

# Современные энергоэкономичные технологии освещения

## Modern Energy Efficient Lighting Technologies

DOI 10.12737/article\_592d2eb3c9b5c7.04009713

Получено: 4 апреля 2017 г. / Одобрено: 20 апреля 2017 г. / Опубликовано: 16 июня 2017 г.

**Байнева И.И.**

Канд. техн. наук,  
доцент кафедры светотехники  
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет  
им. Н.П. Огарева»  
e-mail: baynevaii@rambler.ru

**Bayneva I.I.**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor, Department of Light Engineering,  
Ogarev Mordovia State University  
e-mail: baynevaii@rambler.ru

### Аннотация

Статья посвящена современным энергоэкономичным технологиям освещения. Затронута актуальность вопросов энергосбережения в современном мире. Определены направления оптимизации и повышения энергоэффективности систем освещения с конкретизацией типовых мероприятий. Описан реальный инструмент интенсификации развития рынка — энергоэкономичная технология освещения с применением светодиодных ламп-ретрофитов.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, энергосбережение, оптимизация, освещение, технология.

### Abstract

The article deals with modern energy efficient lighting technology. The relevance of energy issues in the modern world is considered. The areas of optimization and improvement of energy efficiency of lighting systems to the specification of the model events are identified. The tool of intensification of development of the market — energy efficient lighting technology with the use of led lamps-retrofit is described.

**Keywords:** energy efficiency, energy conservation, optimization, lighting, technology.

Энергосбережение и повышение энергоэффективности современного освещения относятся к числу приоритетных задач в России и мире. Энергосбережение означает организационные, правовые, технические, технологические и экономические меры, направленные на уменьшение объема используемых энергоресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования [1]. Энергетическая эффективность определяется как отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным для получения такого эффекта.

На освещение в современных условиях затрачивается порядка 19% мирового потребления электроэнергии, причем этот показатель постоянно возрастает. В России около 13% электроэнергии тратится на нужды освещения. В системе освещения значительные затраты идут на освещение вокзалов, стадионов, муниципальных учреждений, городское освещение и пр. [2] (рис. 1).

Осветительные приборы и используемые в них источники света постоянно совершенствуются по мере развития науки и техники [9, с. 34]. Одна из основных целей данного развития состоит в увеличении светового потока источника света, т.е. величины, характеризующей мощность его оптического излучения, воспринимаемую человеческим глазом. Второй целью развития источников света

можно назвать снижение потребляемой ими электрической мощности и, как следствие, экономию потребляемой электрической энергии при эксплуатации светотехнических устройств с данными источниками света.

В последние годы проблема экономии электроэнергии приобретает особую актуальность из-за роста спроса на электроэнергию во всем мире и ожидаемого дальнейшего увеличения ее потребления, вызванного интенсивным развитием производства, транспорта, строительства и т.д. В 14 странах действуют государственные программы энергосбережения в системах освещения (в Японии с 1998 г., в США принята как закон Конгрессом США в 2005 г., Европейская программа началась в 2000 г. и принята Европейской Комиссией, светодиодная тематика включена в пятилетние планы Китая с 2004 г., в Корею государственная программа принята в 2003 г.) [3].

В России политика направлена на вытеснение ламп накаливания, что совпадает с практикой многих стран, но ограничение оборота существенно меняет структуру российского рынка осветительных приборов. Законом «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» от 23.11.2009 № 261-ФЗ, вступившим в силу 27 ноября 2009 г., предусмотрена возможность устанавливать запрет и ограничивать произ-

