

Сергей Гвоздев | s.gvozdev@ecolight.ru | Алексей Гольнев
Сергей Сафонов | Валентина Хухтикова | v.khukhtikova@fotometriya.ru

Эффективность оптических систем светодиодных светильников

для наружного применения

В статье рассмотрены основные параметры и показатели оптических систем светильников для уличного применения на базе светодиодов. На основании эксплуатационных данных приведены рекомендации к конструктивному исполнению светильников наружного освещения. Предложены стандартные решения для светооптической системы в зависимости от категории освещаемого объекта.

Использование светодиодов (СД) в уличных светильниках позволяет создать универсальную конструкцию прибора, охватывающую многие области применения светильников наружного освещения. Наиболее востребованный подход — это разработка светооптических систем, перераспределяющих световой поток СД и формирующих необходимое светораспределение на освещаемой поверхности. Специалистами конструкторского

бюро «ЭКОЛАЙТ» совместно с лабораторией «НТЦ «Фотометрия» был создан унифицированный корпус светильника, который предусматривает установку на светодиодную плату разнообразной линзовой оптики марки LEDiL [1], предлагающей широкий спектр кривых сил света (КСС). Таким образом, был сформирован типоряд светильников наружного освещения, содержащий более 60 видов световых приборов (рис. 1).

Наиболее распространенные типы светораспределения в практике уличного освещения соответствуют категориям дорог, определенным в [2]. При этом эффективность используемого светового прибора характеризуется не только его световой отдачей, но и коэффициентом использования светового потока, который зависит от геометрии освещаемой поверхности и КСС светильника. Для осветительной установки в целом обязательно выполнение норм освещения для объекта соответствующей категории, что определяется параметрами установки светильников — высотой подвеса на опоре, расстоянием между опорами, взаимным расположением светильников по сторонам дороги. Очевидно, что чем больше угол максимальной



силы света в меридиональной плоскости светильника, тем дальше могут отстоять друг от друга соседние опоры. С другой стороны, увеличение засветки дороги в ее поперечном направлении возможно при большем отклонении от осевого направления максимальной силы света в продольной плоскости светильника — например, чтобы обойтись установкой светильников только с одной стороны дороги. Таким образом, на основании изложенных положений и нормируемых значений светораспределения для выбранного освещаемого объекта подбираются комбинации различных линз, которые формируют необходимую КСС светильника. Аналогичный подход распространяется на светильники-кососветы, предназначенные для освещения тоннелей, площадей, архитектурной подсветки, засветки рекламных щитов (рис. 2).



Рис. 2. Визуализация сцены наружного освещения с применением светильников фирмы «ЭКОЛАЙТ»

Помимо вторичной оптики, на светораспределение светильника влияет защитная оптика, предохраняющая светоформирующую поверхность линзы от воздействия агрессивных факторов окружающей среды. Пыль и копоть, оседающая на поверхности светооптической системы, существенно снижают эффективность светового прибора, что приводит к ухудшению видимости на дороге и увеличению риска возникновения аварийной ситуации. Чистка световой поверхности светильника может производиться с помощью брандспойта, при этом получается, что на поверхность линзы под давлением подается абразивная смесь воды с частицами пыли и грязи, которая царапает рабочую поверхность линзы и приводит к снижению эффективности светильника, а также к искажению светораспределения на освещаемой поверхности. В худшем случае потребуются преждевременная замена светильников. Рабочая поверхность линзы часто имеет сложную форму, при которой подобной чистки будет недостаточно, поскольку грязь не вымоется из труднодоступных мест. Поэтому наличие защитной оптики в конструкции уличного светильника на базе СД со вторичной оптикой призвано значительно повысить устойчивость светильника к внешним воздействиям и упростить его эксплуатацию в различных климатических условиях.

Защитный колпак характеризуется светопропускающими и прочностными свойствами оптического материала, кроме того, форма его поверхности также влияет на эффективность светильника. Для освещения дорог в соответствии с нормами [2] используется линзовая оптика, создающая широкое светораспределение, которое характеризуется максимальной силой света в направлении $55\text{--}85^\circ$ в меридиональной плоскости светильника [3]. На рис. 3 изображена система фотометрирования (C, γ) светильников с обозначением главных плоскостей и приведен пример КСС светильника с широким светораспределением. Применение плоского защитного стекла в таких светильниках нецелесообразно, так как при этом возникают френелевские потери и искажается форма КСС светильника. Светодиодные светильники фирмы «ЭКОЛАЙТ» имеют защитный колпак специальной конфигурации, которая обеспечивает наибольшую возможную эф-

