

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

А. И. КИРИЛЕНКО, В. И. ФИРСОВ

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Безопасность полетов во многом определяется качеством освещения взлетно-посадочной полосы (ВПП). Эргономичное освещение кабин обеспечивает высокую работоспособность летного состава. Световое оформление аэропортов, лестницы салонов самолета является не только элементом дизайна, но и благоприятно влияет на психологический настрой пассажиров [1]. Обеспечение этого светотехнического комплекса требует немалых энергозатрат, и гонка за престижем только увеличивает затраты. В последнее время светодизайну уделяется настолько много внимания, что исчезает сам термин «наружное освещение». Теперь прогресс в этой области достигается за счет светодиодных (СД) источников света. Темпы развития СД ламп поражают. Первые лампы на полупроводниковых гетероструктурах имели мощность 1–3 Вт. В настоящее время лучшие образцы дают 500 лм (белые), быстро растет и светоотдача. Уже достигнут рубеж 120 лм/Вт и до 200 лм/Вт и при токе 350 мА. Достигнутые яркостные характеристики СД способны обеспечить осевой огонь прямого участка рулежной дорожки (РД) (0,2 кд, зеленый), осевой огонь закругленного участка РД (0,1 кд, зеленый), стоп-огонь (0,2 кд, красный), предупредительный огонь (0,2 кд, желтый). Те возможности, которые предоставляют СД источники по энергоэффективности и светодизайну также впечатляют. Мы имеем в своем распоряжении световые модули, световые шнуры, ленты, диски и даже тарелки [2]. Светодиодный осветитель, сопряженный с фотобатареей, ветрогенератором и аккумулятором (суперконденсатором), перевернул представление об энергетической эффективности освещения. Теперь имеется возможность простого и безынерционного управления не только яркостными, но и цветовыми (спектральными) характеристиками. На этой базе создана концепция интеллектуального освещения (smart light) – по сути, динамического освещения с новыми возможностями.

Недавно опубликованы исследования соотношения «цена – качество» некоторых светодиодных источников на российском рынке [2] (таблица 1).

Таблица – Основные характеристики светодиодных источников света

Фирма	Светоотдача, лм/Вт	Световой поток, лм		Расход за год, руб.	Мощность, Вт		Стоимость, руб.
		заявленный	фактический		заявленная	фактическая	
Эра	89,9	600	520	276,96	7	5,78	119
Gauss ELEMENTARY	88,1	550	515	279,84	6	5,84	98
PHILIPS	94,5	560	570	288,94	6	6,03	128
СТАРТ	96	640	772	384,78	8	8,04	299
OSRAM	85	806	782	440,84	9	9,2	163

Как видим, заявленные технические характеристики не всегда соответствуют реалиям. К сожалению, приведенные данные еще не позволяют рассчитать эффективность освещения рассмотренными типами ламп, поскольку отсутствуют данные по сроку службы. Этот параметр испытывает существенные колебания не только от производителя к производителю, но и от одной лампы к другой. На него также влияют условия эксплуатации, в частности, износ включением. Известно, что такой эксплуатационный параметр для СД источников еще не исследовался. Объективно эффективность освещения должна оцениваться по выработанной источником световой энергии (люмен-часы) отнесенной к затратам (руб.), учитывающим стоимость источников, электроэнергии, расходов по уходу за световыми приборами за время эксплуатации, а также стоимость природоохранных мероприятий.

Нами изучались проблемы СД освещения в быту и в офисе. Применение светодиодов в светильниках повысило и общую культуру освещения. Исключена такая проблема, как включение ламп разной цветности в одном светильнике. Более грамотно стали устраивать офисное (аудиторное) освещение. Практически исключено включение светильников по рядам (группам), перпендикулярным окнам.

Светодиоды в целом гораздо более устойчивы к износу включением. Теперь можно чаще их включать и выключать, что дает дополнительный эффект энергосбережения. Однако при эксплуатации ламп с цоколем Е 14 примерно через год эксплуатации при включении (а иногда и в процессе горения) наблюдаются сильные пульсации светового потока, которые иногда пропадают при по-

вторном включении. Мы не наблюдали этот эффект в лампах с цоколем E 28. Причина дефекта – некачественная система поджига (драйвера).

