

# Оперативный контроль фотобиологической безопасности светильников со светодиодами

А. В. КАРЕВ, Д. С. ЛЁСКИН

ООО «МГК «Световые Технологии», Москва  
E-mail: a.karev@ltcompany.com

## Аннотация

Фотобиологическая безопасность стала неотъемлемой частью требований к безопасности светильников общего назначения, в т.ч. при проведении обязательной сертификации. В этой связи резко возросла необходимость контроля данной характеристики при разработке и производстве ОП (светильников), а также при продажах импортных ОП на российском рынке. Вместе с тем экспериментальная оценка данного показателя, в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИЕС62471–2013, достаточно трудоёмка, требуя применения специального оборудования и квалифицированного персонала. Данное обстоятельство делает практически невозможным оперативный контроль фотобиологической безопасности производителями.

Зарубежная практика применения стандартов в области фотобиологической безопасности подтверждает данную проблему. В 2014 г. Международная электротехническая комиссия выпустила руководство по применению положений стандарта, значительно упрощающее процедуру данных оценок – ИЕС/TR62778:2014.

В статье описан метод применения положений этого руководства в качестве оперативного инструмента при разработке ОП (светильников) с СД белого света общего назначения. Положения заключаются в оценке уровня опасности по освещённости в зоне наиболее вероятного расположения наблюдателя и цветовым характеристикам источника света.

Предложен расчётный метод оценки уровней рисков на основе данных о пространственном светораспределении и коррелированной цветовой температуре ОП, проведено сравнение результатов расчётов с результатами испытаний в лабораториях.

**Ключевые слова:** технический регламент, фотобиологическая безопасность, светодиоды, опасность синего света, здоровье населения, контроль

качества, производственные испытания, методики испытаний, группы риска, информация для потребителя.

## Актуальность

В конце 2016 г. вступило в действие решение Коллегии Евразийской экономической комиссии в части дополнения технического регламента Таможенного союза «О безопасности низковольтного оборудования» (ТР ТС 004/2011) новыми требованиями по фотобиологической безопасности ламп и ламповых систем, а именно требованиями стандарта ГОСТ Р ИЕС62471–2013 («Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность»). Таким образом, при анализе безопасности применения современных осветительных приборов (ОП) и установок участники профессионального светотехнического рынка, надзорные органы, общественные организации и потребители продукции обязаны оценивать, учитывать и предупреждать о наличии или отсутствии каких-либо рисков в области фотобиологии.

Массовое применение светодиодных (СД) источников света в ОП придаёт данному вопросу особую актуальность. В 2010 г. в отчёте агентства ANSES (*French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety*) [1] были выражены озабоченности и тревоги о возможных последствиях внедрения СД в освещение. К настоящему времени мировой опыт эксплуатации светильников, научные и прикладные исследования специалистов разного профиля позволили более системно и взвешенно оценивать риски применения СД. В июне 2018 г. SCHEER (Научный комитет по здоровью, окружающей среде и новым рискам) утвердил отчёт [2]. На основе, представляющегося глубоким, анализа Комитет пришёл к выводу об отсутствии свидетельств прямого неблагоприятного воздействия СД на здоровье населения при нормальном исполь-

зовании. К аналогичным заключениям приходят и отечественные исследователи [3].

Вместе с тем международная практика оценки безопасности светильников общего назначения, в соответствии со стандартом ИЕС60598–1:2014 («Светильники. Часть 1. Общие требования и испытания»), с 2014 г. включает требования по оценке уровня опасности «синего света» – излучения в диапазоне  $\lambda = 400\text{--}500\text{ нм}$  – (*the blue light hazard*). Излучение этого диапазона может оказывать фотоповреждающее воздействие на сетчатку глаза [4, 5]. В соответствии с данным стандартом, при оценке степени риска (СР) при использовании ОП с СД (СД модулей) необходимо следовать положениям руководства ИЕС/TR62778:2014 («Использование ИЕС62471 при оценке опасности синего света для источников света и светильников»), в том числе и в части предложенного упрощённого метода оценки опасности по уровню освещённости в контрольной точке.

