

Анализ развития и современного состояния рынка светотехники

© В.А. Дадонов, А.А. Бондарь

МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Россия

Сделан подробный анализ развития светотехники и ключевых этапов создания источников света, приведена их классификация. На основе сравнения сроков службы, светоотдачи, КПД, индекса цветопередачи основных видов ламп, использующихся для освещения, обоснованы эффективность, экономичность и перспективность светодиодных ламп. Проведен анализ рынка светотехники, крупнейших производителей светодиодной продукции как в России, так и за рубежом. Обоснованы темпы роста рынка светодиодной продукции в России и в мире, определены перспективы развития рынка как светодиодной продукции, так и светотехники в целом.

Ключевые слова: рынок светотехники, освещение, светодиодная лампа, газоразрядная лампа, эффективность энергопотребления.

Проблема экономии электроэнергии в условиях ограниченности ресурсов и роста их потребления крайне актуальна. Ученые всего мира работают над изобретением новых, более эффективных и технологичных источников света, модернизируют существующие, стараясь достичь наилучших показателей. В последнее десятилетие наблюдается активная популяризация, бурный рост производства и потребления приборов на основе светодиодных ламп.

Затраты на электроэнергию растут пропорционально потребностям населения планеты [1]. С 2000 г. потребление электроэнергии в России увеличилось почти на 20 % (рис. 1). Параллельно с ростом потребляемой энергии растут и затраты на ее обеспечение. Большая доля расходов приходится на освещение, она составляет в среднем 19–20 % общего объема потребления электроэнергии. Более 46 стран, в том числе Российская Федерация, утвердили программы, стимулирующие экономию электроэнергии, а также переход на энергосберегающее освещение.

Потребление электроэнергии в России в 2013 г. составило 1031 млрд кВт·ч, а объем ВВП России за 2013 г. составил 66 689 млрд руб. в текущих ценах [2]. Доля расходов электроэнергии в объеме ВВП в 2013 г. составила 4,92 % [3], или 3234,4 млрд руб. В России на освещение расходуется в среднем 13–15 % суммарной электроэнергии (в мире 19–20 %) [4], что в рамках 2013 г. составило 154 650 млрд кВт·ч. Это больше, чем суммарное потребление электроэнергии на Украине в 2012 г. (150,72 млрд кВт·ч) [5, 6]. В денежном эквиваленте на освещение в России в 2013 г. было потрачено более 485 млрд руб. (15 млрд долл.). Это больше, чем ВВП Гаити, Исландии, Ямайки, Сомали, Монако и Фиджи вместе взятых [7].

