

УДК 628.984

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ

**Т. Н. САВКОВА, А. И. КРАВЧЕНКО, Ю. Н. КОЛЕСНИК,
Г. И. СЕЛИВЕРСТОВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Приведен обзор свойств высокоэффективных светодиодов нового поколения, осветительных устройств на их основе и перспективы широкого их применения в современных системах освещения.

Ключевые слова: источники света, светодиод, светоотдача, светодиодное освещение.

CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS LIGHTING DEVICES BASED ON WHITE LEDS

**T. N. SAVKOVA, A. I. KRAVCHENKO, U. N. KOLESNIK,
G. I. SELIVERSTOV**

*Educational Institution "Sukhoi State Technical University
of Gomel", the Republic of Belarus*

An overview of the properties of new generation high-efficiency LEDs, lighting devices based on these properties and the prospects for their widespread use in modern lighting systems is given.

Keywords: light source, LED, light output, LED lighting.

Введение

Рациональное и экономное расходование всех видов топливно-энергетических ресурсов, в том числе и электрической энергии (ЭЭ), снижение их потерь является актуальной задачей на сегодняшний день. Жесткий контроль со стороны государства за рациональным расходованием всех видов топливно-энергетических ресурсов [1], [2] определяется тем, что Республика Беларусь импортирует более 80 % всех энергоресурсов при мировых ценах на них. В этих условиях задача эффективного использования ЭЭ в различных отраслях промышленности приобретает особую важность.

Электрическое освещение в жизни человека играет огромную роль. Значимость его определяется тем, что при правильном выполнении осветительной установки электрическое освещение способствует повышению производительности труда, улучшению качества выпускаемой продукции, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижает утомляемость рабочих; обеспечивает значительную работоспособность и создает нормальное эстетическое, физиологическое и психологическое воздействие на человека.

Гармонично реализованный светотехнический проект должен не только обеспечить освещение, удовлетворяющее нормируемым показателям, но и создать комфортные и безопасные условия, соответствовать выбранным направлениям эстетики и отвечать современным подходам к энергоэффективности осветительной установки (ОУ).

Эффективной следует считать такую ОУ, которая создает высококачественное освещение и сохраняет свои характеристики на протяжении длительной работы при

наименьших капитальных и эксплуатационных затратах, в том числе при минимальном энергопотреблении.

Целью работы является поиск путей повышения эффективности осветительных установок на основе белых светодиодов.

Основная часть

Светодиодные светильники зарекомендовали себя как высокоэффективные, компактные, энергосберегающие и безопасные по отношению к окружающей среде источники света. Это в ближайшем будущем вполне может гарантировать им лидирующие позиции на рынке освещения. Благодаря целому ряду преимуществ системы светодиодного освещения по праву признаны доминирующими среди всех существующих.

К настоящему времени разработаны и выпускаются в промышленных масштабах светодиоды, обладающие следующими положительными характеристиками:

- длительный срок службы;
- надежность, несоизмеримо большая, чем у известных источников света;
- полное отсутствие ртути;
- высокая световая отдача;
- отсутствие пускорегулирующей аппаратуры, обеспечение последовательного и параллельного соединения без выравнивающих сопротивлений, что предельно упрощает их применение;
- значительная устойчивость к механическим воздействиям и работоспособность в широком интервале температур (от -55 до $+100$ °С);
- малое потребление энергии и тепловыделение;
- взрывобезопасность и безопасность при прикосновении;
- высокое быстродействие.

По сведениям «Лайтинг Бизнес Консалтинг», в Республике Беларусь, как и в Российской Федерации, компактные люминесцентные, галогенные, ртутные, натриевые и металлогалогенные лампы будут фактически выведены из обращения. Однако в Беларуси, в отличие от рынка России (39 %), доминирующую позицию будут занимать светодиодные лампы, их доля на данный момент составляет около 86 % [3].

Управление энергетической информации (EIA) США, которое оценивает важность светодиодного освещения в снижении энергопотребления, прогнозирует уменьшение расходов на энергию к 2030 г. почти в два раза. Анализ показывает, что доля светодиодного освещения по отношению к объему продаж на общем рынке освещения к 2030 г. достигнет 74 %. Благодаря внедрению LED-технологий, к 2030 г. ежегодная экономия энергии на освещение составит около 297 млрд кВт/ч [4].

