

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Потапкин Н.Н.<sup>1</sup>, Вишнеvский С.А.<sup>1</sup>, Ашрятов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П.Огарева», Саранск, Россия (430005, Саранск, ул.Б. Хмельницкого 39), e-mail: alxim58@yandex.ru

В статье рассматриваются пути повышения энергоэффективности общественных помещений за счет экономии электроэнергии на освещении. Указаны основные вопросы, на которые необходимо обращать внимание как при проектировании осветительной установке, так и при реконструкции существующей осветительной установки. Особое внимание уделено критериям выбора осветительных приборов. Показано изменение оптического КПД светильника в зависимости от применяемых материалов в оптической системе светового прибора. Так как для освещения общественных помещений широко используются люминесцентные лампы, показано влияние индекса энергоэффективности пускорегулирующего аппарата светильника на энергоэффективность осветительной установки в целом. Приводятся примеры вариантов усовершенствования осветительных установок путем их моделирования в программе DIALux. На примере учебной аудитории рассмотрены энергосберегающие мероприятия.

Ключевые слова: Общественное освещение, энергоэффективность, осветительная установка, светильник.

## IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF LIGHTING INSTALLATIONS OF PUBLIC PREMISES

Potapkin N.N.<sup>1</sup>, Vishnevskiy S.A.<sup>1</sup>, Ashryatov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation (430005, Saransk, ul. B. Khmel'nitsky 39), e-mail: alxim58@yandex.ru

This article discusses ways to improve the energy efficiency of public buildings for energy savings on lighting. Shown basic questions that must be addressed in both the design of the lighting installation, and renovation of the existing lighting system. Particular attention is paid to the selection criteria of lighting. By Zano change optical efficiency of luminaire, depending on the materials used in the optical system of the light unit. As for illumination of public premises are widely used fluorescent tubes, it shows the influence of the index of energy efficiency of the ballast that the Machine-lamp lighting system energy efficiency as a whole. Examples of variants improvement of lighting installations by their simulation program DIALux. For example, classroom considered energy saving measures.

Keywords: public lighting, energy efficiency, lighting installation, luminaries nickname.

Эффективное использование ресурсов в экономике всех стран, особенно энергии и энергоносителей, представляет собой глобальную проблему. По прогнозам, потребность в энергоресурсах в мире вырастет к 2025 г в 1,5 раза, а доля органического топлива как источника энергии превысит к 2030 г 90%. Растущий спрос на энергию, особенно со стороны развивающихся стран, при дефиците ресурсов обострит конкуренцию на мировых рынках, что существенно скажется на динамике цен и определяющих ее факторах.

В статье [3] приведены результаты исследования энергопотребления большой группы образовательных учреждений, затраты на энергоносители ежегодно увеличиваются на 15–20%. Основная доля расходов приходится на тепловую и электрическую энергию. Как и в обще образовательных учреждениях, так и во всей группе общественно административных помещениях затраты на электрическое освещение занимает большую долю затрат от общего энергопотребления.

Рассмотрим основные мероприятия по снижению затрат электрической энергии (ЭЭ) на освещение общественно-административных помещений.

### **Пути повышения энергоэффективности**

Для вновь создаваемых и реконструируемых осветительных установок (ОУ) необходимо определиться с количественными и качественными параметрами. Завышение, либо занижение параметров ОУ приводит к неблагоприятным последствиям, снижения работоспособности, утомляемость, раздражительность, потеря остроты зрения [7]. Согласно СП52.13330.2011 [6] необходимо обеспечить:

- нормируемые уровни освещенности на рабочей поверхности (для функциональных помещений – от 300 до 500 лк, в зависимости от разряда зрительных работ);
- цилиндрическую освещенность (50-150 лк);
- объединенный показатель дискомфорта UGR (18-24);
- коэффициент пульсации освещенности (10-15%).

Согласно п 7.23 СП 52.13330.2011 [6] в помещениях общественных зданий, как правило, следует применять систему общего освещения. Допускается применять систему комбинированного освещения, где выполняются зрительная работа А-В разряда, при этом освещенность от общего освещения должна составлять не менее 70% от нормируемых значений.