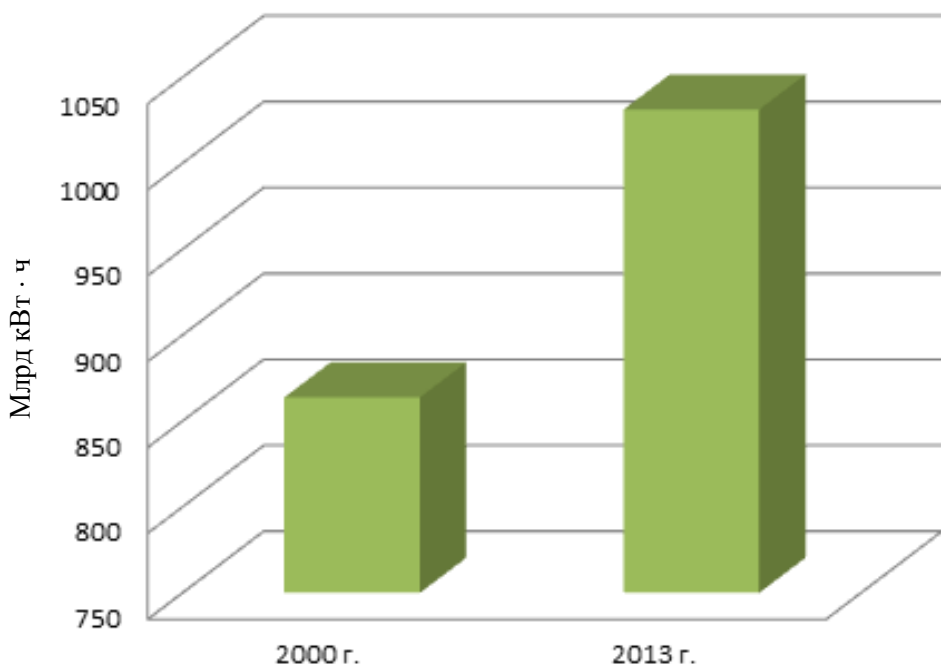


Рис. 1. Потребление электроэнергии в России

Особо стоит отметить, что переход на более эффективное использование энергоресурсов может быть обусловлен и юридически. Так, Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ подразумевает обязательное сокращение объемов потребления энергоресурсов бюджетными зданиями на 15 % по сравнению с номинальным потреблением 2009 г. в течение 5 лет.

Сегодня наиболее эффективными, надежными и перспективными считаются светодиодные лампы. Рассмотрим ключевые этапы развития и современное состояние рынка светотехники.

Еще в 1802 г. русский физик В.В. Петров создал первую дуговую электрическую лампу. С этого момента электрические источники освещения начали стремительно развиваться (рис. 2). В 1840 г. немецкий физик Грове стал использовать электрический ток для подогрева нити накала, а в 1854 г. Генрих Гебель в Америке придумал первую лампу накаливания с угольной нитью и применил ее для освещения витрины своего магазина. Принцип ее работы заключался в подогреве нити накала за счет пропускания через нее электрического тока. Нить накалялась, и в результате этого возникало свечение. Однако лампа обладала крайне малым сроком службы, а потому не получила широкого применения. В 1872 г. русский ученый Александр Николаевич Лодыгин выкачал из стеклянной колбы воздух, поместив туда угольный стержень, накалявшийся под действием тока, а в мае 1873 г. на Одесской улице в Санкт-Петербурге зажглись восемь фонарей с его лампами новой конструкции. Точку в разработке ламп накаливания