В целом метод оценки ОП (светильника) на соответствие требованиям ИЕС/TR62778:2014 включает следующие этапы:

- Определение группы риска (ГР) СД излучения (обычно путём серии измерений освещённости и (или) яркости по описанным в руководстве методам испытаний).
- Подтверждение того, что продукт имеет знаки на корпусе, информацию в спецификации, инструкции для пользователя о соответствующей установленной ГР.

- Создание отчёта по результатам испытаний, документирующее соответствие ОП требованиям ИЕС/TR62778:2014 и ИЕС60598.

Метод имеет важное практическое значение. Производители (продавцы) ОП получили инструмент оперативного контроля соответствия изделий требованиям фотобиологической безопасности и возможность использования отчёта при декларировании безопасности изделия в целом. По данным разработчиков точность получаемых оценок составляет 15 %, что можно считать приемлемым.

## Метод применения положений ИЕС/TR62778 на практике

Инженеры-испытатели Центральной заводской лаборатории МГК


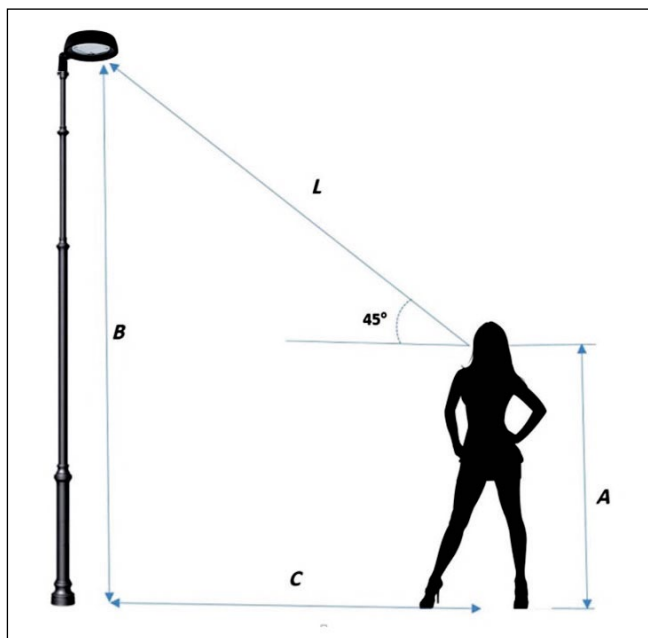
Группа риска	Уровень риска	Экспозиция	Дополнительная маркировка изделия
0	Отсутствует	Фотобиологическая опасность отсутствует, т.к. нет опасного синего излучения для сетчатки глаза в течение более, чем 10000 с (около 2,8 ч).	Не требуется
1	Небольшой	Фотобиологическая опасность при нормальных поведенческих ограничениях отсутствует, т.к. нет опасного синего излучения для сетчатки в течение 100–10000 с.	Не требуется
2	Средний	ОП не создают опасности неприятных ощущений, т.к. нет опасного синего света для сетчатки в течение 0,25–100 с.	 <p>Информация для внесения в документацию: <b>ВНИМАНИЕ!</b> Возможно опасное оптическое излучение, исходящее от этого изделия. Не смотрите на работающий источник света. Это может быть вредным для глаз.</p>

Рис. 1. Сцена наиболее вероятного расположения наблюдателя в зоне освещения ОП наружного освещения



«Световые Технологии», подтверждая соответствие продукции требованиям по фотобиологической безопасности, наряду с испытаниями ОП (светильников) в специализированных испытательных центрах, внедрили метод по IEC/TR62778:2014 в повседневную практику.