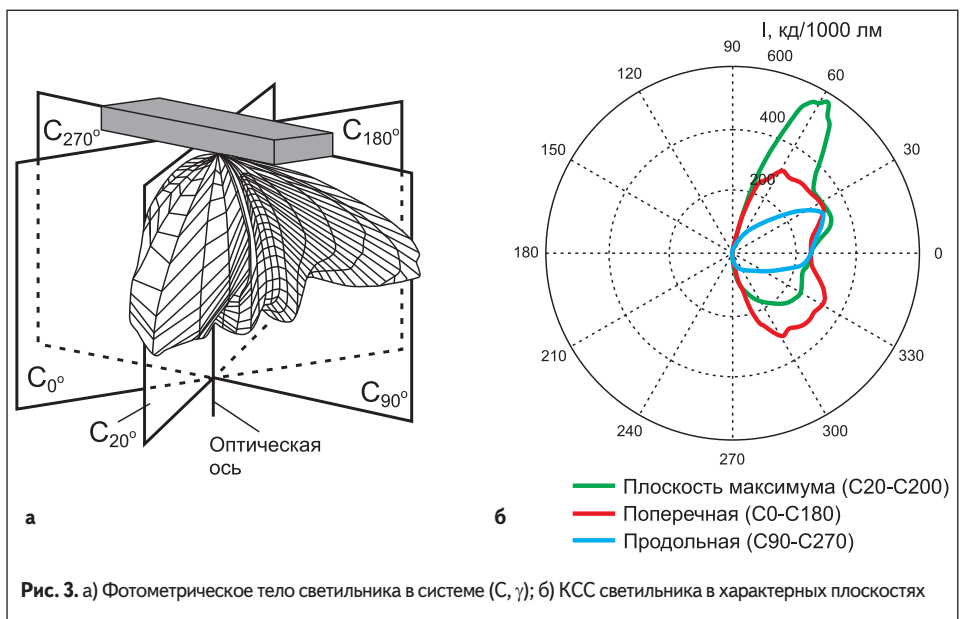


Рис. 3. а) Фотометрическое тело светильника в системе (C, γ) ; б) КСС светильника в характерных плоскостях

фективность светильника за счет снижения потерь в диапазоне углов, соответствующих максимальной силе света.

Для наглядности рассмотрим влияние переотражений на примере уличного светильника

с широким светораспределением и плоским защитным светопропускающим элементом, выполненным из оптического поликарбоната толщиной 2–3 мм. На рис. 4 показано распределение энергетической силы света



Рис. 4. Угловое распределение энергетической силы света светильника без защитного стекла

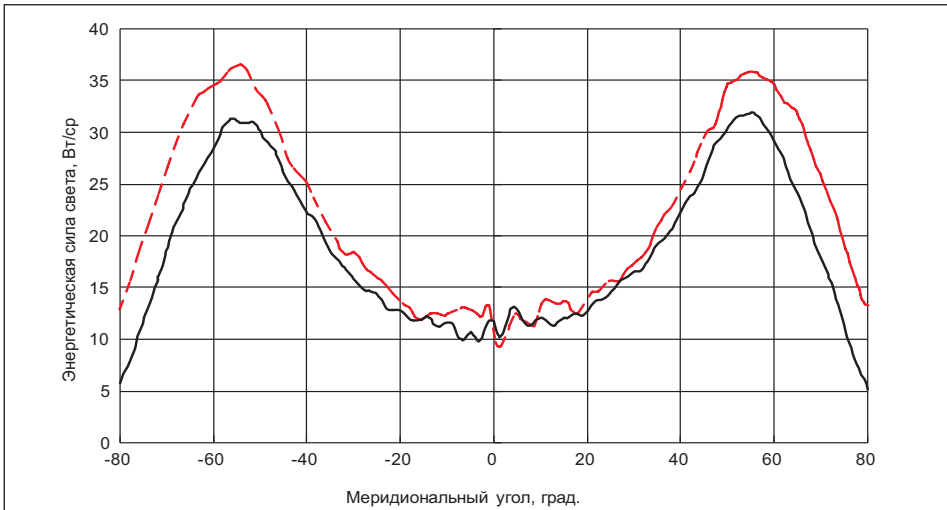


Рис. 5. Угловое распределение энергетической силы света светильника с плоской защитной пластиной