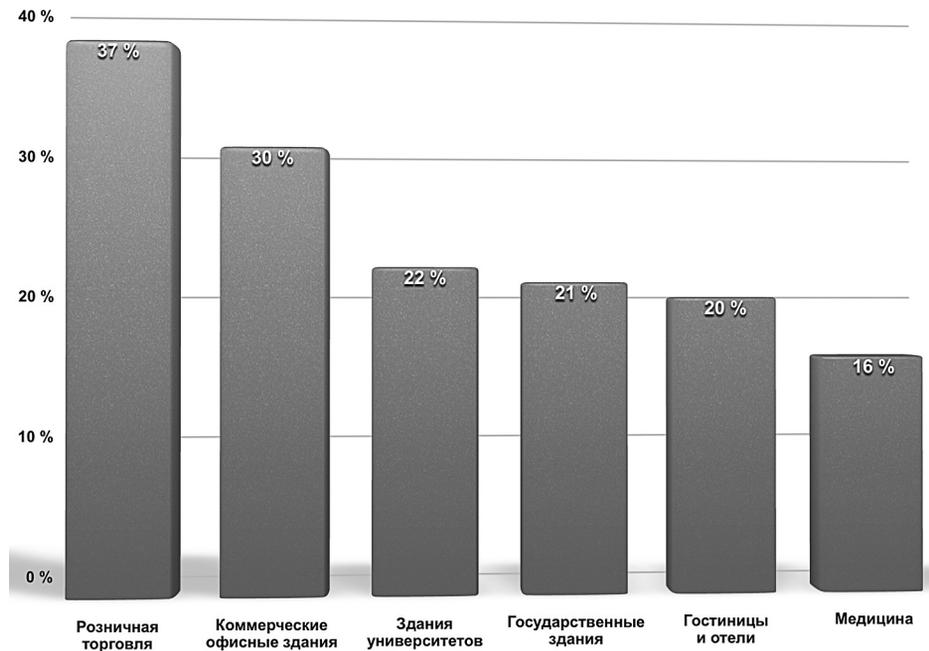


Рис. 1. Структура потребленной на освещение энергии в балансе общего энергопотребления

водство и оборот в РФ товаров, имеющих низкую энергетическую эффективность. Для реализации требований о сокращении оборота электрических ламп накаливания введен запрет на оборот на тер-

ритории РФ ламп накаливания мощностью 75 Вт и более. В табл. 1 приведены основные характеристики традиционных источников света, в табл. 2 — преимущества и недостатки источников света.

Таблица 1

Основные характеристики традиционных источников света

Источник света	Средний срок службы, тыс. ч	Индекс цветопередачи, Ra	Светоотдача, лм/Вт	Удельная световая энергия, вырабатываемая за срок службы (среднее значение)	
				Млм*ч/Вт	Отн. ед.
Лампы накаливания (ЛН)	1	100	8–17	0,013	1
Люминесцентные лампы (ЛЛ)	10–20	57–92	48–104	1,140	88
Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)	5–15	80–85	65–87	0,780	60
Дуговые ртутные лампы (ДРЛ)	12–24	40–57	19–63	0,738	57
Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)	11–28	21–60	66–150	2,050	157
Металлогалогенные лампы (МГЛ)	3,5–20	65–93	68–105	1,020	78

Таблица 2

Преимущества и недостатки источников света

Тип источника света	Преимущества	Недостатки
Лампа накаливания	Полная совместимость с существующими светильниками и стандартными технологиями на рынке. Светорегулирование любым регулятором	Низкая световая отдача. Большое потребление электроэнергии. Крайне малый КПД. Опасность из-за высокой рабочей температуры. Высокий уровень инфракрасного излучения. Короткий срок службы (1000 ч)
Газоразрядная лампа	Более высокая эффективность по сравнению с лампой накаливания — от 15% (обычные галогенные) до 80% (компактные люминесцентные). Продолжительный срок службы (в 10 раз больше, чем у ламп накаливания, — в среднем до 10 000 ч). Возможность исполнения различной цветности излучения (теплый, холодный свет).	Опасность из-за высокой рабочей температуры (у некоторых видов). Часто без возможности светорегулирования. Относительно медленное включение и прогрев (люминесцентные). Не всегда совместимы со стандартными светильниками. Относительно высокая цена. Высокий уровень ультрафиолетового излучения. Наличие ртути
Светодиодная лампа	Высокий коэффициент световой эффективности. Большой срок эксплуатации (до 100 000 ч). Безопасность (отсутствие инфракрасного и ультрафиолетового излучения, ртути)	Достаточно высокая цена