Согласно ГОСТ IEC62471–2013, ГОСТ IEC62031–2011 и IEC/TR62778:2014, ОП с СД классифицируются по степени фотобиологической опасности их излучения (по критерию «опасность синего света») на четыре ГР (табл. 1)<sup>1</sup>.

Целью проверки фотобиологической безопасности при применении

ОП с СД общего назначения является установление принадлежности ОП к безопасным ГР: ГР 0 или ГР 1.

В случае достижения уровня опасности по ГР 2 определяется условие наиболее вероятной установки ОП на объекте относительно возможных наблюдателей, при котором выполняется условие безопасной ГР 1 – границы ГР 1 / ГР 2. Данная информация должна размещаться на корпусе ОП в виде специального знака и в сопроводительной документации.

В табл. 2 приведены пороговые значения освещённости в точке расположения глаз наблюдателя на плоскости, перпендикулярной направлению на источник света, в зависимости от значения  $T_{\text{ИК}}$  (IEC/TR62778:2014), определяющие верхнюю границу принадлежности сценария к ГР 1.

Согласно положениям стандарта IEC/TR62778:2014, производитель (продавец) конкретного ОП самостоятельно определяет наиболее вероятное положение наблюдателя, при котором возможно ненамеренное облучение глаз светом ОП при его штатном расположении в пространстве. Данная методика вошла в отраслевой стандарт Ассоциации производителей светодиодов и систем на их основе (АПСС) как метод оценки фотобиологической опасности ОП с СД [6].

<sup>1</sup> Фотобиологическая опасность ОП общего назначения, соответствующая ГР 3, маловероятна на практике и в данном случае не рассматривается.

## Результаты расчётно-экспериментальных оценок

Таблица 2

Нами рассмотрены вероятные сценарии расположения наблюдателей и приведён пример оценки опасности воздействия синего света ОП с СД на зрительный орган человека на базе методики IEC/TR62778:2014.

Рассмотрим пример с консольным ОП для садово-паркового освещения (рис. 1):

- ОП расположен на опоре на высоте  $B = 4$  м.

- ОП выполнен на базе СД с  $T_{\text{цк}}$ , в первом случае равной 4000 К, а во втором – 5000 К.

Основная погрешность люксметра – в пределах  $\pm 10\%$ . Рассматриваемые в методе СД источники света для ОП общего назначения сходны по спектральному составу и дают белый свет. В этой связи возможная погрешность измерений освещения белым светом при разных  $T_{\text{цк}}$  ОП существенно не влияет на основную погрешность люксметра.

Наиболее вероятным, с позиций воздействия света на наблюдателя, следует считать расположение его на некотором расстоянии  $C$  от опоры ОП (в рассматриваемом примере,  $C = 2,5$  м). При этом голова наблюдателя находится на высоте около 1,6 м от поверхности земли, а взгляд направлен непосредственно на ОП, под углом около  $45^\circ$  к линии горизонта. Соответственно, расстояние до ОП от головы наблюдателя  $L \approx 3,5$  м (рис. 1). Следует добавить, что вероятный диапазон углов наблюдения ОП –  $(30-60)^\circ$  и оценки пороговых расстояний для ОП этого типа можно проводить в этой зоне.

На данном расстоянии следует измерить освещённость  $E_v$  на виртуальной плоскости, перпендикулярной направлению на ОП. В случае, если известна сила света  $I_v$  в данном на-

Диапазон значений $T_{\text{цк}}$ источника света, К	Пороговая освещённость в точке расположения глаз наблюдателя, лк, не более
$< 2350$	4000
$2350 \leq T_{\text{цк}} < 2850$	1850
$2850 \leq T_{\text{цк}} < 3250$	1450
$3250 \leq T_{\text{цк}} < 3750$	1100
$3750 \leq T_{\text{цк}} < 4500$	850
$4500 \leq T_{\text{цк}} < 5750$	650
$5750 \leq T_{\text{цк}} < 8000$	500

правлении (например, при измерении на гониофотометре), то освещённость определяется как  $E_v = I_v \cdot L^{-2}$ .