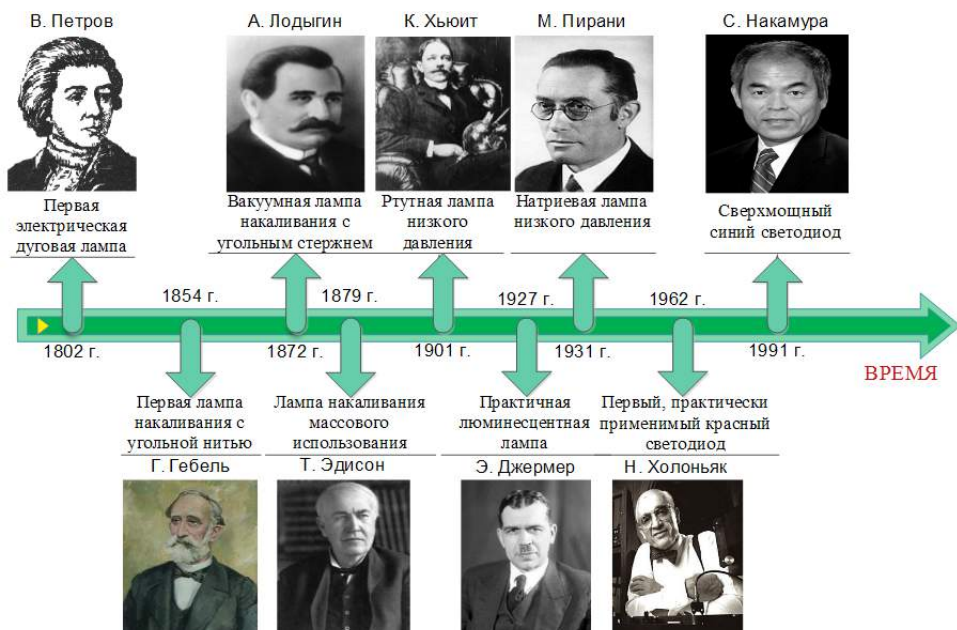


Рис. 2. Ключевые этапы развития светотехники

поставил американский изобретатель Томас Альва Эдисон в 1879 г. Добившись получения высококачественных материалов для тела накала и улучшения откачки воздуха из баллона, он создал лампу с продолжительным сроком службы, пригодную для массового употребления. В 1880 г. Эдисон запатентовал лампу с угольным волокном. В тот же период он придумал множество устройств и элементов: цоколь и патрон, поворотный выключатель, плавкие предохранители, изолированные провода, крепящиеся на роликах, электрический счетчик. Срок службы его ламп составлял в среднем 40 часов ввиду быстрого окисления нити в колбе [8]. Лампы накаливания совершенствовались по двум основным направлениям:

1) улучшение свойств тела накала. Первые нити накаливания представляли собой обыкновенные швейные нитки, покрытые углем. Эдисон испытал все вещества, содержащие углерод: продукты питания, смолы — в общем счете 6000 разновидностей растительного волокна [9]. Особенно стремительное развитие электрического освещения начинается после освоения технологии изготовления вольфрамовых нитей. Способ применения вольфрама для тела накала впервые осуществил А.Н. Лодыгин. Начиная с 1903 г. австрийцы Юст, Ф. Ханаман стали использовать идею Лодыгина в промышленном производстве ламп накаливания. В 1910 г. В.Д. Кулидж придумал улучшенный метод производства вольфрамовой нити, которая впоследствии вытеснила все другие виды нитей;

2) изменение состава внутри колбы, наполнение ее различными газами. Проблема с быстрым износом нити в вакууме была решена

американским ученым И. Ленгмюром. Он внедрил в производство колбы, наполненные тяжелыми благородными газами (в частности, аргоном), что существенно увеличило время их работы и повысило светоотдачу.

Газоразрядные лампы берут начало с изобретения К. Хьюиттом ртутной лампы низкого давления в 1901 г. Его лампа была одним из первых прототипов люминесцентных ламп. Однако сине-зеленое свечение ограничило их применение в то время. Лампы Хьюитта использовались в фотографии. Пять лет спустя, в 1906 г., Кух открывает ртутную лампу высокого давления. Эти лампы обладают большей светоотдачей, нежели лампы накаливания. Впоследствии именно ртутные лампы стали основой уличного освещения, ими оснащались фонарные столбы. Аналог люминесцентных ламп, которые мы используем сейчас, появился в 1927 г. Эдмунд Джермер изначально ставил перед собой цель создать управляемый источник ультрафиолетового света, а получилось так, что вместе с коллегами Фридрихом Мейером и Гансом Шпаннером он создал второй по применимости источник искусственного света, причем более близкий к естественному, чем популярная в то время лампа накаливания. Исследователи просто покрыли ультрафиолетовую лампу слоем люминофора, и оказалось, что она способна излучать естественный белый и достаточно яркий свет. Если изменить состав люминофора, то поменяется и оттенок свечения такой лампы. Продажи люминесцентных ламп начались в 1938 г., когда трубки четырех разных размеров были представлены на рынок компанией General Electric.

В 1931 г. М. Пирани изобрел натриевую лампу низкого давления, в 1946 г. появилась ксеноновая лампа, получившая широкое применение в кинопроекторах. Ртутная лампа высокого давления с люминофором создана в 1958 г. В 1962 г. появилась натриевая лампа высокого давления, а в 1983 г. — компактные люминесцентные лампы, значительно превосходящие по световым характеристикам лампы накаливания.