Еще одна проблема – отказ светодиодных модулей в светильниках. Если поврежден один светодиод, часто выходит из строя весь светильник. Причина – тонкий контактный слой, плохо пропаянный. Мощные светодиоды достаточно сильно греются. Это ограничивает область их применения. Например, в цехах, где работают с растворителями типа «Нефрас» с температурой вспышки 31 °С, применение таких ламп может быть ограничено по соображениям взрывобезопасности.

Часто наблюдается странное явление. Свет выключен, а светодиоды слабо светятся. Скорее всего, существуют наводки через заземление. Этому же способствует плохой монтаж, слабые и ненадежные детали, что проявляется в утечках. Иногда наблюдается выгорание люминофора в отдельных светодиодах.

Мы также изучали работу светильника «Универсал», модель «SBL Universal 36W 65K». Габариты 550 × 550 мм. Он содержит 4 полосы светодиодов по 30 штук в каждой. Цветовая температура 6500 К, световой поток 3200 лм, общий индекс цветопередачи $R_a < 80$, что довольно мало; $\cos \varphi > 0,9$, коэффициент пульсаций $IPF < 1 \%$; потребляемая мощность –160–240 Вт, срок службы – 50 тыс. часов, производитель – Китай. За три года эксплуатации осветительной системы помещения, состоящей из 6 светильников, из строя вышли два. Правда, не одновременно. Тот, который испортился через год, неоднократно ремонтировался (замена блока питания), но безуспешно. Как видим, на рынке в этом сегменте достаточно некачественной продукции.

Отдельно следует рассмотреть влияние СД на зрение. Такие источники обладают повышенной интенсивностью в синей и фиолетовой части спектра, что отрицательно влияет на сетчатку глаза, оказывая фотомеханическое (эффект ударной волны света), фототермическое (локальное повышение температуры) и фотохимическое (вызывающее изменения в структуре макромолекул) действие. Легко подсчитать, что для $\lambda = 430$ нм (максимум синего излучения GaN) полуширина спектра при 300 К составляет 7 нм, так что ультрафиолетовая (УФ) область, действительно, захватывается. Доля УФ СД в области УФ – А (335–400 нм) считается значительной при цветовой температуре $T_u > 3300$ К (имеются белые лампы с $T_u = 10\,000$ К). Для сетчатки глаза предельно допустимые уровни облучения (ПДУ) по УФ составляют порядка 10 Дж/м² (лазерное излучение лимитируется плотностями энергии порядка 4,4 Дж/м²). Однако ущерб зрению будет нанесен при длительном просмотре, особенно с близкого расстояния, дисплеев, СД экранов, телевизоров и проч. В этом случае ПДУ по УФ -излучению могут достигаться за время порядка одного месяца [3]. Синий светодиод в соответствии со стандартом EN 62471 с интенсивностью 15 Вт относится к третьей, высшей, группе риска (максимально допустимое время воздействия – 0,25 с). Специалисты рекомендуют избегать освещения СД в темное время суток перед сном. Свет, обогащенный УФ, подавляет секрецию мелатонина, который регулирует циркадные ритмы организма. Рекомендуется блокировка синей части спектра за 2–3 часа перед сном посредством очков с фильтрами. Такая же проблема возникала и при замене хрусталика искусственным. Она успешно решена. В целом открытие незрительных функций сетчатки неизбежно приведет к пересмотру норм в освещении, поскольку на настоящий момент нормируются только люксы. Рассмотренные здесь основные аспекты СД освещения, безусловно, влияют на безопасность полетов и на конкурентные возможности авиационного транспорта.

Список литературы

- 1 Энциклопедия безопасности авиации / под ред. Н. С. Кулика. – Киев : Техника, 2008. – 1000 с.
- 2 Наш потребнадзор : ТВ передача // NTV. RU. – 2019. – 8 сент.
- 3 Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Знак, 2006. – 972 с.

УДК 629.4.082.3

ВЗАИМНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В НЕШТАТНОЙ СИТУАЦИИ

Т. С. КОРОЛЁНОК, В. И. ГУРИНОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В результате воздействия природных и техногенных факторов периодически происходят нарушения электроснабжения различных объектов. В отдельных случаях отрезанными от промышленной сети оказываются целые населенные пункты. Анализ основных потенциальных источников во-