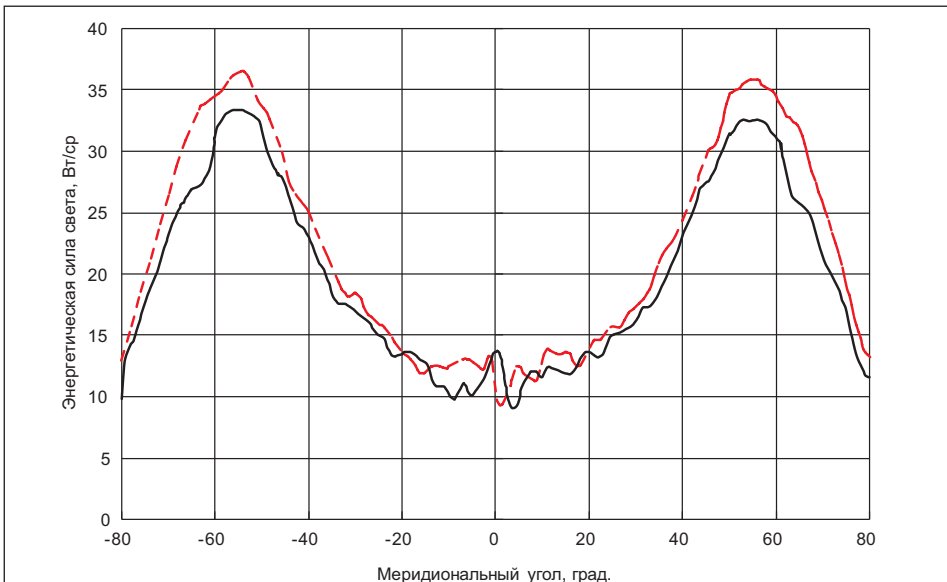


Рис. 6. Угловое распределение энергетической силы света светильника с защитным колпаком специальной формы

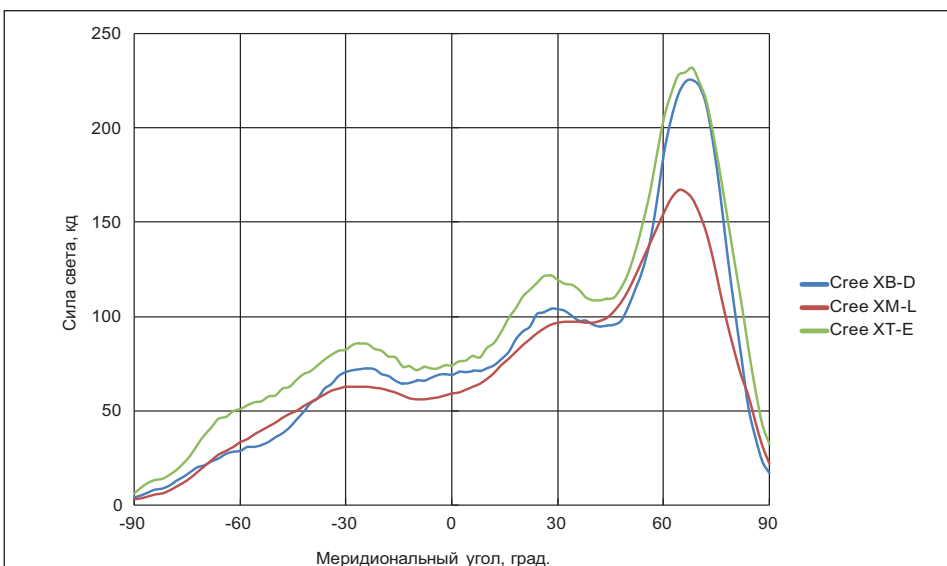


Рис. 7. КСС линзы Strada-2x2-DNW с различными светодиодами CREE: XB-D, XT-E, XM-L

в меридиональной плоскости светильника без защитной оптики. Когда в такой светильник устанавливается защитная оптика в виде пластины, характер распределения энергетической силы света изменяется (рис. 5). Следовательно, необходимо применять защитный колпак с поверхностью специальной формы, который позволяет избежать искажений КСС и потерь светового потока.

Методика расчета поверхностей с требуемыми световыми характеристиками приведена в [4]. Если изложить подход кратко, то производится дискретное построение колпака, где за основной критерий построения его формы принимается ортогональность поверхности на элементарном участке к световому вектору плотности падающего от источника потока. Расчет формы колпака производится в меридиональной плоскости светильника, поскольку именно в ней распределение силы света важно для нас. Исходными данными для расчета являются габаритные размеры колпака, определяемые конструктивом светильника. На рис. 6 показано угловое распределение энергетической силы света светильника с защитным колпаком рассчитанной формы. Как видим, распределение энергетической силы света близко к исходной кривой светильника без колпака.