Первое сообщение об излучении света твердотельным светодиодом было опубликовано экспериментатором Генри Раундом. В 1907 г. он описал электролюминесценцию, обнаруженную при изучении прохождения тока в паре металл — карбид кремния, и отметил желтое, зеленое и оранжевое свечение на катоде. Эти эксперименты были повторены О.В. Лосевым в 1923 г. Он обнаружил в точке контакта двух разнородных материалов слабое свечение — электролюминесценцию полупроводникового перехода (в то время понятия «полупроводниковый переход» еще не существовало). Это наблюдение было опубликовано, но его значение не было понято и не исследовалось в течение многих десятилетий. После изобретения транзистора в 1948 г. и создания теории $p-n$ -перехода (основы всех полупроводников) стала понятна природа свечения. Таким образом, открытия Лосева закреп-

пили первенство в этой области за СССР. Лишь в 1961 г. Роберт Байард и Гари Питтман из компании Texas Instruments открыли и запатентовали технологию инфракрасного светодиода. Первый в мире практически применимый светодиод, работающий в световом (красном) диапазоне, разработал Ник Холоньяк в компании General Electric в 1962 г. Джордж Крафорд, его бывший студент, изобрел первый в мире желтый светодиод и улучшил в 10 раз яркость красных и красно-оранжевых светодиодов в 1972 г. Высокоэффективный светодиод высокой яркости впервые создал Т. Пирсол в 1976 г. Он изобрел полупроводниковые материалы, специально адаптированные к передачам через оптические волокна. Светодиоды оставались чрезвычайно дорогими вплоть до 1968 г. (около 200 долл. за штуку), их практическое применение было ограничено. Компания «Монсанто» первая организовала массовое производство светодиодов, работающих в диапазоне видимого света и применимых в индикаторах. Компании «Хьюллет-Паккард» удалось использовать светодиоды в своих ранних массовых карманных калькуляторах. Однако на том этапе развития невозможно было применять их для освещения, так как не существовало светодиодов белого спектра излучения большой мощности. Получить такой спектр представлялось возможным при наличии синего, зеленого и красного светодиодов, поэтому ученые, работавшие в данной сфере, сосредоточили свои усилия на изобретении синего светодиода.

В 1991 г. японский изобретатель доктор Сюдзи Накамура создал первый в мире сверхъяркий синий светодиод, а в 1993 г. компания Nichia Chemical Industries, в которой он трудился, объявила о массовом выпуске синих светодиодов. В 1994 г. Накамура создал первый синий светодиод коммерческого назначения. Он запатентовал ключевые этапы технологии, и к 1997 г. Nichia выпускала уже порядка 20 млн голубых и зеленых светодиодов в месяц. С 1993 по 2003 г. доходы компании выросли с 20 млрд до 180 млрд йен, т. е. в 9 раз! К 2002 г. доля производства синих светодиодов у компании возросла до 60 % общего объема производства [10].

Белые люминофорные светодиоды впервые появились в 1996 г. Комбинация синего и желтого фосфора позволила получить белый светодиод. Фотоны синего или ультрафиолетового излучения, генерируемые светодиодом, либо проходят через слой люминофора без изменения, либо преобразуются в нем в фотоны желтого света. Ежегодно совершенствуются параметры светодиодов, популяризируется их использование на мировом рынке освещения и высоких технологий. Появились белые светодиоды с теплыми и холодными оттенками, схожие с естественным освещением.

В настоящее время светодиоды широко используются в различных системах общего освещения. По мнению Департамента энергетики США (United States Department of Energy) и Ассоциации разви-

тия оптоэлектронной промышленности (Optoelectronics Industry Development Association), базирующейся в Вашингтоне, к 2025 г. светодиоды станут самым распространенным источником света в жилых домах и офисах [11].

Таким образом, сегодня существует три основных типа ламп (рис. 3). Как уже было отмечено, основная тенденция развития источников света заключается в повышении их эффективности. Данные табл. 1 позволяют провести сравнительный анализ эффективности выпускаемых промышленностью источников освещения (рис. 4).