При проектировании электрического освещения необходимо особое внимание уделять:

- выбору эффективных световых приборов (СП), обладающих необходимым светораспределением и нужным конструктивным исполнением;
- применению высокоэффективных источников света (ИС) (люминесцентные лампы (ЛЛ) Т5, светодиодные источники света);
- применению эффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА);
- повышению оптических характеристик ОУ;
- системам, сокращающим бесполезное использование искусственного освещения.

Кроме того, при реконструкции ОУ необходимо учитывать, что структура ее стоимостных показателей складывается из [10]:

- капитальных затрат на осветительное оборудование – 10-15%;
- затрат на монтаж и обслуживание ОП – 15%;
- стоимости ЭЭ – 70-75%.

Таким образом, очевидно, что внимание необходимо уделять энергетическим и светотехническим параметрам светильников, а не их стоимости.

Расход ЭЭ может быть снижен за счет грамотного выбора осветительных приборов с необходимым светораспределением, конструктивным исполнением, и оптимальной высотой подвеса [2]. На сегодняшний момент для освещения общественных помещений широко применяются светильники с люминесцентными лампами (ЛЛ). При выборе светильников с ЛЛ, и другими источниками света, необходимо особое внимание уделить оптическому КПД, чем он выше, тем лучше.

Оптический КПД светильника в значительной степени зависит отражателя и рассеивателя применяемого в светильнике. В настоящее время для производства рассеивателей для люминесцентных светильников применяют: полиметилметакрилат, поликарбонат и светостабилизированный полистирол. В процессе эксплуатации светильников, у рассеивателей снижается коэффициент пропускания в результате воздействия коротковолнового видимого и ультрафиолетового излучения, присутствующего в спектре ламп и в спектре естественного света. Наименьшее снижение коэффициента пропускания имеет полиметилметакрилат, а наибольшее – полистирол, который за короткое время теряет свою первоначальную прозрачность и желтеет. Для производства отражателей и экранирующих решеток люминесцентных светильников широко применяют анодированный алюминий с коэффициентом отражения до 0,95 для марки Migo, и до 0,98 – Miro-Silver производства фирмы Alonod [9].

Таким образом, если для ОУ выбран СП изготовленный из некачественных материалов (как правило, имеет низкую стоимость), то это приводит к преждевременному снижению световых показателей светильника и, соответственно, к снижению уровней освещенностей на рабочих поверхностях ОУ, что впоследствии вызовет необходимость в преждевременной замене ОП.

Как уже было сказано, в настоящее время для освещения общественных помещений, наиболее широко применяются ЛЛ Т8. Световая отдача ламп типа Т8 по данным каталогов Philips и Osram составляют на уровне 93 лм/Вт, а аналогичная ЛЛ производства ГУП РМ "Лисма" имеет 72 лм/Вт.

В тоже время сейчас наиболее эффективными являются люминесцентные лампы нового поколения с диаметром трубки 16 мм (так называемые лампы Т5) для питания которых применяются только электронные высокочастотные ПРА (ЭПРА). Например, аналогом ЛЛ в трубке Т8 мощностью 36 Вт является ЛЛ с диаметром колбы 16 мм (Т5) мощностью 28 Вт. Световые потоки данных ламп при температуре окружающей среды 35°С, что соответствует реальной температуре внутри светильника, соизмеримы. Также стоит отметить преимущества ЛЛ в трубке Т5: срок службы 24000 ч; спад светового потока к концу срока службы составляет не более 10 %; резко сниженное содержание ртути в этих

лампах (с 30 до 3 мг); высокий индекс цветопередачи. Световая отдача люминесцентных ламп T5 составляет 105 лм/Вт [8].

А наиболее перспективными на сегодняшний момент являются светодиоды, максимально достигнутая световая отдача 303 лм/Вт. Световая отдача серийных образцов на сегодняшний момент составляет 140-150 лм/Вт. Светодиоды постепенно вытесняют другие источники света, но цена является сдерживающим фактором для еще более массового внедрения.

Пускорегулирующей аппарат это светотехническое изделие, с помощью которого осуществляется питание ИС от электрической сети, обеспечивающее необходимые пусковые и рабочие режимы ИС. При выборе ПРА нужно понимать, что от его качества зависят параметры ИС, в том числе и энергетические.