Оптимизация и повышение энергоэффективности электрических сетей и систем освещения включает большое количество направлений, среди которых можно выделить [4]:

- автоматическое поддержание заданного уровня освещенности с помощью частотных регуляторов питания люминесцентных светильников;
- замена ртутных люминесцентных светильников на натриевые и металлогалогенные;
- применение светодиодных светильников для уличного и дежурного освещения;
- применение эффективных электротехнических компонентов светильников;
- установка электронных пускорегулирующих устройств;
- использование осветительной арматуры с отражателями;
- применение аппаратуры для зонального отключения по уровням освещенности;
- применение автоматических выключателей для дежурного освещения;
- регулярная очистка прозрачных элементов светильников и датчиков автоматического отключения;
- использование комбинированных осветительных приборов, использующих для питания солнечную энергию.

Обеспечению вышеперечисленных позиций будут способствовать следующие организационные мероприятия:

- определение доли энергозатрат в структуре себестоимости;
- энергетическое обследование предприятия;
- составление энергетического паспорта предприятия и его отдельных объектов;
- разработка мероприятий энергосбережения и повышения энергоэффективности применительно к технологическим условиям деятельности предприятия;
- аудит договоров энергоснабжения предприятия и их оптимизация;

- планирование и организация технологического учета потребления энергии и энергоресурсов;
- обучение персонала правилам энергосбережения и рационального использования энергоресурсов;
- модернизация норм освещенности.

В табл. 3 приведены некоторые мероприятия по повышению энергосбережения в освещении.

Если внедрить современную технику с регулированием светового потока ламп и использовать датчики естественной освещенности, то можно сэкономить в первом случае 58%, во втором — 71%. Если применить полный арсенал энергосберегающих мероприятий, включая датчики движения, то при использовании ламп Т5 (диаметр трубки 16 мм) можно получить экономию электроэнергии 82% [5]. Однако, несмотря на преимущества КЛЛ по сравнению с ЛН, имеется ряд существенных недостатков КЛЛ:

- индекс цветопередачи ниже индекса цветопередачи ЛН (100 ед.);
- в КЛЛ используется предельно токсичная ртуть, причем ее количество в одной лампе всего в два раза меньше количества ртути в линейных люминесцентных лампах.

Ртуть является составной частью газоразрядных ламп (в том числе люминесцентных), в которых свечение создается от электрического разряда в парах металла или в смеси газа и пара. Опасность ртути приводит к необходимости утилизации отработавших ламп. Для этого необходимо убедить граждан не выбрасывать вышедшие из строя лампы, а относить их в пункты приема; оборудовать пункты приема; решить вопрос доставки ламп с пунктов приема до заводов переработки; создать заводы по переработке.

Исходя из целей энергоэффективности ищутся новые решения. Наибольший интерес в настоящее время проявляется к теме применения светодиодов в качестве источников света для светотехнических систем и установок. С технологиями твердотельных источников света связывается будущее ряда секто-

Таблица 3

Типовые мероприятия по осуществлению энергосбережения в системах освещения

№	Наименование мероприятия	Пределы годовой экономии, %
1	Замена ламп накаливания на люминесцентные	До 55–70% от потребляемой ими электроэнергии
2	Переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей	До 8% от потребляемой ими электроэнергии
3	Замена люминесцентных ламп на лампы того же типоразмера меньшей мощности: 18 Вт вместо 20, 36 Вт вместо 40, 65 Вт вместо 80	До 5% от потребляемой ими электроэнергии
4	Применение энергоэффективной пускорегулирующей аппаратуры газоразрядных ламп	До 11% от потребляемой ими электроэнергии
5	Оптимизация системы освещения за счет установки нескольких выключателей и деления площади освещения на зоны	10–15%

ров экономики (рис. 2). Как видно из диаграммы, в сфере освещения (освещение, архитектурная подсветка, светосигнальные приборы) применение светодиодов будет расти более высокими темпами, чем в других областях их традиционного использования.