Развитие рынка общего освещения обусловлено двумя основными факторами: первый – стремительный рост инвестиций в строительство в развивающихся странах; второй – все большее внедрение дорогих технологий в освещение, включая производство светодиодов. Существует огромный потенциал энергосбережения в коммерческом (37 %) и жилищном (34 %) секторах от общей экономии энергии. Следующим по величине экономии энергии является сектор наружного освещения – 25 %, в промышленном секторе он составит 4 % [3].

Разбивка прогнозируемых сбережений в 2030 г. (рис. 1) показывает, что замена линейных люминесцентных ламп в коммерческой отрасли, металлогалогенных ламп в уличном освещении и ламп накаливания в жилых помещениях является одной из самых значительных возможностей экономии энергии посредством применения LED-технологий.

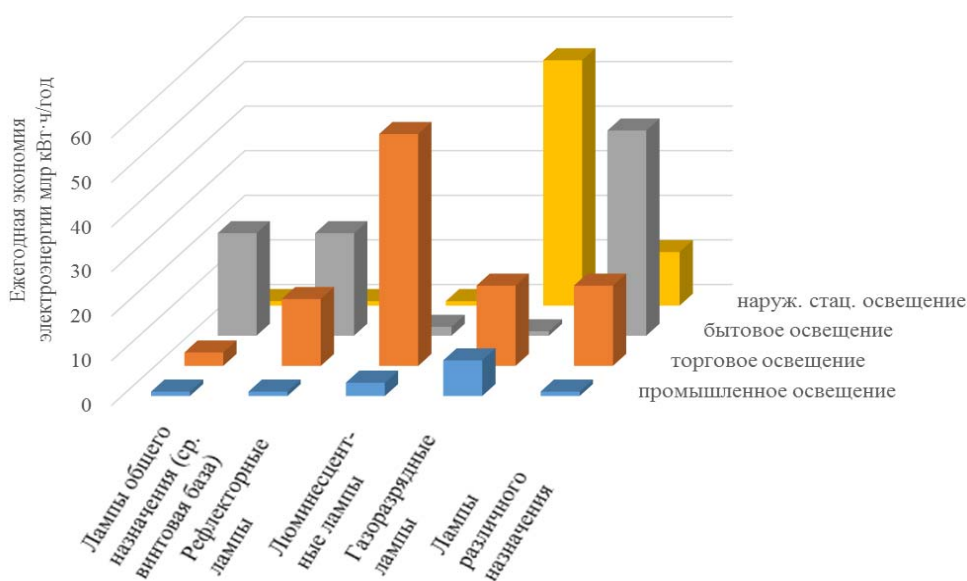


Рис. 1. Прогнозируемые сбережения в 2030 г. по типам ламп по потребителям [4]

Компания Nichia – лидер в области производства светодиодов высокой яркости – объявила о выпуске настраиваемого светодиода средней мощности белого цвета два в одном с индексом цветопередачи 90, что позволит оптимизировать спектр излучения без использования дополнительных светодиодов в диапазоне от 2700 до 5000 K [5].

Качественные показатели белых светодиодов растут [6]–[9]. По расчетам специалистов в области производства мощных белых светодиодов теоретический максимум эффективности составляет 320 лм/Вт.

На сегодняшний день доступны в версии Photo Red (660 нм) с революционной эффективностью светодиоды XLamp® XP-G3 компании Cree с максимальной светоотдачей 199 лм/Вт, которые можно использовать для освещения дорог и в переносных светильниках для садоводческих хозяйств [10]. Светодиоды серии J 2835 Fidelity с высоким индексом цветопередачи обладают большой эффективностью, равной 178 лм/Вт.

Линейные светильники серии LXB производства Cree позволяют работать при температурах до +55 °С при светоотдаче 160 лм/Вт [11]. В марте 2017 г. компания Cree объявила о выходе на рынок светодиодов второго поколения большой мощности семейства XLamp® XHP70.2. Новые светодиоды имеют световой поток на 9 % больше, чем светодиоды первого поколения XHP70. При этом светоотдача у них увеличилась на 18 % [12]. Компания Lumileds в сентябре 2019 г. представила эффективный белый светодиод LUXEON 3030 HE Plus, светоотдача которого достигает 210 лм/Вт при цветовой температуре 4000 К и индексе цветопередачи 80 CRI [13]. Светодиод Oslon Square от компании Osram пользуется популярностью у производителей светильников, так как обладает высокой световой эффективностью при токе 350 мА, которая составляет 149 лм/Вт, и значительно дешевле. Светодиод Oslon Square бинуется при токе 700 мА с типичным падением напряжения 3,1 В. Эффективный рабочий ток – от 200 до 1500 мА. Тепловое сопротивление составляет 3,8 К/Вт [14].