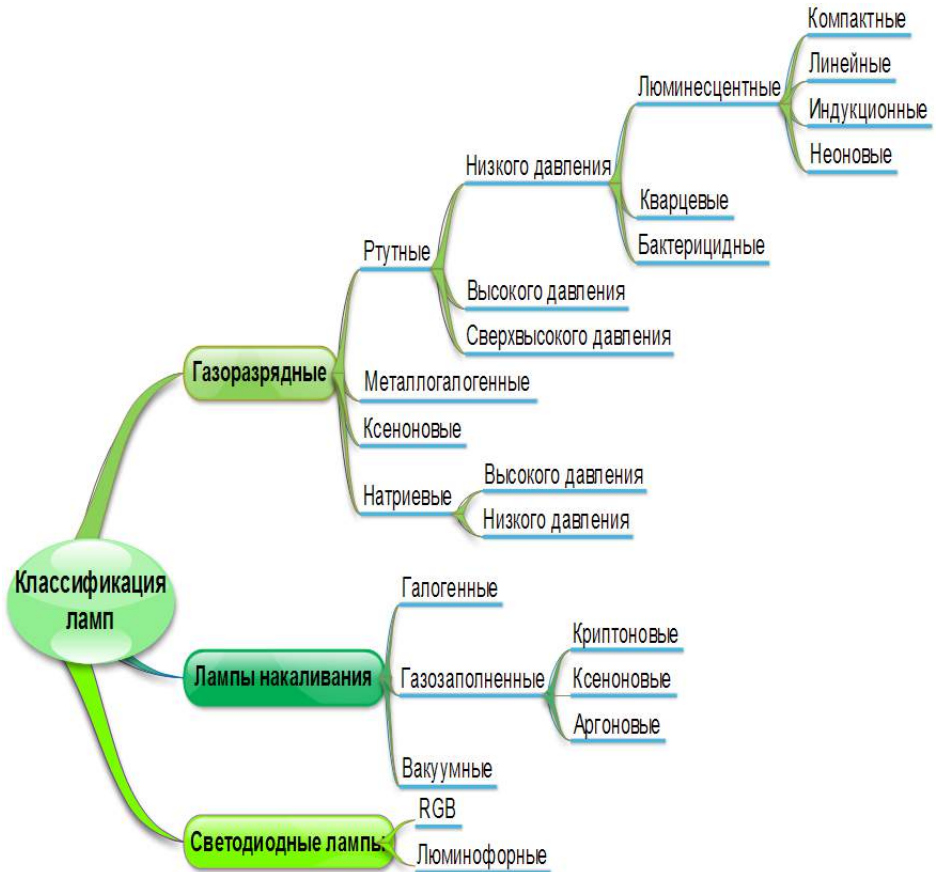


Рис. 3. Классификация ламп

Из анализа видно, что светодиодные источники превосходят прочие по большинству представленных параметров. Однако, несмотря на это, множество потребителей все еще отдают предпочтение люминесцентным и классическим лампам накаливания. Помимо рассмотренных основных характеристик светодиодные лампы обладают следующими преимуществами:

- низкое энергопотребление — не более 10 % от потребления при использовании ламп накаливания;

- высокий ресурс прочности — ударная и вибрационная устойчивость;
- чистота и разнообразие цветов;
- регулируемая интенсивность;
- низкое рабочее напряжение;
- экологическая и противопожарная безопасность;
- отсутствие в составе ядовитых веществ;
- отсутствие ультрафиолетового и инфракрасного излучения;
- направленность (излучение света только в нужном направлении).

Таблица 1

Параметры источников света

Источник света	Маркировка	Светоотдача, лм/Вт	КПД, %	Индекс цветопередачи	Срок службы, тыс. ч
Лампа накаливания	ЛН	15	3	97	1
Галогенная лампа накаливания	ГЛ	22	4	98	3
Ртутная лампа высокого давления	ДРЛ	50	7	50	10
Люминесцентная линейная лампа	ЛБ	90	12	85	15
Компактная люминесцентная лампа	КЛЛ	60	8	80	12
Натриевая лампа	ДНаТ	120	22	39	20
Металлогалогенная лампа	ДРИ	85	14	90	10
Ксеноновая лампа	КсЛ	50	6	70	3
Светодиодная лампа	LED	160	22	85	30–40