Для облегчения выбора ПРА для ЛЛ с точки зрения энергоэкономичности Комитет Европейских ассоциаций ОП и ПРА (SELMA) директивой ЕС № 2000/55/EG предложил классифицировать ПРА по индексу энергоэффективности [9]. Индекс энергоэффективности ЕЕИ – Energy Efficiency Index – наносится на ПРА производителем (входящим в SELMA). Для потребителя это означает, что существует 7 классов в зависимости от потерь (таблица 1) [1]. Первых 3 – А1 (наиболее эффективный), А2 и А3 это ЭПРА, а остальные 4 – В1, В2, С и D это электромагнитные ПРА (ЭмПРА). По классификации SELMA, светильник с двумя ЛЛ мощностью 36 Вт укомплектованный ЭмПРА класса D, будет потреблять свыше 90 Вт, а аналогичный светильник с ЭПРА ЕЕИ=А3 – порядка 76 Вт, что соответствует экономии 15,5% ЭЭ. С ЭПРА А2 – 72 Вт, что на 20 % экономичнее относительно варианта с ЭмПРА.

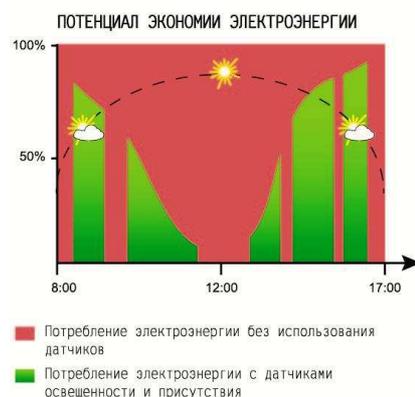


Рис. 1. Потенциал экономии электроэнергии на АСУО

Таблица 1

Эффективность балластов

Лампа (код ILCOS)	Мощность лампы, Вт		Эффективность балластов (Plamp/Pinput, %)						
	ЭмПРА	ЭПРА	A1*	A2	A3	B1	B2	C	D
FD 18-E-G13-26	18	16	-	<19	<21	<24	<26	<28	>28
FD 36-E-G13-26	36	32	-	<36	<38	<41	<43	<45	>45
FD 58-E-G13-26	58	50	-	<55	<59	<64	<67	<70	>70

\* диммируемые ЭПРА

Известно, что лозунг "Уходя, гасите свет" не всегда и не везде выполняется. Поэтому, в настоящее время максимальный эффект от энергосберегающих мероприятий при

модернизации ОУ можно достичь путем использования автоматизированных систем управления освещением (АСУО).

АСУО позволяют сокращать время работы осветительных приборов и максимально использовать естественный свет, поддерживая постоянные уровни освещенности на рабочей поверхности, снижая тем самым искусственную составляющую света. На рисунке 1 [5] показан потенциал энергосбережения при внедрении АСУО.

Сейчас на рынке систем управления освещением предлагаются совмещенные датчики, которые автоматически включают/выключают освещение в помещении в зависимости от интенсивности естественного света и/или присутствия людей. По разным оценкам, экономия от внедрения датчиков освещенности и присутствия может достичь порядка 50% экономии ЭЭ, в зависимости от ориентации световых проемов и интенсивности использования помещений.

Следует также отметить, что необходимо неукоснительно соблюдать регламент по регулярной чистке стекол световых проемов, и не реже двух раз в год осуществлять чистку СП [6]. Выполнение данного регламента, по данным [9], позволяет экономить до 25 % потребляемой ЭЭ.

#### **Технико-экономическое сравнение различных мероприятий**

Для оценки влияния выше изложенных рекомендаций на технико-экономические показатели ОУ было проведено сравнение вариантов ОУ учебной аудитории.

Согласно действующим нормативным документам [10,11] для учебных аудиторий необходимо обеспечить:

- освещенность на рабочей поверхности 400Лк;
- освещенность в середине доски  $E=500\text{Лк}$ ;
- объединенный показатель дискомфорта UGR не более 21;
- коэффициент пульсации освещенности не более 10%, для кабинетов для работы с компьютерами не более 5%.



*Рис.2. Моделирование ОУ в программе DIALux*

Было построено 4 проекта с различными светильниками. Параметры рассмотренного помещения: длина – 9 м, ширина – 6 м, высота – 3,2 м. Основное требование - замена устаревших светильников на новые без реконструкции системы подвеса. Все проекты рассчитаны на светильниках одного производителя.