Компания Seoul Semiconductor предлагает сверхмощные светодиоды в бескорпусном исполнении SZ8-Y19-W0-C7 (W3C1H) и SZ8-Y19-W0-C7 (W3CG). Их мощность при минимальном токе 1,5 А составляет 4,5 Вт, а при максимальном токе 2,0 А – 6,0 Вт. Это соответствует максимальной светоотдаче, равной 149 лм/Вт. Светодиоды

высокой мощности используются для уличного, автомобильного освещения, а также в коммерческой и промышленной сферах. Светодиоды размером с кристалл излучают больше света в боковых направлениях, чем светодиоды в классических корпусах. Тем самым они улучшают распределение света в трубчатых лампах и светильниках и ослабляют эффект световых пятен [15].

Светодиодная продукция третьего поколения серии EB Series компании Bridgelux достигает светоотдачи 200 лм/Вт с новыми опциями CCT 2700–5000 К, высоким индексом цветопередачи, равным 90 CRI. Светодиодные матрицы представляют собой тонкие пластины линейной и квадратной форм, на которых расположены светодиоды [16].

Проблемы высокой габаритной яркости точечных белых светодиодов, выгорания люминофора и небольшого угла светораспределения производители светодиодов компании «НЕПЕС РУС» разрешили, создав новую технологию Cap LED [16]. Сочетание голубого светодиода и фосфорного колпачка в форме купола позволило получить ряд преимуществ:

- люминофор не нагревается, а это значительно увеличивает срок службы и уменьшает дрейф светотехнических и калориметрических характеристик светильника;

- световое излучение обладает спектральными характеристиками, приближенными к спектру тепловых источников света;

- нет необходимости в рассеивании света, а значит нет дополнительных потерь светового потока и возможен безбликовый дизайн светодиодного светильника.

Российский ученый Карл Сабельфельд совместно с коллегами из Германии исследовал свойства светодиодов на основе нитрида галлия и построил математическую модель. Эта модель объясняет, почему лишь малая часть затраченной ЭЭ переходит в световую, что в будущем поможет создать светодиоды с более высоким КПД, а также послужит толчком к более детальному экспериментальному поиску материалов для светодиодов с более высокой квантовой эффективностью [17].

Компания Ledvance представила подвесной автономный светильник с краевым освещением с прямым (70 %) и непрямым (30 %) светом Panel 1200 Direct / Indirect для идеального рабочего сбалансированного освещения [18]. Благодаря микропризматическому световоду с высокой пропускной способностью из ПММА обеспечивается равномерное и контролируемое распределение света и минимальное значение отраженной блескости ($UGR < 19$) в соответствии с нормой UNI-EN 12464-1. За счет хорошей световой отдачи до 110 лм/Вт и срока службы до 80000 ч светильники этой серии обладают низкими эксплуатационными расходами.

Производители светодиодных светильников стали больше уделять внимания внешнему их виду и качеству. Увеличивая интенсивность отдельных групп светодиодов, можно создавать необходимое в данное время суток освещение. Более холодным светом светодиодный светильник будет светиться днем, а вечером и утром – более теплым, соответствующим оттенку восхода и заката солнца. Кроме светильников с оптико-акустическими сенсорами, существуют осветительные приборы с беспроводным управлением, позволяющим задавать оптимальные алгоритмы работы и энергопотребления и светодиодные осветительные системы, обеспечивающие широкополосное интернет-соединение посредством световых волн [8].

Заключение

Таким образом, осветительные устройства на основе белых светодиодов продолжают совершенствоваться в направлении световых и эксплуатационных характеристик, расширения функциональных и конструктивных возможностей. Дальнейшее

повышение энергоэффективности светодиодов приведет к снижению их тепловыделения, увеличению срока службы и производству высоконадежных осветительных устройств.