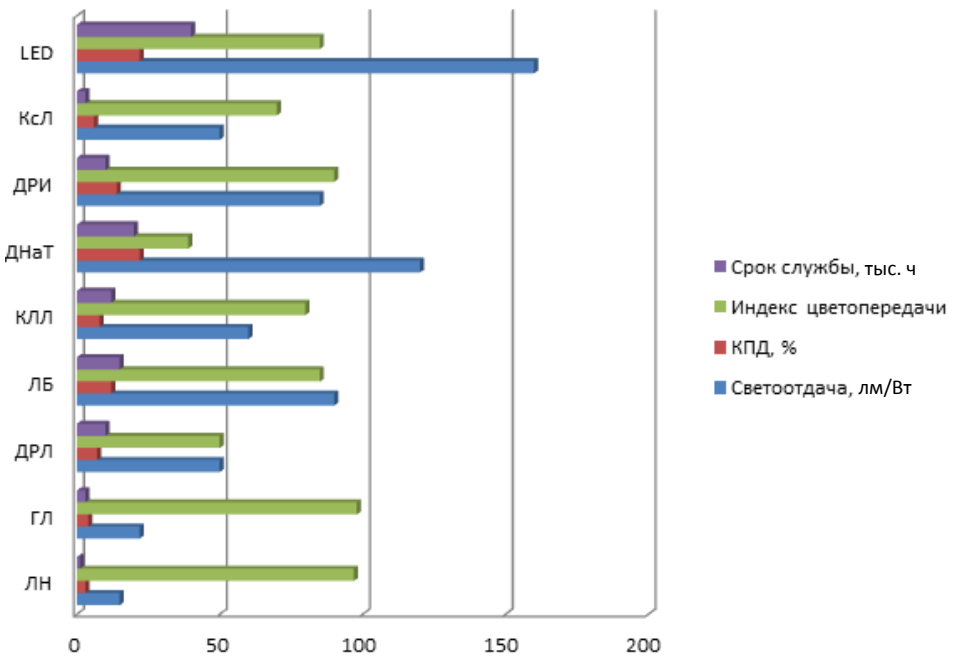


Рис. 4. Анализ основных показателей источников света

Именно светодиодные источники света являются наиболее перспективными. Их эффективность ежегодно возрастает на 10–15 % год [12], а достигнутые показатели светоотдачи в лабораторных условиях держатся на уровне 276 лм/Вт [13].

Единственное, что мешает светодиодной продукции занять рынок, — высокая цена приобретения. Даже понимая суммарную экономию, которую впоследствии дадут светодиодные приборы при эксплуатации, потребители не всегда готовы пойти на такие начальные вложения. Стоимость светодиодной лампы превышает стоимость лампы накаливания примерно в 20 раз. Учитывая перспективы данного вида освещения, большинство крупных компаний прогнозируют рост рынка светодиодов на 10–15 % ежегодно. В России этот показатель может быть более 40 % [14]. Доля светодиодного освещения на данный момент — около 10 % мирового рынка светотехники, а к 2020 г. прогнозируется ее рост до 69 %. На российском рынке эта доля по итогам 2012 г. составила 9 % — на 3 % больше, чем в 2010 г. [15].

В настоящее время на долю 10 крупнейших производителей приходится более 68 % рынка светодиодов [16] (рис. 5).

Хотя российский рынок и демонстрирует высокие темпы роста, однако доля российских компаний в мировой светодиодной индустрии составляет 1 %. Крупнейшими среди них являются: Оптоган, Светлана-Оптоэлектроника, Протон, Планета СИД, АтомСвет. На сегодня доля импорта составляет примерно треть объема производимой продукции,

причем 10 % составляет продукция ведущих брендов на светотехническом рынке, около 20–25 % приходится на китайскую продукцию. Рост продаж отечественных компаний — лидеров в этой области составил от 20 до 50 % [17] (табл. 2). Использование светодиодной продукции позволит снизить затраты на электроэнергию на 46 %. Уже к 2020 г. она будет занимать 75 % мирового рынка освещения, при этом доля российского рынка может вырасти до 5–6% [18].