Светотехнический расчет произведен в программе DIALux. Основные параметры предложенных проектов приведены в таблице 2. На рисунке 2 показан проект учебной аудитории.

**Таблица 2**

Технико-экономическое сравнение проектов

Проекты	Кол-во, шт	$E_{ср}$	$P, Вт$	$\Sigma P, кВт$	Экономия ЭЭ
1. ЛПО46-2x36-604 с ЭМПРА	10	416	88	0,88	0%
2. ЛПО46-2x36-614 с ЭПРА	10	488	72	0,72	18%
3. ЛПО46-2x28-614	10	435	60	0,6	32%
4. ЛПО46-2x35-614	8	451	72	0,576	35%
5. ДПО12-38-101	10	477	38	0,38	57%

Из таблицы 3 следует, что можно добиться 57% экономии ЭЭ относительно первого проекта, моделирующего подавляющее большинство существующих ОУ со светильниками ЛПО46 2x36-604 с ЭМПРА.

Для определения периода окупаемости выбранных вариантов ОУ произведем простейший расчет:

$$\text{Годовые затраты на ЭЭ} = \Sigma P \times T \times q \text{ (руб)},$$

где  $\Sigma P$  – суммарная потребляемая мощность, кВт;

$T$  – число часов использования осветительной нагрузки в год, ч;

$q$  – тариф на ЭЭ, руб/кВт·ч, (4,5 рублей).

Согласно ФЗ №273 «Об образовании в Российской Федерации» продолжительность учебного времени колеблется в пределах 33-45 недель. Допустим, что длительность учебного года составляет 40 пятидневных недель, по 6 часов использования осветительной нагрузки. Суммарное время использования осветительной нагрузки в год для учебных аудиторий в этом случае составляет в среднем 1200 часов.

Результаты расчетов приведены в таблице 3.

**Таблица 3**

Сравнение основных стоимостных параметров ОУ

Проекты	Цена СП, руб	Кол-во, шт	Кап. затраты на оборудование, руб	Годовые затраты на ЭЭ, руб
1. ЛПО46-2x36-604 с ЭМПРА	1072	10	10720	4752
2. ЛПО46-2x36-614с ЭПРА	1180	10	11800	3888
3. ЛПО46-2x28-614	1481	10	14810	3240
4. ЛПО46-2x35-614	1802	8	14416	3110
5. ДПО12-38-101	2148	10	21480	2052

