

Лесли Лайонс (Leslie Lyons)

Перевод: Василина Рочева

Определение группы риска, которая характеризует фотобиологическую безопасность в светодиодном освещении

➔ В статье подробно представлены классификация по группам риска и методы оценки, применяемые в отношении протяженных источников света, таких как светодиодные матрицы и линейки.



Хотя светодиоды и приносят много пользы миру общего освещения, производителям полупроводниковой светотехники все еще приходится доказывать, что их продукция не представляет фотобиологической опасности для людей.

В декабрьском выпуске 2013 г. *LEDs Magazine* представлен новый подход к оценке фотобиологической безопасности источников света, предназначенных для освещения. А в этой статье мы более детально рассмотрим технический отчет IEC TR 62778 и подробно обсудим проблему корректного исследования протяженных источников, таких как светодиодные матрицы и линейки.

IEC TR 62778, Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires («Применение стандарта IEC 62471 в отношении источников света и светильников для оценки опасности синего света») представляет собой руководство по оценке опасности синего света для сетчатки глаза от источников света, предназначенных для освещения. Эта оценка основана на определении того, является ли синий свет источника опасным для сетчатки глаза на расстоянии 200 мм, то есть имеется ли превышение предела группы риска 1, установленного единым стандартом фотобиологической безопасности IEC 62471. В настоящее время оценка, представленная в виде технического отчета, реализуется в новых изданиях нормативных стандартов IEC по безопасности ламп и светильников. Во время написания статьи большинство этих обновлений были приняты в Европе Европейским комитетом по электротехническим стандартам (CENELEC) в качестве европейских стандартов, а также приведены в соответствие с директивой ЕС о низковольтном оборудовании, 2006/95/ЕС.

Ко времени публикации в 2012 г. технического отчета IEC TR 62778 происходил медленный отход от применения стандарта IEC 62471, и этот процесс, похоже, начал набирать обороты. Сложная процедура оценки источников, предусмотренная в IEC 62471, будет заменена гораздо более простым подходом, но со значительными сложностями в отношении протяженных источников. Этот последний случай, в определенной степени, рассмотрен в IEC TR 62778 Edition 2: 2014.

Существенным поводом для написания этого технического отчета стала необходимость снижения сложности проведения измерений для производителей светильников. Это до-

стигается двумя способами. Во-первых, путем создания условий, при которых группа риска, определенная для источника света, может быть перенесена на светильник. Во-вторых, предоставлением выбора методик оценки, две из которых основаны на общедоступных данных. Поэтому данный технический отчет следует считать посвященным оценке как первичного источника света (табл. 1), так и светильника (табл. 2).

Один технический отчет — три метода оценки

В данном техническом отчете для оценки опасности синего света предложены три метода (табл. 3).

Метод А

Производитель источников света может предоставить таблицу с разными значениями КЦТ (≤ 8000 К) и соответствующими значениями освещенности, ниже которых будут выполняться условия группы риска 1. По этой таблице можно определить пороговое значение освещенности E_{thr} для источника света с данной цветовой температурой. Это значение может быть указано в спецификации на первичный источник света и использовано для расчета порогового расстояния d_{thr} для светильника. Если пороговое расстояние оказывается менее 200 мм, то есть меньше того, на котором проводится оценка группы риска, то для такого светильника должна быть указана группа риска 1. В этот метод заложен коэффициент запаса 2, и он не может использоваться для переноса группы риска на светильник.

Метод В

Производитель может предоставить таблицу значений яркости как функцию КЦТ (≤ 8000 К). Ниже них находится группа риска 1. Дополнительно к знанию КЦТ источника теперь потребуется измерить яркость ($\text{кд}/\text{м}^2$). При измерении яркости поле зрения не должно выходить за пределы светящейся области источника (подробнее об этом — далее). В случае если измеренная яркость первичного источника света ниже, чем приведенная в таблице, светильнику присваивается

Таблица 1. Возможные результаты оценки первичных источников света согласно IEC TR 62778

Результат оценки	Описание
Группа риска 0 без ограничений	В любых случаях не превышает предел опасности синего света, группа без риска *
Группа риска 1 без ограничений	В любых случаях не превышает предел опасности синего света, группа риска 1 *
E_{thr}	Освещенность, соответствующая верхней границе группы риска 1

* Предусмотренные условия эксплуатации в светильнике не увеличивают интенсивность излучения.