Рис. 5. Лидирующие компании — производители светодиодной продукции

Таблица 2

Сравнение затрат на использование новой технологии и расчет срока окупаемости ее внедрения [17, 19]

Параметр	Лампа накаливания	Люминесцентная лампа	Светодиодная лампа
Цена приобретения лампы сходных осветительных характеристик, руб.	40	115	800
Цена внедрения технологии (затраты на переоборудование), руб.	0	0	6 000
Цена владения (цена энергопотребления в ч), руб.	3,375	0,9	0,135
Ожидаемый срок службы, ч	1 000	12 000	30 000
Затраты на электроэнергию за 30 000 ч, руб.	101 250	27 000	4 050
Затраты на замену лампы за 30 000 ч, руб.	1 200	230	0

Параметр	Лампа накаливания	Люминесцентная лампа	Светодиодная лампа
Суммарные затраты на приобретение и использование одной лампы, руб.	102 450	27 230	10 050
Неучтенные затраты на 1 шт. (утилизация, экологическая безопасность), руб.	0	25	0
Срок окупаемости новой технологии, мес	0	0,5	9,5
Экономия от применения технологии, %	0	73	91

Применение качественных источников освещения — это еще полдела. Можно также значительно сэкономить, применяя адаптивную систему освещения. Это автоматическая система освещения, которая следит за наличием людей в помещении посредством тепловых датчиков или датчиков движения, уровнем естественного освещения и производит гибкую коррекцию освещения в каждой секции, отключая освещение в отсутствие людей. Применение автоматического контроля освещения в соединении с управлением и другими системами (вентиляция, отопление) позволяет экономить 15–30 % от объема всей потребляемой зданием электроэнергии (без применения энергоэффективных ламп). Светодиодные лампы поддерживают режим регулирования освещения в отличие от простых ламп накаливания и даже люминесцентных ламп. Применение светодиодной автоматической осветительной системы позволяет сэкономить более 85 % затрат на электроэнергию.

Выводы. Повышая эффективность осветительных приборов, можно значительно сэкономить затраты на электроэнергию, так как 60–70 % таких затрат в административных зданиях приходится именно на освещение. На данном этапе развития светотехники светодиодное освещение является наиболее энергоэффективным и перспективным по сравнению с другими источниками света. Рынок светодиодного освещения развивается стремительными темпами. Уже в ближайшие 10 лет именно это направление на рынке светотехники будет занимать значительную долю. А в недалеком будущем светодиодные лампы окончательно заменят лампы накаливания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дроговоз П.А., Курбаналиев А.А. Мировые тренды энергосбережения и повышения энергоэффективности. *Materiały X Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki — 2014»*. Vol. 35. Techniczne nauki. Przemysł. Nauka i studia, 2014. S. 29–32.