Основная привлекательная черта светодиодных технологий — сочетание компактных размеров, высокой по сравнению с альтернативными технологическими решениями энергоэффективности, возможности быстрого управления свечением. Благодаря этим свойствам светодиоды находят применение в освещении и в качестве энергоэффективных источников света, готовых для интеллектуальных схем управления освещением [6–8]. Основные направления технологического совершенствования светодиодов — повышение светоотдачи и срока службы при снижении стоимости. Цена светодиодов, электронных компонентов и драйверов неизбежно снижается (рис. 3). По прогнозам экспертов, в связи с реальными шансами резкого снижения производственных затрат на изготовление ламп к 2020 г. цена светодиодных ламп с необходимыми потребительскими параметрами в розничной продаже будет не намного выше лучших типов компактных люминесцентных ламп, а для ряда моделей — даже ниже.

Светодиодные лампы, заменяющие лампы накаливания, — лампы-ретрофиты, с большой (до 80%) экономией электроэнергии создают огромный по-

тенциал роста доходности рынка светодиодных технологий. Достаточно просто заменить лампы накаливания с цоколями E27 и зеркальные галогенные лампы накаливания с цоколями GU10, GU5,3.

Светодиодные лампы-ретрофиты (рис. 4) — это реальный инструмент интенсификации развития рынка и эффективный продукт, который позволяет предложить потребителям новую энергоэкономичную технологию освещения. Светодиодные решения уже доказали свою эффективность в промышленном секторе, следующая ступень — завоевать розничный рынок, что намного сложнее, так как здесь существенным для принятия решения может быть даже самый малый фактор, например внешний вид упаковки. Определенную роль в расширении сферы применения этих источников света, в том числе в бытовой сфере, сыграло расширение объема информации на упаковке ламп для розничной продажи:

- приводится стандартизованная шкала энергоэкономичности источников света и указывается класс, к которому относится данная лампа;
- кроме мощности (в Вт), дается величина светового потока (в люменах) и цветовая температура излучения (в градусах Кельвина);
- угол рассеяния света (в град.);
- указываются мощность лампы накаливания, которую заменяет данная светодиодная лампа, и получаемая экономия электроэнергии (%);