Допустим, что значение освещённости в выбранной точке составляет  $(750 \pm 75)$  лк. Тогда в случае источника света ОП с  $T_{\text{цк}} = 4000$  К условие соответствия ОП ГР 1 выполняется (табл. 2), т.к.  $(750 \pm 75)$  лк  $< 850$  лк.

Соответственно, 3,5 м является тем расстоянием, с которого можно наблюдать источник света ОП без негативных последствий для зрительного аппарата. Минимально допустимое пороговое расстояние начала зоны ГР 2 можно более точно определить экспериментально или расчётным путём.

После определения величины порогового расстояния, требуется разместить соответствующую информацию в технической документации и предупредительный знак на корпусе ОП с СД общего назначения о принадлежности к ГР 2 при наблюдении с определённого расстояния.

Теперь представим, что  $T_{\text{цк}}$  источника света ОП равна 5000 К. В этом случае условие соответствия ОП ГР

1 – не выполняется, так как в данном случае освещённость, согласно IEC62778:2014, не должна превышать 650 лк. Для определения минимально допустимого расстояния следует отдалять виртуальную точку расположения головы наблюдателя до получения значения освещённости не выше 650 лк. В этом случае определится новое значение этого расстояния, с которого можно наблюдать источник света ОП без серьёзных последствий для зрительного аппарата (например, 4,5 м). В данном случае потребуются разместить предупредительный знак на корпусе ОП с СД с излучением ГР 2, указывающий «минимальное расстояние 4,5 м».

Определение принадлежности ОП к ГР 0 проводится с помощью определения габаритной яркости светящего тела в направлении глаз наблюдателя. Яркость определяется при помощи соответствующего средства измерения согласно ГОСТ Р 54350–2015. Положение виртуального наблюдателя выбирается исходя из примера, описанного выше. Если измеренное

Рис. 2. Интерфейс программы для оценки уровня фотобиологической опасности и распределение силы света ОП (светильник) в декартовых координатах (CRI – общий индекс цветопередачи  $R_d$ )



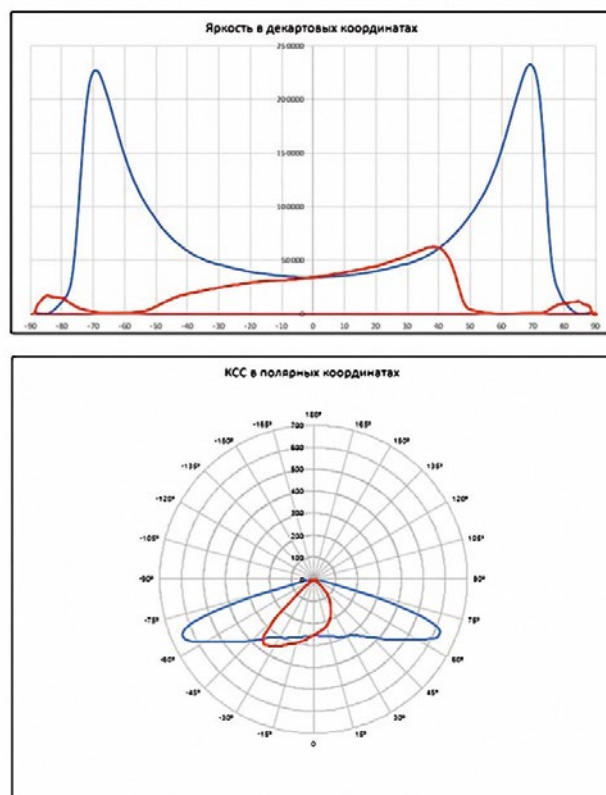
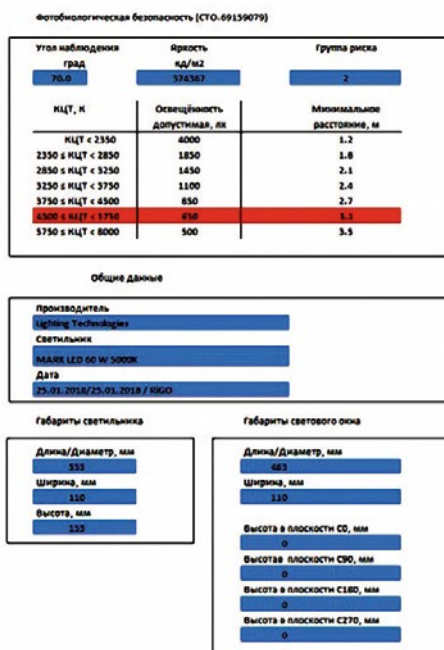