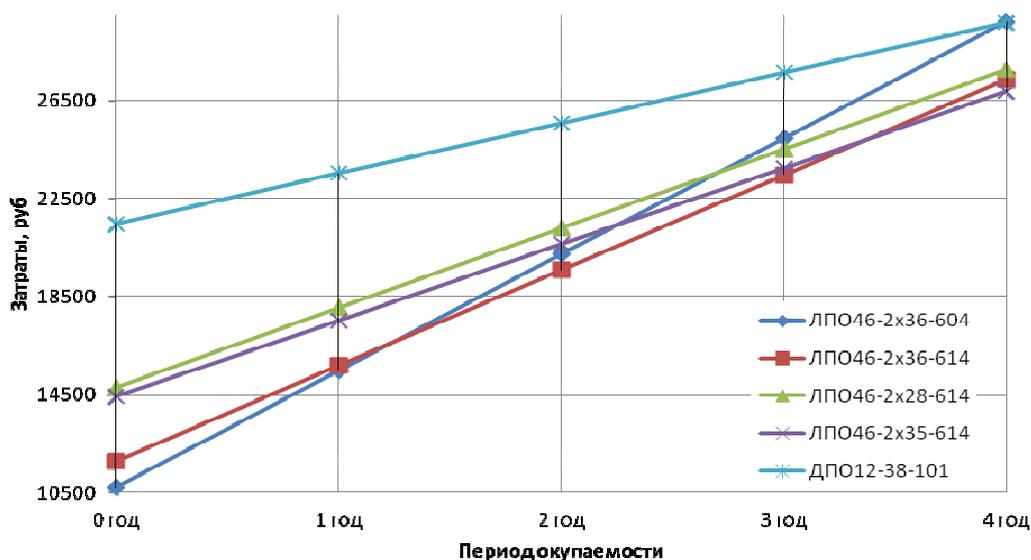


Рис. 3. Расчетный период окупаемости для различных светильников

Наиболее оптимальным является вариант Проекта 4 со светильниками ЛПО46 2x35 с ЛЛ типа Т5 мощностью 35 Вт. Экономия ЭЭ, в данном случае, составит 35% по сравнению с аналогичными светильниками с лампами мощностью 36 Вт и ЭмПРА. Расчетный период окупаемости, составил чуть более 2-х лет, который определен по рисунку 3 по пересечению прямых, характеризующих полные затраты (капитальные затраты + ежегодные затраты) на ОУ со светильниками ЛПО46-2x36-604 с ЭмПРА (Проект 1) и ЛПО46-2x35-614 (Проект 4). Хотя фактический период окупаемости составит меньший срок, так как не учитывались сокращение эксплуатационных расходов. Хотя в некоторых случаях, наиболее оптимальным может оказаться Проект 5 со светодиодными светильниками, экономия по данному проекту, относительно Проекта 1, составляет 57%.

### Заключение

Таким образом, в настоящее время есть возможность внедрения современных светильников с высокоэффективными ИС со световой отдачей выше 100 лм/Вт с периодом окупаемости 2 года.

Кроме того, при внедрении современных, качественных приборов для освещения, мы тем самым косвенно инвестируем в повышение производительности, так как при правильном освещении повышается работоспособность и умственная активность. Также за счет экономии ЭЭ происходит сокращение выбросов CO<sub>2</sub> при ее выработке и, тем самым, улучшая экологическая обстановка окружающей среды [4].

Издание научной статьи осуществлено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания по проекту № 3153: «Проведение теоретических и экспериментальных исследований по разработке перспективных энергоэффективных светодиодных источников оптического излучения и оценка эффективности осветительных

установок на их основе».

### Список литературы

1. Айзенберга Ю.Б. Справочная книга по светотехнике / Ю.Б. Айзенберга. – М.: ЗНАК. 2006. – 972 с.
2. Айзенберг Ю.Б. Энергосбережение в светотехнических установках / Ю.Б. Айзенберг, Н.В. Рожкова// Новости светотехники. Вып.16(4) под ред. Ю.б. Айзенберга. – М., 1999 – 24 с.
3. Вагин Г.Я. Исследование эффективности использования энергоносителей в образовательных учреждениях. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.endf.ru/36\\_1.php](http://www.endf.ru/36_1.php).
4. Датчики Освещённости Хелвар. [Электронный ресурс]. – Режим доступ: [http://www.helvar.com/sites/default/files/Sensors\\_brochure\\_web\\_RU.pdf](http://www.helvar.com/sites/default/files/Sensors_brochure_web_RU.pdf).
5. Каковы потери на электронном ЭПРА для ЛЛ (расчет энергоэффективности) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.astz.ru/faq/faq.php?ELEMENT\\_ID=3723](http://www.astz.ru/faq/faq.php?ELEMENT_ID=3723) – Загл. с экрана.
6. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. / Г.М. Кнорринга, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 1992. – 448 с.
7. Количество школьников в России за 10 лет сократилось на 10млн. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nsk.sibnovosti.ru/society/84065-kolichestvo-shkolnikov-v-rossii-za-10-let-sokratilos-na-10-mln>
8. Кунгс Я.А. Экономия электрической энергии в осветительных установках / Я.А. Кунгс, М.А. Фаермарк – М.: Энергоатомиздат. 1984. – 161 с.
9. Рыбалов С.Л. Новое поколение энергоэффективных тонких люминесцентных ламп типа Т5. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/stat778.html>.
10. СанПин 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях» введ 29 - 12 - 2010 с изменениями от 25.12.2013.
11. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение; введ. 2011–05 – 20.
12. Уханов Д.М., Зволинский В.П., Половых С.О., Юрченко С.И., Дарда И.В. Возможности и перспективы повышения эффективности теплоэлектроэнергетики в жилищно-коммунальном хозяйстве // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: [www.science-education.ru/116-12981](http://www.science-education.ru/116-12981) (дата обращения: 22.03.2015).

**Рецензенты:**

Коваленко О.Ю., д.т.н., профессор кафедры источников света ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П.Огарева», г. Саранск;

Кокинов А.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры светотехники ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П.Огарева», г. Саранск.