Стоит отметить, что в зависимости от нормируемого уровня освещенности на дороге световой поток светильника варьируется в достаточно большом диапазоне значений от 9000 до 30 000 лм. При этом перед конструкторами-разработчиками стоит задача минимизации материалоемкости светильника с условием сохранения необходимых светотехнических характеристик, зависящих от тепловых параметров эксплуатации СД и параметров питающего устройства [5]. Поэтому для дорог категории освещения А и Б [2] необходимо использовать СД мощностью 2 и 5 Вт, поскольку в этом случае значительно уменьшаются массо-габаритные показатели светильника. Линзовая оптика для разных категорий дорог может быть одна и та же, поскольку подобрана относительно геометрии дороги и желательного расположения опор. Однако переход к источникам другого типа, например более мощным и, соответственно, имеющим другие размеры и конфигурацию корпуса, приведет к тому, что характеристики светораспределения будут хуже. Такой проблемы нет, когда линза уточняется под стандартизованный тип КСС для каждого используемого типа СД, что реализовано у производителем оптики LEDiL [1]. На рис. 7 можно увидеть, как изменяются направления максимальной силы света при использовании одной и той же линзы с СД разного типа.

Приведенные в данной статье принципы подбора оптической системы светильников для наружного освещения объясняют, как возможно получить оптимальное решение для необходимой задачи освещения. Общее качество осветительной установки определяется характеристиками отдельного светильника. Можно говорить о ее энергоэффективности, если входящие

в ее состав светильники имеют высокие фотометрические и конструктивные показатели и оптимальные характеристики по материалоемкости. Оптимизация выбора характеристик источника света в сочетании с различными типами линзовой оптики, а также использование эффективных защитных оптических колпаков (и все это на одном унифицированном корпусе) позволяют фирме «ЭКОЛАЙТ» производить качественную светодиодную продукцию.

Литература

1. www.LEDiL.com

- СП «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СП 52.13330.2010 от 20.05.2011.
- ГОСТ Р 54350-2011 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний». <http://vsegost.com/Catalog/50/50894.shtml>
- Куш О. К. Оптический расчет световых и облучательных приборов на ЭВМ. М.: Энергоатомиздат. 1991.
- Гвоздев С. М., Митрофанов А. В., Сафонов С. А., Холодилов В. И., Хухтикова В. А. Эффективное решение для мощных светодиодных светильников уличного освещения // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 1.

Комментарии представителя LEDiL Сакена Юсупова

saken.jusupov@LEDiL.com

Компания «ЭКОЛАЙТ» и лаборатория «НТЦ «Фотометрия» очень эффективно использовали новейшую оптику LEDiL. Из наборов стандартных линзовых модулей 2×2, одиночных линз и одного унифицированного корпуса они создали модельный ряд из более 60 типов светильников. Это дает возможность качественно осветить любые сложные объекты при оптимальных затратах и унификации производственных операций.

Компания LEDiL продолжает расширять ассортимент стандартных линзовых модулей. В начале 2013 г. были анонсированы линзы для промышленного освещения: C13232_HB-2×2-WW с шириной светового пучка на половине максимума силы света (FWHM) 72° и C13233_HB-2×2-M с шириной светового пучка на половине максимума силы света (FWHM) 25° (рис. 1). Весной этого года будет анонсирован ряд новых линз семейства Strada-2×2 (рис. 2) со световыми диаграммами для освещения автодорог. Это позволит значи-

тельно расширить ассортимент светильников компании «ЭКОЛАЙТ».

Важно особо отметить возможность сочетания одиночных и модульных линз, имеющих различные световые диаграммы, в одном светильнике. Данный подход позволяет специалистам самостоятельно конструировать КСС светильников с нужными световыми акцентами. В тех случаях, когда необходима разработка индивидуального линзового модуля из типовых одиночных линз в одной из стандартных конфигураций LEDiL (2×2, 1×6, 2×6), фирма LEDiL предлагает создать такой модуль на максимально льготных условиях.

Использование линз в виде модульных решений позволяет значительно снизить себестоимость вторичной оптики и получить реальную экономию при их монтаже. А при переходе к массовому производству светильников и заказе моноблочной линзы это дает успешный предварительный опыт применения проработанной оптической схемы и уверенность в правильности своих инвестиций в дорогое оборудование для производства моноблочной мультилинзы.



Рис. 1. Линза HB-2×2



Рис. 2. Линза Strada-2×2