Рис. 3. Интерфейс программы с результатами оценки уровня светобиологической опасности и габаритная яркость ОП (светильник) в декартовых координатах

(вычисленное) значение габаритной яркости меньше 10000 кд/м<sup>2</sup>, ОП относится к ГР 0.

Изложенный подход к оценке принадлежности ОП к той или иной ГР по фотобиологической безопасности позволяет использовать данные пространственного распределения силы света ОП, полученные на гониофотометре, в виде файлов *LDT*.

Нами была разработана соответствующая программа, позволяющая оперативно оценивать указанные характеристики ОП. Помимо данных о распределении сил света в файлах *LDT* содержится информация об электрических и цветовых характеристиках, а также габариты ОП. Ряд параметров при расчёте вводится вручную. Прежде всего это наиболее вероятный угол наблюдения ОП.

Для удобства пользователей информация о распределении силы света и яркости ОП выводится в виде графиков (рис. 2 и 3). Такая информация полезна при анализе пространства вокруг ОП и определении наиболее «фотобиологически опасных» зон. Далее программа проверяет все меридиональные плоскости под указанным выше углом и указывает его максимум.

Сравнение полученных результатов с результатами испытаний, выполнен-

ных в аккредитованных лабораториях, позволило констатировать, что оценки по упрощённому методу, согласно IEC/TR62778:2014, являются оценками опасности сверху. Это позволяет гарантированно определять расстояние до безопасных зон расположения наблюдателя – зон, где выполняются условия ГР 1 фотобиологической безопасности для ОП белого света, и, при необходимости, размещать данную информацию на предупреждающем знаке на корпусе ОП.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED). URL: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2008sa0408.pdf> (дата обращения: 01.11.2018).
2. Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs). Final opinion. URL: [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific\\_committees/scheer/docs/scheer\\_o\\_011.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/scheer/docs/scheer_o_011.pdf) (дата обращения: 01.11.2018).
3. Амеликина С.А., Железникова О.Е., Синуцына Л.В. Об эффективности освещения светодиодами по зрительной работе // Светотехника.– 2018.– № 2. – С. 6–10.
4. Блаттнер П., Даниленко К., Зак П., Текшева Л., Шаракшанэ А. Световая среда для человека: наука, промышленность

и закон // Светотехника.– 2016.– № 1. – С. 45–49.

5. Point S. Blue Light Hazard: are exposure limit values protective enough for newborn infants? // Radioprotection.– 2018. – Vol. 53, No. 3. – P. 219–224. URL: <https://doi.org/10.1051/radiopro/2018025> (дата обращения: 01.11.2018).

6. СТО.69159079–02–2018 «Приборы осветительные светодиодные. Требования к подтверждению технических и эксплуатационных параметров. Методы испытаний».



**Карев Александр Владимирович,**  
кандидат техн. наук. Окончил в 1983 г. МЭИ. Технический директор ООО «МГК «Световые Технологии»



**Лёскин Дмитрий Сергеевич,**  
инженер. Окончил в 2010 г. МЭИ (ТУ). Инженер-оптик ООО «МГК «Световые Технологии»