

Антон Шаракшанэ | anton@colorindex.ru

Защита зрения при работе со светодиодами без рассеивателя

Разработка и производство светодиодных светильников связаны с необходимостью смотреть на открытые светящиеся диоды. Рабочий, проверяя собранные светильники, осматривает поле светодиодов мельком, но десятки раз в день. Инженер, измеряя температуру точки пайки, смотрит на открытый светодиод реже, но дольше и с более близкого расстояния. Оба наноят вред своему зрению, который не становится меньше оттого, что на настоящий момент в России еще нет стандартов, норм и правил, предписывающих конкретные меры защиты зрения в такой ситуации.

Фотоповреждение сетчатки

Оптическая система глаза строит на сетчатке изображение видимого мира (рис. 1). И если габаритная яркость какого-то объекта в наблюдаемой сцене высока, его изображение также оказывается ярким.

Высокая облученность небольшой области сетчатки приводит к ее тепловому и фотохимическому повреждению. Тепловое повреждение сетчатки происходит немедленно и выражается в тепловом разрушении биологических компонентов клеток. Фотохимическое повреждение, или «повреждение синим светом», развивается в течение 12–24 ч после облучения. И тепловые, и фотохимические повреждения сетчатки видны при офтальмологическом осмотре как депигментация, симптомы проявляются в виде появления слепой области (скотомы) в поле зрения. При сильном повреждении потеря зрения необратима.

Работа с открытыми светодиодами в производственной практике, скорее всего, не приводит к столь впечатляющим последствиям, как на рис. 2 [2], к тому же небольшие повреждения сетчатки могут быть человеком не замечены из-за высокой адаптационной способности

зрительной системы. Но мы будем говорить не об оценке степени возможной опасности, а о способности средств индивидуальной защиты снизить степень воздействия света мощного осветительного светодиода на зрение человека до заведомо безопасного уровня в соответствии с IEC 62471:2006 [1].

Средства индивидуальной защиты

В КБ светотехнической компании или в цехе сборки светильников попадание открытых светодиодов в поле зрения людей неизбежно. Темные солнцезащитные очки кажутся естественным решением, но на практике помогают мало, так как ориентироваться в таких очках можно только под открытым небом, в помещении же в них кроме светодиодов ничего не видно. Практика показала, что, используя только черные очки, взгляда на яркий светодиод без очков избежать не удастся.

Альтернативой могут быть красные очки. Они задерживают наиболее опасную синюю компоненту, пропуская лишь длинноволновый красный «хвост» спектра типичного белого

светодиода (рис. 3). Опасность фотоповреждения снижается, и, в отличие от темных очков, в красных можно работать постоянно.

В качестве пробных лабораторией «Архилайт» были измерены очки российской производства из красного поликарбоната Carbomix-10 UV 123П. Эти же очки были розданы на тестирование сорока производителям светодиодной светотехники — участникам выставки «Интерлайт–2012». Были измерены зависимость коэффициента светопропускания материала очков от длины волны и изменение спектра холодного белого света светодиода Cree XM-L до и после прохождения через линзы.

Протестированные очки практически не пропускают волны короче 550 нм, защищая тем самым от опасности синего света. Но опасностью термического повреждения сетчатки пренебречь нельзя, так как длинные волны также

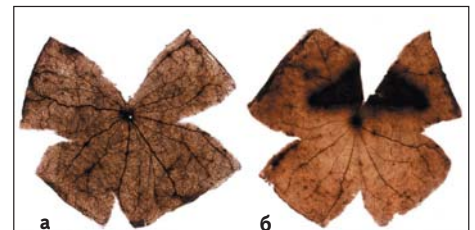


Рис. 2. Сетчатка крысы: а) из контрольной (необлученной) группы; б) сетчатка крысы после 72 ч под яркими лампами (освещенность 3000 лк) с закапанным в глаза атропином



Рис. 3. Красные очки не пропускают наиболее опасную коротковолновую компоненту

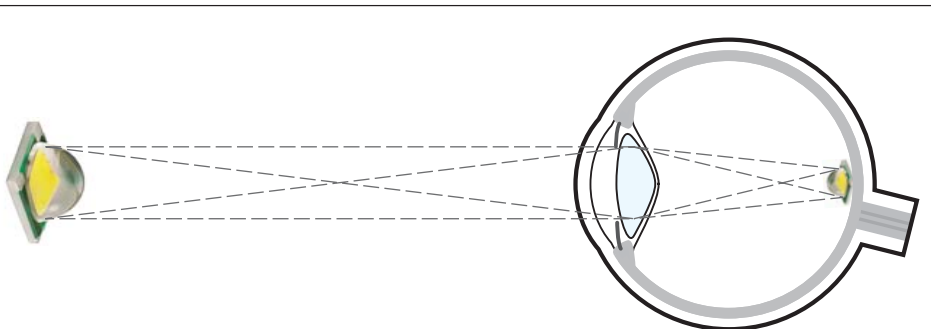


Рис. 1. Оптическая система глаза строит на сетчатке изображение яркого объекта. Чувствительная ткань сетчатки в области, на которую спроецировано яркое изображение, может быть повреждена