Таблица 2. Возможные результаты оценки светильников согласно IEC TR 62778

Результат оценки	Описание
Группа риска 0	Не превышает предел опасности синего света, группа без риска
Группа риска 1	Не превышает предел опасности синего света, группа риска 1
d_{thr}	Расстояние от светильника, соответствующее значению E_{thr}

группа риска 1. В данный метод заложен коэффициент запаса 2. Если измеренная яркость превышает табличные значения, то следует выбрать метод А или С.

Метод С

Использование этого метода было подробно рассмотрено в декабрьской статье 2013 г. Он дает самую точную оценку степени опасности синего света, поскольку основан на непосредственном спектрометрическом измерении.

Четвертый вариант

В будущем будет предложен четвертый метод, заключающийся в расчете яркости в поле зрения 11 мрад на основе данных о распределении яркости источника. Спектральное измерение того же источника позволяет определить значение $K_{B,v}$ — параметра, определенного в техническом отчете как отношение величины, характеризующей опасность синего света, к соответствующей фотометрической величине. Получаемые таким образом данные позволяют определить значения облученности синим светом, необходимые для сравнения с пределом для группы риска 1.

Следует учитывать влияние переноса данных, полученных с помощью метода А или В, с первичного источника света на светильник, поскольку метод оценки, использованный для определения группы риска первичного источника, не всегда сообщается. Коэффициент запаса, равный 2, может оказаться довольно высокой платой за простоту.

И наконец, с учетом того, что КЦТ и $K_{B,v}$ как правило, рассчитываются из спектраль-

ной плотности полного потока излучения, следует иметь в виду, что это спектральное распределение может не соответствовать тому, которое будет измерено при определении степени опасности синего света. Например, в случае, представленном на рис. 1, у спектрального распределения, полученного при

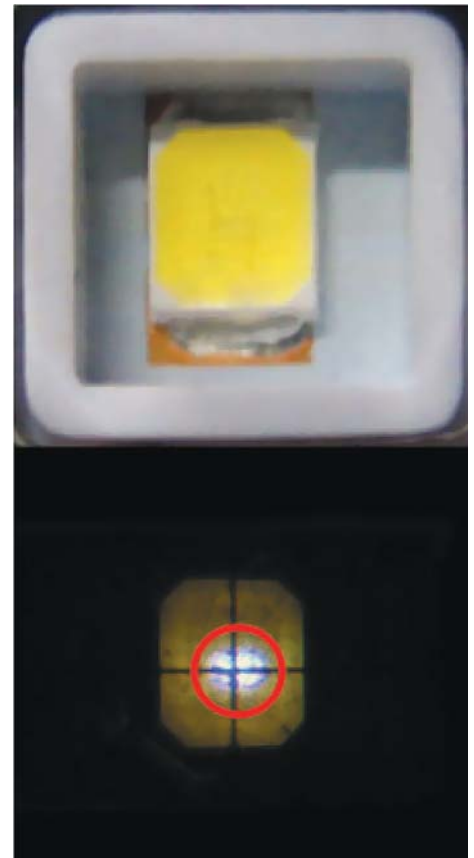


Рис. 1. Белый светодиод состоит из одного небольшого светодиодного чипа, излучающего синий свет и накрытого люминофорным слоем большего размера. Измерение спектральной плотности энергетической яркости в поле зрения 11 мрад, центрированного по центру чипа, будет давать значения величин КЦТ и $K_{B,v}$ значительно отличающиеся от полученных при измерении спектральной плотности полного потока излучения того же светодиода

Таблица 3. Обзор методов оценки IEC TR 62778

	Метод А	Метод В	Метод С
Входные данные	КЦТ	КЦТ Яркость	Размеры источника Спектральная энергетическая яркость/ энергетическая освещенность (300–780 нм)
Результат(ы)	E_{thr}	Группа риска 1 без ограничений E_{thr}	Группа риска 0 без ограничений Группа риска 1 без ограничений E_{thr}

