новой серии EZBright. Размер кристаллов 700 × 700 мкм. При сборке светодиода кристалл монтируется на кремниевую плату, что улучшает тепловые характеристики изделия. Приборы отличаются от серии MC-E меньшими габаритными размерами, симметричным корпусом и большим значением угла распределения света.

Светодиоды семейства XR-E предназначены для компактных высокоэффективных источников света для всех видов освещения. Характеристики цветовой температуры аналогичны семейству XP-C. В светодиодах данной серии используются кристаллы EZ1000 серии EZBright.

Основное применение полупроводниковых приборов Cree XLamp™ серии XR-C7090 – электронные устройства небольшой стоимости. Выпускаются светодиоды оранжевого, зелёного, голубого и синего цвета. В них используются кристаллы EZ700 новой серии EZBright, сборка осуществляется по технологии, аналогичной семейству XR-E. Эффективность этого кристалла при номинальном токе примерно соответствует приборам семейства XR7090 с кристаллом предыдущего поколения XB900. Благодаря меньшей площади кристалла, его себестоимость в массовом производстве ниже, соответственно ниже и стоимость изделий.

Корпус XR-E7090 обеспечивает рекордно низкое тепловое сопротивление между переходом и теплоотводом – до 8°С/Вт и равномерный градиент температуры поверхности теплоотводящего основания. Высокую температурную стабильность и долговечность первичной оптики обеспечивают линзы из кварцевого стекла с автоматической фокусировкой – одно из новейших технических решений. Малая эквивалентная площадь излучающей поверхности позволяет реализовать небольшие углы рассеивания светового потока при использовании вторичной оптики.

Как и полупроводниковые приборы серии XR-C7090, светодиоды XR-E7090

предназначены только для автоматизированного монтажа с использованием стандартных технологических процессов, что упрощает обеспечение теплового режима приборов. Прежде всего, это высокоэффективные источники света для общего, аварийного и промышленного освещения, взрывобезопасного оборудования, подсветки ЖК-панелей большой площади, автономных светильников и фонарей, систем подсветки автотранспорта.

Светодиоды Cree XLamp™XR-E7090 являются самыми яркими в своём классе. Они реализованы на кристаллах InGaN на подложке SiC и обеспечивают световой поток до 100 лм при токе всего 350 мА. Приборы смонтированы в уникальных корпусах для поверхностного монтажа с рассеиваемой мощностью более 3 Вт. Поэтому применение новейших кристаллов позволило снизить мощность, потребляемую полупроводниковой лампой, на 30% по сравнению с предыдущими семействами фирмы: до 1,05 Вт при токе 350 мА и до 2 Вт при токе 700 мА.

Приборы XLamp™XR-E7090 хорошо себя зарекомендовали и используются

в источниках света для светофоров и автомобильных фар. Эта область техники сегодня развивается стремительными темпами.

### Светодиодные изделия

На российском рынке ведущие позиции занимает компания XLight [2] – разработчик и производитель светодиодной техники и поставщик передовых светотехнических решений. Усилиями её инженеров воплощены в готовые изделия последние технологические достижения в области создания осветительных приборов на светодиодах и их компонентах – светодиодных кластерах, драйверах питания и вторичной оптике (линзы и линзодержатели).

Светодиодные светильники по назначению подразделяются на два основных вида: для уличного, промышленного и архитектурно-художественного освещения (линейные светильники и прожекторы) и светильники для внутреннего освещения (офисные светильники и светодиодные лампы). Высококачественные компоненты светодиодного освещения, такие как коллиматоры и линзы к ним, выпускают, например,

компания Carclo (Великобритания) и Ledil (Финляндия), а сами модули изготавливает фирма XLight.

### Светодиодные модули

Светодиодные модули представляют собой несколько мощных (сверхъярких) светодиодов, смонтированных на одной плате. Модули соединяются в светильники в одном корпусе. В модулях XLight использованы светодиоды фирмы Cree, которые считаются самыми надёжными.

Подключение светодиодного модуля к драйверу питания может осуществляться несколькими способами: путем разъёмного соединения или пайкой к контактным площадкам. Применяются три схемы коммутации светодиодов: последовательная, параллельная и последовательно-параллельная.