Литература

1. Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства : Директива Президента Респ. Беларусь № 3 от 14.06.2007 г. – Минск, 2007.
2. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Минск, 2003–2007. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 20.06.2012.
3. Анализ технологического потенциала светотехнической промышленности в Российской Федерации // docplayer.ru/. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/46534062-Analiz-tehnologicheskogo-potenciala-svetotekhnicheskoy-promyshlennosti-v-rossiyskoy-federacii.html>. – Дата доступа: 08.07.2020.
4. Energy Savings Potential of Solid-State Lighting in General Illumination Applications 2010 to 2030. – Режим доступа: https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ssl_energy-savings-report_10-30.pdf. – Дата доступа: 15.06.2020.
5. Nichia выпускает первый в мире настраиваемый светодиод LES со средней мощностью 3030 белого цвета 2-в-1! 2019. – Режим доступа: https://www.nichia.co.jp/ru/about_nichia/2019/2019_091901.html. – Дата доступа: 25.09.2019.
6. Радомский, Н. В. Сравнительный анализ продукции ведущих производителей белых светодиодов / Н. В. Радомский // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – № 4. – С. 14–20.
7. Молодцов, В. Линейка светодиодов SVETLED / В. Молодцов // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – № 6. – С. 16–18.
8. Современное состояние, тенденции и перспективы развития светодиодов для освещения / С. И. Лишик [и др.] // Светотехника. – 2017. – № 1. – С. 9–17.
9. Тябляшкин, С. Д. Исследование современного состояния и возможности использования светоизлучающих диодов в технике освещения / С. Д. Тябляшкин, Л. В. Абрамова // Вестн. МГУ. – 2005. – № 3/4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sovremennogo-sostoyaniya-i-vozmozhnostispolzovaniya-svetoizluchayuschih-diodov-v-tehnike-osvescheniya>. – Дата доступа: 25.09.2019.
10. XLamp XR-G3 (англ.). – Режим доступа: <https://www.cree.com>. – Дата доступа: 01.10.2019.
11. Cree расширяет ассортимент промышленного освещения новыми линейными светильниками High-Bay 2018. – Режим доступа: <https://www.cree.com/news-events/news/article/cree-expands-industrial-lighting-portfolio-with-new-linear-high-bay-luminaires>. – Дата доступа: 25.09.2019.
12. Макаренко, В. Светодиоды большой мощности второго поколения XLAMP® XHP70.2 / В. Макаренко // Оптоэлектрон. устройства. – 2017. – № 1. – С. 40–44.
13. Lumileds обеспечивает высочайшую эффективность 3V 3030 LED для сфер и панельных светильников. – Режим доступа: <https://www.lumileds.com/news/353/50/Lumileds-Delivers-Highest-Efficacy-3V-3030-LED-for-Troffers-and-Panel-Lights>. – Дата доступа: 25.09.2019.

14. Потемкин, А. Светодиоды OSRAM — лидеры по созданию светодиодного освещения / А. Потемкин // CHIP NEWS Украина. – 2012. – № 7. – С. 54–57.
15. Novelty from Seoul Semiconductor – new Generation of WICOP. – Режим доступа: <https://www.sea.com.ua/en/news/novelty-from-seoul-semiconductor-new-generation-wicop-from-stock-in-kiiev/>. – Дата доступа: 01.10.2019.
16. LED professional – технология светодиодного освещения, журнал Application Глобальный информационный центр по технологиям освещения. Системы и приложения. Светильники. Внутренние Приложения. Офисное освещение. 01 октября 2019 г. Ledvance объявляет Panel 1200 Direct / Indirect для идеального рабочего баланса света 2019. – Режим доступа: https://www.led-professional.com/project_news/lamps-luminaires/ledvance-announces-panel-1200-direct-indirect-for-the-perfect-work-light-balance. – Дата доступа: 01.10.2019.
17. Куршев, А. В России запущено производство светодиодных светильников по уникальной технологии удаленного люминофора Cap LED / А. Куршев // Полупроводниковая светотехника. – 2014. – № 1. – С. 28–31.
18. Что мешает светодиоду светить ярче 2017. – Режим доступа: https://polit.ru/article/2017/12/05/ps_rnf/. – Дата доступа: 01.10.2019.

Получено 10.07.2020 г.