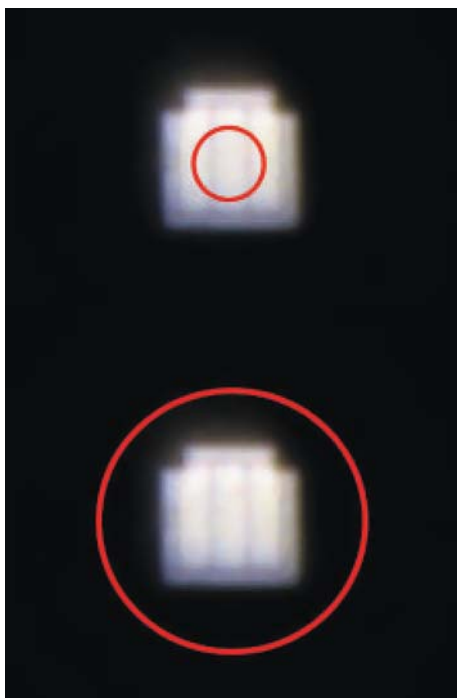


Рис. 2. Условия измерения «истинной» (наверху) и «физиологической» (внизу) энергетической яркости

измерении энергетической яркости, будет значительно больший по высоте синий пик. Следовательно, и значения КЦТ и $K_{B,v}$ будут отличаться от получаемых при измерении полного потока излучения в том случае, когда спектральное распределение будет определяться излучением всего источника, выходящим во всех направлениях. Коэффициент запаса для методов А и В должен предусматривать такие ситуации, чего не требуется при определении $K_{B,v}$.

Условия переноса групп риска

С учетом закона сохранения яркости перенос группы риска опасности синего света возможен при условии, что измерение яркости выполняется в круговом поле зрения, не выходящем за рамки светящейся области источника. Иногда такое измерение называют измерением «истиной» яркости, в отличие от «физиологической» яркости, рассматриваемой при оценке фотобиологической опасности. На рис. 2 приведены два условия измерений.

Согласно методу С для источников, имеющих диаметр менее 2,2 мм, должно быть определено значение только одной величины — E_{thr} для чего потребуется измерить спектральную плотность энергетической освещенности. В то время как для источников диаметром свыше 2,2 мм должна

быть измерена спектральная плотность энергетической яркости, чтобы можно было не только определить значение E_{thr} , но и выяснить, какой группе риска они соответствуют: группе 1 без ограничений или группе 0 без ограничений. Такое разделение обусловлено тем, что на расстоянии 200 мм поле зрения 11 мрад охватывает круг диаметром 2,2 мм. Чтобы избежать путаницы в понимании того, следует ли выполнять измерение энергетической яркости или энергетической освещенности, необходимо точно определить, полностью или нет источник заполняет круг диаметром 2,2 мм. Если первичный источник света не полностью заполняет эту область, то группу риска переносить нельзя. В этом случае, чтобы обеспечить измерение истинной яркости, поле зрения должно быть уменьшено, однако это может привести к завышению опасности.

При измерении истинной яркости первичного источника делается предположение о ее равномерности по полю зрения 11 мрад. Однако в случае неравномерной яркости, когда ее максимумы значительно выше среднего значения, такое допущение будет уже неверно. Вероятно, этот случай рассмотрится в будущем.

Последнее замечание о переносе. До настоящего времени производители первичных источников света указывали для своей продукции группу риска, руководствуясь стандартом IEC 62471, поэтому перенос групп риска допустим не во всех случаях. При оценке опасности синего света группа риска может быть перенесена только после того, как было сделано измерение истинной энергетической яркости первичного источника света. В соответствии с IEC 62471 при оценке опасности для группы риска 0 выполняется измерение в круговой области диаметром 20 мм, для группы риска 1 — диаметром 11 мм, а для группы риска 2 — диаметром 0,34 мм. Если в светильнике более одного источника попадают в окружность диаметром, соответствующим указанной группе риска, то выполнять перенос недопустимо.

Определение d_{thr}

Если светильник выходит за пределы группы риска 1 на расстояние 200 мм, то необходимо определить расстояние, соответствующее предельному значению энергетической яркости для этой группы. Чтобы упростить способ определения указанного расстояния, энергетическая яркость синего света в поле зрения 11 мрад

оценивается с помощью энергетической освещенности путем расчета порогового значения энергетической освещенности E_{thr} для группы риска 1. Такой метод имеет преимущество, так как позволяет использовать данные гониофотометра (и закон обратных квадратов) или люксметра при определении расстояния d_{thr} , соответствующего значению E_{thr} .