- [2] *Пресс-релиз ЕЭС РФ*. URL: http://so-ups.ru/index.php?id=press_release_view&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=5299 (дата обращения 03.06.2014)
- [3] Нигматулин Б.И. *Международное сравнение цены на электроэнергию в России с другими странами*. URL: www.proatom.ru/files/doc/spravka.docx (дата обращения 03.06.2014)
- [4] *Информация о проектах в сфере ведения Минпромторга России, представленных на ЭКСПО-2010*. URL: <http://old.minpromtorg.gov.ru/special/ехро/projects/11/0> (дата обращения 03.06.2014)
- [5] *Информационное агентство УНИАН*. URL: <http://economics.unian.net/energetics/743653-potreblenie-elektroenergii-v-ukraine-za-2012-god-ostal-os-naj-prejnym-urovne.html> (дата обращения 03.06.2014)
- [6] *Световые технологии*. URL: http://www.ltcompany.com/UserFiles/LT_A4_LED_Leasing_Final.pdf (дата обращения 06.06.2014)
- [7] *World Bank, Gross domestic product ranking table*. URL: <http://data.worldbank.org/data-catalog/GDP-ranking-table> (дата обращения 08.06.2014)
- [8] *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb. (дата обращения 08.06.2014)
- [9] *Недорогой электрический свет для всех*. URL: <http://www.initech.ru/txt/bedison7.shtml> (дата обращения 03.06.2014)
- [10] *История создания светодиодов*. URL: <http://www.transistor.ru/press/articles/88/> (дата обращения 06.06.2014)
- [11] *Philips lighting*. URL: http://www.lighting.philips.com/ru_ru/lightcommunity/trends/led/anatomy/history_of_led.wpd (дата обращения 08.06.2014)
- [12] Jessie Lin, Digitimes Research, 2014 global high brightness LED lighting market trends and shipment forecast. URL: <http://www.digitimes.com/news/a20140313RS400.html> (дата обращения 08.06.2014)
- [13] *Signbusiness*. URL: <http://www.signbusiness.ru/news/svetotechnika/svetooldacha-svetodiodov-preodolevaet-planku-v-276-lm-vt.php> (дата обращения 08.06.2014)
- [14] *СИА*. URL: http://sia.ru/?section=410&action=show_news&id=270432 (дата обращения 07.06.2014)
- [15] Тенденции на рынке светотехники. *Электронный журнал «Генеральный директор»*. URL: <http://www.gd.ru/factsandopinions/view/id/1/> (дата обращения 06.06.2014)
- [16] Рост светодиодного рынка в 2011 г. *ФОКУС*. URL: <http://www.ledsvet.ru/articles/rost-svetodiodnogo-rynka-v-2011-godu/> (дата обращения 03.06.2014)
- [17] Рынок светодиодного освещения: анализ и перспективы. *ВашДом*. URL: http://www.vashdom.ru/articles/atomsvet_1.htm (дата обращения 03.06.2014)
- [18] *Тверское информационное агентство*. URL: <http://www.tvernews.ru/news/164081/> (дата обращения 06.06.2014)
- [19] *Электротехника в простом и доступном изложении*. URL: <http://elektrik.info/main/lighting/425-desyat-chasto-zadavaemyh-voprosov-ob-energoberegayuschih-lampah.html> (дата обращения 06.06.2014)

Статья поступила в редакцию 28.08.2014

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Дадонов В.А., Бондарь А.А. Анализ развития и современного состояния рынка светотехники. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2014, вып. 5. URL: <http://engjournal.ru/catalog/indust/hidden/1225.html>

Дадонов Владимир Алексеевич — доцент кафедры предпринимательства и внешнеэкономической деятельности МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук. Автор свыше 30 научных работ в области управления качеством и конкурентоспособности, организационно-экономического анализа бизнеса. e-mail: dadonov@bmstu.ru

Бондарь Алексей Алексеевич — студент 5-го курса кафедры предпринимательства и внешнеэкономической деятельности МГТУ имени Н.Э. Баумана. e-mail: albond92@mail.ru

Analysis of development and current situation on the lighting engineering market

© V.A. Dadonov, A.A. Bondar

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

In the conditions of limited resources and increased demand for electricity the problems of energy saving becomes extremely important. Scientists around the world are working on the invention of new, more efficient and technologically advanced light sources, modernize the existing ones, trying to achieve the best performance possible. In the last decade we have observed increased popularity, rapid growth of production and utilization of LED lamps based devices.

The article provides detailed description of lighting engineering development and key stages of light sources creation, along with light sources classification. LED lamps are proven to be the most efficient and cost effective of all lamps currently used for lighting based on the comparative analysis of four key performance indicators: service life, luminous efficiency, efficiency, color rendition index. The analysis of the lighting engineering market, leading producers of LED goods in Russia and abroad is carried out, growth rates of the LED production market in Russia and in the world are given, development prospects for LED market, and lighting engineering market as a whole are defined.

Keywords: *lighting market, lighting, LED lamps, HID lamps, energy efficiency.*

Dadonov V.A., assoc. professor of the Department of Entrepreneurship and Foreign Economic Activities of the Bauman Moscow State Technical University, Ph.D. (Eng). Author of about 30 publications in the field of quality management and competitiveness, organizational economic business analysis. e-mail: dadonov@bmstu.ru

Bondar A.A., 5th-year student of department of Entrepreneurship and Foreign Economic Activities of the Bauman Moscow State Technical University.
e-mail: albond92@mail.ru