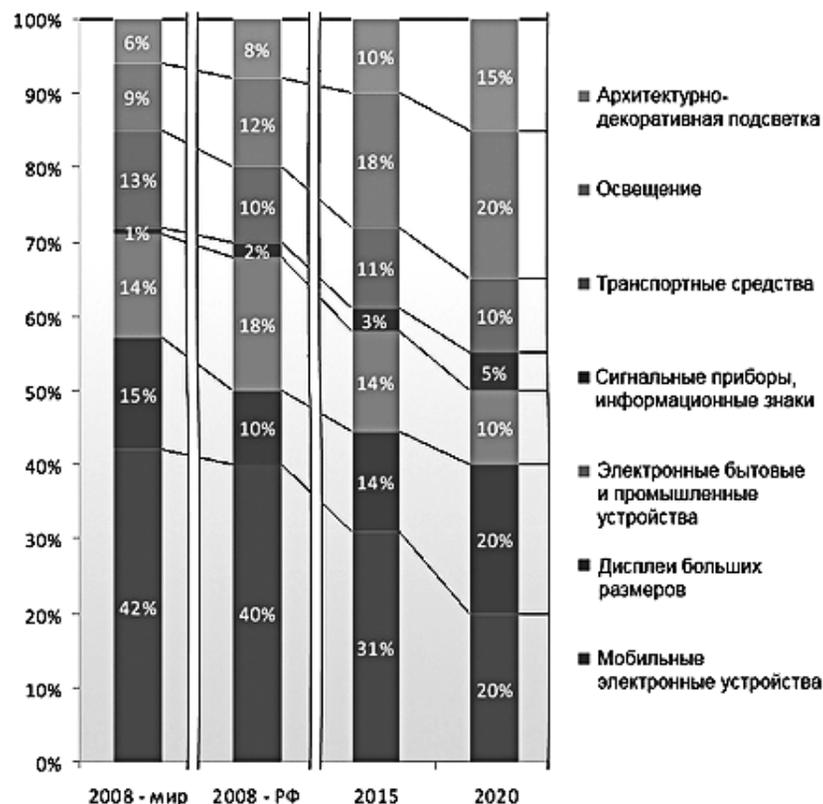


Рис. 2. Текущая и ожидаемая структура рынка светодиодов

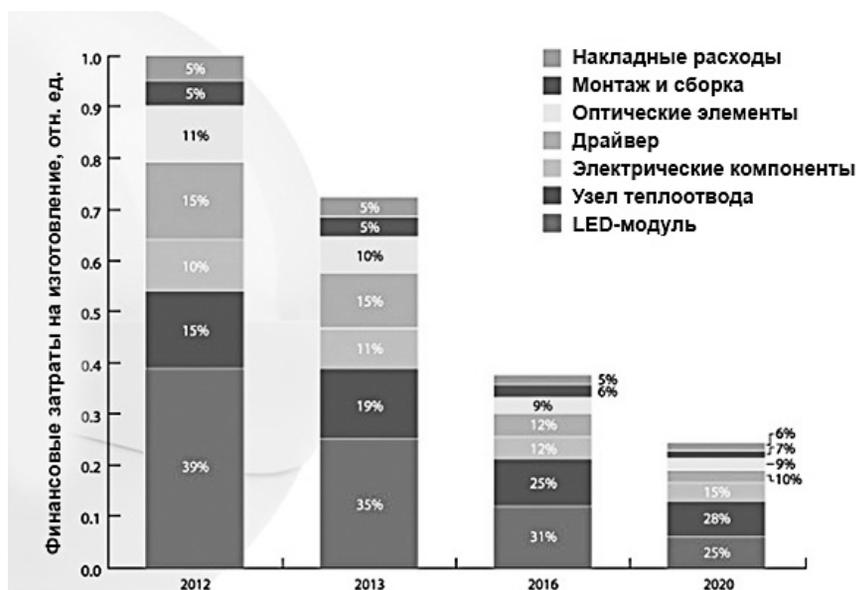


Рис. 3. Соотношение основных затрат на изготовление светодиодных ламп-ретрофитов, %

- приводится расход электроэнергии (в кВт · ч) за 1000 ч горения (усредненное годовое время наработки лампы в бытовом секторе);
- указываются полезный срок службы и допустимое число включений без ущерба для срока службы;
- качество воспроизведения натуральных цветов описывается величиной индекса цветопередачи (Ra);
- параметры питающей сети (в В);
- тип цоколя.

Светодиодные лампы намного опережают КЛЛ и даже лампы накаливания по экологическим параметрам. Единственный момент, который вызывает споры, — это алюминиевые радиаторы, используемые производителями, из-за их хороших тепло-

проводных свойств. Так как добыча алюминия наносит вред окружающей среде, ведущие производители начали исследовать и применять различные синтетические материалы, полимеры и керамику с разнообразными добавками, которые могут отлично отводить тепло и дешевле металла. Также активно проводятся тестирование и внедрение новых материалов для рассеивателей ламп.

Важным вопросом энергоэффективного освещения являются нормы освещенности и проектирование освещения. Значительный эффект энергоэффективности дает правильное проектирование освещения (сочетание источников и их мощности по отношению к требуемому уровню освещения и режимам использования светотехнических устройств). На нормах освещенности базируется проектирова-



Рис. 4. Светодиодные лампы-ретрофиты

ние схем освещения большинства зданий и помещений, открытых площадок [10, с. 33].

Согласно мировым и российским «дорожным картам» развития светодиодной отрасли к 2020 г.