оказывают тепловое воздействие, которое при высокой яркости изображения может быть опасным. Область пропускания красных очков t практически не пересекается с областью значимости функции опасности синего света $B(\lambda)$, но частично пересекается с функцией опасности термического повреждения $R(\lambda)$ (рис. 4).

Как показано в [3], норматив 5000 кд/м^2 для светильников в помещениях с постоянным пребыванием людей соответствует требованию к площади рассеивателя не менее чем 1 см^2 на один излучаемый люмен. В стандарте [1] принято, что источники белого света не представляют термической и фотохимической опасности для сетчатки вплоть до яркости 10^4 кд/м^2 . Современный осветительный светодиод может излучать до 200 лм с площади

в 1 мм^2 , что соответствует габаритной яркости порядка 10^8 кд/м^2 . Таким образом, для достижения безопасного уровня яркости в 10^4 кд/м^2 необходимо, чтобы средство защиты зрения уменьшало степень опасности яркого источника света на четыре порядка. Темные очки с таким пропусканием должны иметь оптическую плотность 4, что соответствует требованиям к очкам для электросварки. Очки для вспомогательных работ при электросварке, а также для газосварки и тем более для высокоширотных экспедиций, водных просторов, горного туризма и т. д. не имеют достаточной оптической плотности и не обеспечивают должной защиты.

Коэффициенты уменьшения степени опасности яркого источника света для протести-

рованных очков и данного спектра белого светодиода рассчитаны по формулам:

$$k_B = \frac{\sum_{380}^{800} X_1(\lambda)B(\lambda)}{\sum_{380}^{800} X_2(\lambda)B(\lambda)} = 2970,$$

$$k_R = \frac{\sum_{380}^{800} X_1(\lambda)R(\lambda)}{\sum_{380}^{800} X_2(\lambda)R(\lambda)} = 35,$$

где $X_1(\lambda)$ и $X_2(\lambda)$ — спектр светодиода до и после прохождения через очки; $B(\lambda)$ — функция опасности синего света; $R(\lambda)$ — функция термической опасности; k_B — коэффициент уменьшения опасности синего света; k_R — коэффициент уменьшения опасности теплового повреждения сетчатки.

Таким образом, опасность повреждения синим светом конкретного светодиода при использовании данных очков уменьшается в 2970 раз, а опасность термического повреждения сетчатки — только в 35. И если опасность синего света снижается до того же порядка, что и безопасные значения, то опасность термического поражения остается значимой (рис. 5).

Спектры поглощения красных прозрачных пластиков разных марок, измеренные в разных лабораториях, имеют несколько отличные, но похожие спектры, и можно предполагать, что любые очки насыщенного красного цвета (без малинового или иного оттенка) будут иметь примерно одинаковые защитные свойства. Таким образом, красные очки целесообразно использовать для устранения опасности синего света и значительного уменьшения опасности термического фотоповреждения сетчатки при работе с открытыми светодиодами, если необходимо ориентироваться и видеть рабочее поле. Но полной защитой зрения от открытого мощного осветительного светодиода они не являются. Возможно, для более полной защиты стоит использовать очки, поглощающие все длины волн, вплоть до глубокого красного, совместно с освещением рабочего места лампой накаливания (или светодиодной лампой с диодами глубокого красного света). Проверенным и действенным способом защиты зрения остаются либо рассеиватель достаточной площади [3], либо очки для электросварки с оптической плотностью не менее 4.

Литература

1. IEC 62471:2006. Photobiological safety of lamps and lamp systems. <http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/036396>
2. Garcia Ayuso Diego, Salinas Navarro Manuel, Agudo Marta, Cuenca Navarro Nicol s, Pinilla Lozano Isabel, Vidal Sanz Manuel, Villegas P rez Mar a Paz. Retinal ganglion cell axonal compression by retinal vessels in light-induced retinal degeneration // Molecular Vision. 2011. Vol. 17.
3. А. Шаракшанэ. Минимальная площадь рассеивателя, при которой светильник не слепит // Современная светотехника. 2012. № 3.