При таком способе не принимается во внимание тот факт, что измерения должны быть выполнены в поле зрения с угловым размером 11 мрад. Если на данном пороговом расстоянии d_{thr} размеры светящейся области светильника выходят за границу поля зрения 11 мрад, то излучение источника, выходящего вне этого поля, приводит к увеличению уровня освещенности и, следовательно, к завышению расстояния d_{thr} . Во многих случаях это не повлияет на возможность использования светильника, но может негативно отразиться на отношении к нему рынка, так как потребители будут выбирать светильники, имеющие более короткое пороговое расстояние d_{thr} , считая их более безопасными.

Следует отметить, что указанный метод в настоящее время допустимо применять только для источников белого света, поскольку для цветных источников использование скорректированных под кривую чувствительности глаза фотометров может привести к значительным ошибкам из-за неидеальности такой коррекции. Хотя в стандарте и нет конкретных указаний по этому поводу, в случае применения гониофотометра или люксметра следует измерять спектр излучения для расчета поправочного коэффициента.

Определение d_{thr} протяженных источников

В приложении D технического отчета ЕС TR 62778 2014 г. содержатся рекомендации для случая протяженных источников, угловой размер которых превышает 11 мрад на расстоянии d_{thr} , полученном при первоначальной оценке. Для ясности оно обозначено здесь как d_N . Хотя изложенные там принципы номинально и применимы к светодиодным источникам, они могут использоваться и в отношении других протяженных источников света.

Зависимость энергетической яркости синего света от расстояния предсказать сложно, поскольку значение яркости является результатом усреднения светящейся обла-

сти и темного фона, попадающего в поле зрения (рис. 3). Следовательно, измеряемая яркость сильно зависит от расстояния и формы светящейся области источника, находящейся в круговом поле зрения.

Определив значение d_N , следует оценить, выходит ли светящаяся область источника за пределы круга, описываемого полем зрения 11 мрад на расстоянии d_N (то есть круга диаметром, равным $0,011 d_N$). Если источник полностью находится в этой области, то $d_N = d_{thr}$. В противном случае, как показано сверху на рис. 4, значение d_N окажется слишком завышенным и может быть уточнено описанным ниже способом. Следует отметить, что в пунктах 3 и 4 приложения D приведен

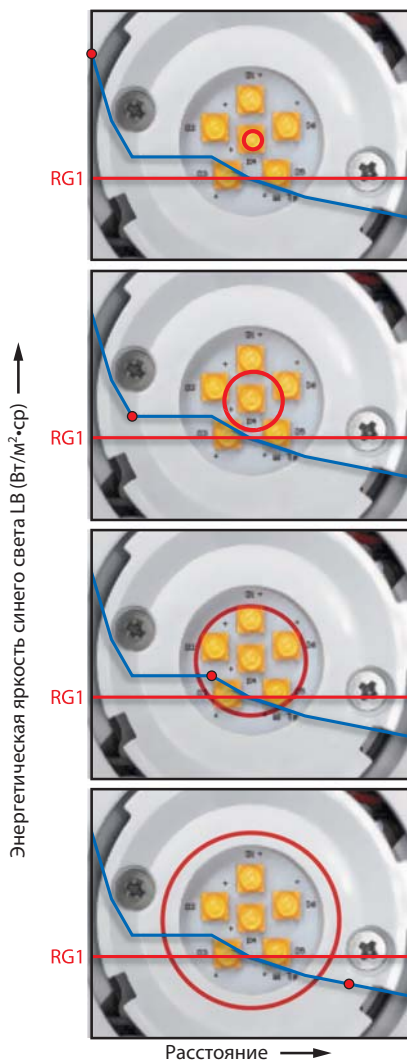


Рис. 3. На серии изображений показана зависимость энергетической яркости синего света в поле зрения 11 мрад от расстояния до наблюдателя. Усредненная по полю энергетическая яркость снижается ниже уровня группы риска 1 (RG1) только тогда, когда в поле зрения попадает весь источник целиком

подход к этому вопросу с другой точки зрения, но из-за неоднозначности представленных там определений рекомендуется следующая простая оценка.