стоимость за светодиодный килолюмен составит около 2 долл. [11]. Период окупаемости при такой стоимости будет настолько коротким, что потребитель уже не захочет выбрать другую технологию.

### Литература

1. ОАО «Архэнергосбыт» — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://old.arsk.ru>.
2. Освещение и потребление электроэнергии — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ido.tsu.ru>.
3. Альтернативная энергия — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://altenergiya.ru>.
4. Министерство энергетики Российской Федерации — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru>.
5. Портал по энергосбережению «Энергосвет» — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://energosovet.ru>.
6. Байнева И.И. Аспекты разработки энергоэффективных светотехнических изделий для решения задач повышения энергосбережения / И.И. Байнева, В.В. Байнев // Вестник Мордовского университета. 2014, № 1–2. С. 76–80.
7. Байнева И.И. Энергоэффективные источники света и световые приборы для решения задач повышения энергосбережения / И.И. Байнева, В.В. Байнев // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2014, № 9 (206). С. 62–64.
8. Байнева И.И. Продукция светотехнической промышленности России: проблемы энергосбережения и энергоэффективности / И.И. Байнева, В.В. Байнев // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. 2014, № 2 (7). С. 4–7.
9. Баурина С.Б. Менеджмент надежности в светотехническом производстве // Экономика качества. — 2015. — № 11–12. — С. 34–42.
10. Баурина С.Б. Процесс технологической подготовки производства в системе менеджмента качества: характеристика и основные этапы // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. — 2013. — Т. 2. — №1(2). — С. 31–35.
11. Интернет-портал Energyland.info — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://energyland.info>.

### References

1. OAO «Arkhennergosbyt» [OJSC «Arkhennergosbyt»]. Available at: <http://old.arsk.ru>.
2. *Osveshchenie i potreblenie elektroenergii* [Lighting and electricity consumption]. Available at: <https://ido.tsu.ru>.
3. *Alternativnaya energiya* [Alternative energy]. Available at: <http://altenergiya.ru>.
4. *Ministerstvo energetiki Rossiyskoy federatsii* [Ministry of Energy of the Russian Federation]. Available at: <http://minenergo.gov.ru>.
5. *Portal po energosberezheniyu «Energosvet»* [Energy saving portal «Energosvet»]. Available at: <http://energosovet.ru>.
6. Bayneva I.I. Aspekty razrabotki energoeffektivnykh svetotekhnicheskikh izdeliy dlya resheniya zadach povysheniya energosberezheniya [Aspects of developing energy-efficient lighting products for solving energy saving problems]. *Vestnik Mordovskogo universiteta* [Bulletin of the Mordovian University]. 2014, I. 1—2, pp. 76—80.
7. Bayneva I.I. Energoeffektivnye istochniki sveta i svetovye pribory dlya resheniya zadach povysheniya energosberezheniya [Energy-efficient light sources and light devices for solving energy saving problems]. *Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal s prilozheniem* [Handbook. Engineering Journal with the application]. 2014, I. 9 (206), pp. 62—64.
8. Bayneva I.I. Produktsiya svetotekhnicheskoy promyshlennosti Rossii: problemy energosberezheniya i energoeffektivnosti [Production of the lighting industry in Russia: problems of energy conservation and energy efficiency]. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika firmy* [Scientific Research and Development. The economy of the firm]. 2014, I. 2 (7), pp. 4—7.
9. Baurina S.B. Menedzhment nadezhnosti v svetotekhnicheskoy proizvodstve [Reliability Management in Lighting Production]. *Ekonomika kachestva* [Economics of Quality]. 2015, I. 11—12, pp. 34—42.
10. Baurina S.B. Protsess tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva v sisteme menedzhmenta kachestva: kharakteristika i osnovnyye etapy [Process of technological preparation of production in the quality management system: characteristics and milestones]. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika firmy* [Scientific research and development. The economy of the firm]. 2013, V. 2, I. 1(2), pp. 31—35.
11. *Internet-portal Energyland.info* [Internet portal Energyland.info]. Available at : <http://energyland.info>.