Например, светодиодный модуль XLD-AC1x01-01 представляет собой шестиугольную печатную плату на алюминиевом основании с одним установленным мощным светодиодом Cree XLamp размером 3,45 × 3,45 мм. Он адаптирован к применению вторичной оптики Carclo 10 мм для единично-

го светодиода Cree XLamp серий XP-C, XP-E, XP-G или XT-E.

Технические характеристики модуля XLD-AC1x01-01:

- рассеиваемая мощность не более 1,5 Вт (без применения элементов охлаждения);
- тип подключения – пайка к контактными площадкам;
- температура эксплуатации –40...+70°C;
- температура хранения –50...+80°C.

Светодиодный модуль XLD-AC1x01-MCE-01 представляет собой печатную плату Ø47 мм на алюминиевом основании с установленным 4-кристалльным светодиодом MC-E Cree XLamp размером 7,0 × 9,0 мм. Модули выпускаются в двух исполнениях: с последовательным соединением кристаллов – XLD-AC1x01-MCE-SC-01; с параллельным соединением кристаллов – XLD-AC1x01-MCE-IC-01.

Технические характеристики XLD-AC1x01-MCE-01:

- рассеиваемая мощность не более 2 Вт (без применения элементов охлаждения);
- тип подключения – пайка к контактными площадкам;
- соединение светоизлучающих кристаллов – последовательное или независимое;
- модуль адаптирован к применению вторичной оптики Carclo для светодиодов MC-E;
- температура эксплуатации –40...+70°C;
- температура хранения –50...+80°C;
- печатная плата рассчитана на установку одного мощного 4-кристалльного светодиода Cree XLamp серии MC-E.

Светодиодные модули для декоративного освещения представляют собой прямоугольную печатную плату на стеклотекстолитовом основании с напаянными мощными светодиодами. Подключение модулей к источнику питания осуществляется с помощью установленных на плате нажимных разъёмов.

### Технологии монтажа

Лидирующие производители светодиодных кристаллов решают эту задачу по-разному. Например, компании Lumileds Lighting и Nichia используют медное теплоотводящее основание, Nichia приклеивает кристалл к подложке, а технологи фирмы Lumileds Lighting используют пайку эвтектикой. Каждый из методов имеет свои особенности.

Пайка кристалла на подложку позволяет снизить тепловое сопротивление кристалл–корпус, но при этом возникает диодный контакт между теплоотводящим основанием и кристаллом, что требует электрической изоляции изделий при одиночном или групповом монтаже на печатную плату. Это удорожает производство и, в итоге, увеличивает тепловое сопротивление корпус–теплоотвод. Кремниевая подложка и медное теплоотводящее основание имеют значительно отличающиеся коэффициенты объёмного расширения при нагревании, что при термоциклировании приводит к нарушению эвтектики, повреждению кристалла и, как следствие, к преждевременному старению источника света.

В свою очередь, метод приклеивания кристалла к медному теплоотводящему основанию позволяет уменьшить нагрузки на кристалл и одновременно обеспечить лучшую (по сравнению с пайкой) электрическую изоляцию. При этом снижаются не только долговечность и надёжность изделий, но и себестоимость, что делает такую продукцию более доступной при прочих равных условиях.

Сегодня по технологии изготовления кристаллов InGaN больших размеров на карбиде кремния лидирует фирма Cree. Именно она обеспечила прорыв в области производства портативных твердотельных источников света. Себестоимость люмена намного уменьшилась, а световой поток современных светодиодных матриц уже измеряется десятками тысяч люмен, что позволяет изготавливать не только мощные системы рассеянного освещения, но и прожекторы с большой дальностью сфокусированного луча.

Светодиоды, рассчитанные на относительно низкое напряжение ( $V_f < 3$  В), не содержат внутренних ограничительных резисторов в отличие от «высоковольтных» приборов. Различают узко- и широкодиапазонные светодиоды, последние имеют  $V_f = 3...15$  В. Прямое напряжение и цветовая температура светодиода в некоторой степени зависят от прямого тока. При превышении максимального прямого напряжения светодиода наступает его необратимый пробой, если драйвер не ограничивает ток.