Должно быть определено расстояние d_1 , соответствующее значению освещенности E_{thr} , создаваемой единичным светодиодом. Предполагается, что оно будет определяться с помощью люксметра, поскольку сила света единичного излучателя будет слишком низкой для того, чтобы использовать гониофотометр, предназначенный для светильников. Затем следует рассмотреть область, описываемую полем зрения 11 мрад на расстоянии d_1 (то есть диаметром $0,011 d_1$). Если в пределах этой области находится только один излучатель, как на нижнем изображении на рис. 4, то $d_1 = d_{thr}$. Если больше одного излучателя попадает в эту область и если значение E_{thr} взято из спецификации на светодиод, то светильник может не выходить за пределы группы риска 1, даже если результаты его измерений показывают обратное. Именно в этом случае рекомендуется выполнить измерение спектральной плотности энергетической яркости на расстоянии d_1 в поле зрения 11 мрад. Если результат ниже предела группы риска 1, то $d_1 = d_{thr}$. Во всех остальных случаях истинное значение d_{thr} лежит между этими двумя крайними точками, поэтому по умолчанию принимается худший случай — $d_N = d_{thr}$.

Таким же образом можно рассмотреть, например, расстояние d_2 от используемых в светильниках светодиодных матриц или модулей, для которых определено значение E_{thr} . В этом случае для оценки фотобиологической опасности нужно просто повторить описанный выше процесс.

Для измерения d_1 (или d_2) требуется, чтобы все другие светодиоды (излучатели) в светильнике были отключены или закрыты, что во многих случаях не является ни легко реализуемым, ни практичным. В этом случае можно рассчитать диаметр поля зрения, при котором энергетическая яркость синего света уменьшится (за счет усреднения) до предельного значения группы риска 1. Этот диаметр рассчитывается по формуле: $d = \sqrt{L_B \times A / \pi \times 10000}$, где A — оценочное значение площади единичного излучателя, L_B — предельное значение для группы риска 1. Если только один светодиод находится в пределах круга диаметром d , то $d_{thr} = d/0,011$. А если более одного излучателя, то их количество должно быть

включено в повторный расчет, и т. д., то есть применяется итеративный метод. Несмотря на то, что такой метод добавляет некоторые осложнения к указанному в приложении D, он может оказаться полезным для анализа некоторых типов источников света, а также в других случаях, когда нужно понять, требуется ли проведение более трудоемких измерений.

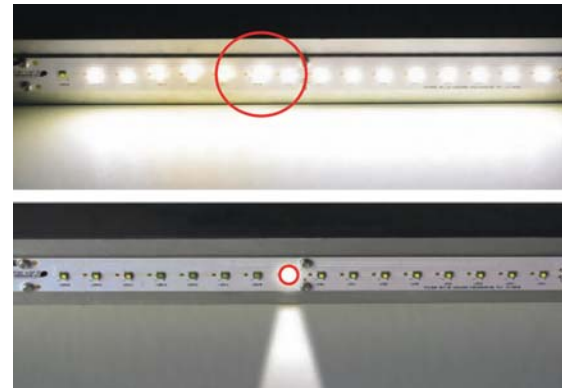


Рис. 4. Верхнее изображение показывает источник, выходящий за пределы поля обзора 11 мрад при d_N , для которого происходит завышение порогового расстояния. При использовании d_1 (нижнее изображение) только один излучатель попадает в поле зрения 11 мрад и $d_1 = d_{thr}$

Выводы

Применение IEC TR 62778 и нового подхода к оценке фотобиологической безопасности источников, предназначенных для освещения, во многих случаях поможет упростить работу по выполнению этой оценки. Однако в тех случаях, когда для определения значения d_{thr} требуются описанные в данной статье уточняющие процедуры, встает вопрос о необходимости в дополнительных разъяснениях, которые не всегда можно описать в стандарте. Это подчеркивает необходимость в формулировании более здорового метрологического подхода к определению значения d_{thr} . Ожидается, что теперь, благодаря приведению большинства стандартов, распространяющихся на лампы и светильники, в соответствии с Директивой ЕС о низковольтном оборудовании, технический отчет IEC TR 62778 будет все чаще приниматься во внимание и применяться. Однако проблема оценки протяженных источников окончательно еще не закрыта.

Оригинал статьи опубликован на www.ledsmagazine.com