Прямой ток через активный светодиод  $I_f = 10$  мА можно считать безопасным током для всех типов светодиодов. Именно его рекомендуется устанавли-

вать при проверке работоспособности прибора. Прямой ток влияет на световой поток, прямое напряжение и цветовую температуру светодиода.

Постоянное обратное напряжение  $V_r$  – напряжение, которое можно подавать на светодиод без опасности его повреждения. Ток утечки при этом гарантируется, как правило, не более 10 мкА. Большинство светодиодов не предназначено для работы в обратном направлении. При увеличении обратного напряжения до 7...10 В светодиод превращается в стабилитрон, максимальный ток стабилизации которого ограничен мощностью рассеяния.

Температура полупроводникового перехода  $T_j$  определяет срок службы светодиода и его цветовую температуру. Прямое напряжение и световой поток светодиода снижаются с ростом  $T_j$ . Для мощного прибора с номинальным прямым током 350 мА изменение прямого напряжения в диапазоне –40...+120°C составляет 0,55 В, а светового потока – 25%.

Ресурс светодиода определяют две составляющие – ресурс самого кристалла и ресурс оптической системы. Для изготовления оптических систем используются различные сочетания эпоксидных смол. Смола, как известно, изменяет свои свойства со временем (особенно под воздействием высоких температур), именно этим объясняется эффект «замутнения» линзы. Поэтому заявляемое в рекламных целях время непрерывной работы светодиода в 100 000 часов (почти 15 лет) вызывает сомнение, тем более что на практике ещё никто не проверил эту магическую цифру.

По информации компании Osram OS [3], прогнозируемый ресурс производимых сегодня светодиодов как минимум в два раза меньше, т.е. примерно 50 тыс. ч, с 30%-ной потерей яркости после 25 тыс. ч непрерывной работы. Это неплохо по сравнению с ресурсом лампы накаливания менее 1000 ч.

### Светильники

Существует множество разновидностей светильников для уличного освещения. Это – энергосберегающие, вандалоустойчивые светодиодные светильники на основе мощных светодиодов фирмы Cree с высокой световой отдачей и специальной оптической системой, обеспечивающей светотехнические характеристики, соответствующие

требованиям нормативных документов РФ к освещению улиц и городскому освещению [1]. Светодиодные светильники для уличного (промышленного) освещения можно классифицировать как консольные светильники, парковые светильники и светильники для ландшафтного дизайна.

Консольные светодиодные светильники серии XLD-ДКУ04 являются оптимальным решением для освещения с небольших опор высотой 4...6 м таких объектов, как пешеходные и парковые зоны, парковки, АЗС и железнодорожные платформы. Они применяются в качестве замены светильникам с лампами ДРЛ мощностью до 250 Вт, МГЛ до 70 Вт и ДНаТ до 70 Вт. Светильники предназначены для установки на консоль диаметром 48 мм и оборудованы поворотным узлом крепления. Модельный ряд светильников серии XLD-ДКУ04 содержит три модификации, отличающиеся световым потоком и потребляемой мощностью. В таблице 3 представлены технические характеристики светильников серии XLD-ДКУ04.

Консольные светодиодные светильники серии XLD-ДКУ05 по назначению примерно аналогичны рассмотренным выше XLD-ДКУ04, а серии консольных светодиодных светильников XLD-ДКУ06 и XLD-ДКУ07 устанавливаются на опоры высотой 8...12 и 14...16 м соответственно, имеют повышенную мощность и предназначены для освещения автомобильных дорог классов А и Б.

Приборы серии XLD-PL относятся к парковым светодиодным светильникам. Они предназначены для создания равномерного и мягкого освещения и являются эффективной заменой светильникам с лампами ДРЛ до 250 Вт, МГЛ и ДНаТ до 150 Вт. Популярные модели XLD-PL, XLD-PL35H отличаются световым потоком и потребляемой мощностью. Прочный алюминиевый корпус и молочный рассеиватель из оптического поликарбоната обладают высокой механической прочностью. Такой светильник не обладает слепящим эффектом. В таблице 4 представлены технические характеристики светодиодных светильников PL24, PL54 и PL72 аналогичного назначения.

Светодиодный светильник для ландшафтного дизайна XLD-GL3 предназначен для выделения пешеходных дорожек и ландшафта. В таблице 5 представлены технические характеристики парковых светодиодных светильников модельного ряда XLD-GL3.

### ПРЕИМУЩЕСТВА СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Основным преимуществом светодиодного освещения является экономия электроэнергии – за счёт низкой потребляемой мощности – по сравнению с альтернативными и менее эффективными энергосберегающими устройствами. Длительный срок эксплуатации и большая наработка на отказ определяют сокращение затрат на обслуживание.

Светодиодное освещение имеет хорошие качественные показатели, такие как высокий индекс цветопередачи и низкую пульсацию светового потока. Использование специально рассчитанной опти-

ческой системы обеспечивает снижение светового загрязнения, что благотворно сказывается на комфорте человека.

Низковольтное питание делает светодиодное оборудование пожаро-, взрыво- и травмобезопасным. Благодаря этим факторам, а также большой световой отдаче, светодиодное освещение становится актуальным в сложных условиях эксплуатации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. [www.cree.com/LED-Components-and-Modules](http://www.cree.com/LED-Components-and-Modules).
2. [www.xlight.ru](http://www.xlight.ru).
3. [www.ledlight.osram-os.com](http://www.ledlight.osram-os.com).



Таблица 3. Характеристики различных модификаций светильников серии XLD-ДКУ04

Характеристики		XLD-ДКУ04-12	XLD-ДКУ04-24	XLD-ДКУ04-36
Световой поток, лм, не менее	WHC	1860	2790	3720
	WHS	2000	3000	4000
	WHW	1630	2450	3260
Цвет свечения	WHC	холодный белый (~6000 K)		
	WHS	естественный белый (~4500 K)		
	WHW	тёплый белый (~3000 K)		
Потребляемая мощность, Вт	27	40	53	
Напряжение питания переменного тока, В		220 ± 20%		
Степень защиты		IP65		
Температурный диапазон, °С		-40...+50		
Коэффициент мощности (cos φ)		0,95		
Вес нетто, кг		2,5		
Вес брутто, кг		2,7		
Габариты упаковки, мм		600 × 300 × 150		

Таблица 4. Характеристики парковых светодиодных светильников XLD-PL

Характеристики		XLD-PL24	XLD-PL54	XLD-PL72
Световой поток, лм, не менее	WHC	1529	3316	4155
	WHS	1426	3102	3870
	WHW	1147	2568	3206
Цвет свечения	WHC	холодный белый (~6000 K)		
	WHS	естественный белый (~4500 K)		
	WHW	тёплый белый (~3000 K)		
Потребляемая мощность, Вт	30	70	85	
Напряжение питания переменного тока, В		220 ± 20%		
Степень защиты		IP65		
Температурный диапазон, °С		-40...+50		
Коэффициент мощности (cos φ)		0,99		
Вес нетто, кг		13,8		
Вес брутто, кг		15,3		
Габариты упаковки, мм		630 × 630 × 605		

Таблица 5. Характеристики парковых светодиодных светильников модельного ряда XLD-GL3

Характеристики		XLD-GL3-400	XLD-GL3-600	XLD-GL3-800
Световой поток, лм, не менее	WHC		349	
	WHS		320	
	WHW		260	
Цвет свечения	WHC	холодный белый (~6000 K)		
	WHS	естественный белый (~4500 K)		
	WHW	тёплый белый (~3000 K)		
Потребляемая мощность, Вт		4		
Напряжение питания переменного тока, В		220 ± 20%		
Степень защиты		IP65		
Температурный диапазон, °С		-40...+50		
Коэффициент мощности (cos φ)		0,99		
Высота опоры, мм		400	600	800
Вес нетто, кг		1,4	2,2	3
Вес брутто, кг		2,5	3,4	4,2
Габариты упаковки, мм		620 × 685 × 480	620 × 685 × 680	620 × 685 × 880