

УДК 621.311

Г.Я. Вагин, Е.Б. Солнцев, А.С. Шевченко, О.Ю. Малафеев

МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАНЖИРОВАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ «СОВОКУПНОЙ СТОИМОСТИ ВЛАДЕНИЯ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Приведена методика экономического ранжирования осветительных приборов в зависимости от времени работы освещения в год. Выполнены расчеты для ретрофитных (обычных и галогенных ламп накаливания, компактных люминесцентных и светодиодных ламп) и линейных (офисных светильников с люминесцентными лампами, а также светодиодных светильников) осветительных приборов. Расчеты проведены для трех значений стоимости электроэнергии. Выявлены наиболее экономически эффективные источники внутреннего освещения для государственных учреждений и помещений жилого сектора.

Ключевые слова: ранжирование, электрическое освещение, совокупная стоимость владения, экономическая эффективность.

С появлением новых устройств возникает проблема их эффективного использования. Существующий европейский подход [1] базируется на определении наилучшего товара с точки зрения нескольких критериев: энергоэффективности, экологичности, качества и безопасности для здоровья человека. Однако такой подход не учитывает экономическую эффективность использования устройства и, соответственно, может привести к неоправданным затратам. Разумеется, для потребителя не так важна энергетическая эффективность, сколько экономическая.

Одним из важных экономических показателей функционирования любого устройства является совокупная стоимость владения. Стоимость владения определяет полные затраты на эксплуатацию изделия в течение определенного срока.

В качестве расчетного промежутка для определения величины стоимости владения была выбрана величина экономического срока эксплуатации оборудования. Для источников света этот срок равен 15 лет [2].

Стоимость владения на интервале равном экономическому сроку службы осветительного прибора (о. п.) определяется по выражению:

$$C_{\text{вл}} = C_{\text{о.п.}} + C_{\text{экс}} + C_{\text{эз}} \quad (1)$$

где $C_{\text{о.п.}}$ – стоимость осветительного прибора (о.п.), руб.; $C_{\text{экс}}$ – стоимость эксплуатации о.п. за весь экономический срок службы (затраты на замену ламп, вышедших из строя), руб.; $C_{\text{эз}}$ – стоимость потребленной электроэнергии, руб.

Стоимость эксплуатации осветительного прибора:

$$C_{\text{экс}} = N_{\text{л}} \cdot C_{\text{л}} \cdot \frac{T_{\text{г}}}{T_{\text{сл}}} \cdot 15 \quad (2)$$

где $C_{\text{л}}$ – стоимость лампы, руб.; $N_{\text{л}}$ – количество ламп в о.п., шт. $T_{\text{г}}$ – время работы системы освещения в год, ч; $T_{\text{сл}}$ – нормативный срок службы лампы, ч; 15 – экономический срок службы – промежуток времени, для которого определяются эксплуатационные затраты, лет.

При расчетах $C_{\text{экс}}$ необходимо использовать целую часть отношения $\frac{T_{\text{г}}}{T_{\text{сл}}} \cdot 15$ (без округления).

Стоимость потребленной электроэнергии рассчитывается по выражению:

$$C_{\text{эз}} = \Pi_{\text{эз}} \cdot W_{\text{эз}} = \Pi_{\text{эз}} \cdot P_{\text{о.п.}} \cdot T_{\text{г}} \cdot 15 \quad (3)$$

где $\Pi_{\text{эз}}$ – стоимость электроэнергии, руб./Вт·ч; $W_{\text{эз}}$ – объем электроэнергии, потребленной о.п. за экономический срок службы, Вт·ч; $P_{\text{о.п.}}$ – мощность о.п., Вт.

Таким образом:

$$C_{\text{вл}} = C_{\text{о.п}} + N_{\text{л}} \cdot C_{\text{л}} \cdot \frac{T_{\text{г}}}{T_{\text{сл}}} \cdot 15 + \Pi_{\text{ээ}} \cdot P_{\text{о.п}} \cdot T_{\text{г}} \cdot 15. \quad (4)$$

Для того чтобы привести светильники с различными лампами и со схожими световыми характеристиками к одинаковым условиям, определим удельную стоимость владения, разделив выражение (4) на световой поток о.п. $\Phi_{\text{о.п}}$.

$$\frac{C_{\text{вл}}}{\Phi_{\text{о.п}}} = \frac{C_{\text{о.п}}}{\Phi_{\text{о.п}}} + \frac{N_{\text{л}} \cdot C_{\text{л}}}{\Phi_{\text{о.п}}} \cdot \frac{T_{\text{г}}}{T_{\text{сл}}} \cdot 15 + \Pi_{\text{ээ}} \cdot \frac{P_{\text{о.п}}}{\Phi_{\text{о.п}}} \cdot T_{\text{г}} \cdot 15. \quad (5)$$

Т.к. отношение $\frac{C_{\text{о.п}}}{\Phi_{\text{л}}}$ представляет собой удельную стоимость $K_{\text{л}}$, а отношение $\frac{P_{\text{л}}}{\Phi_{\text{л}}}$ обратно пропорционально световой отдаче $K_{\text{со}}$, то выражение (5) можно представить в следующем виде:

$$C_{\text{уд.вл}} = C_{\text{уд.оп}} + C_{\text{уд.л}} \cdot \frac{T_{\text{г}}}{T_{\text{сл}}} \cdot 15 + \frac{\Pi_{\text{ээ}} \cdot T_{\text{г}} \cdot 15}{K_{\text{со.оп}}}. \quad (6)$$

Для анализа были выбраны следующие осветительные приборы:

1. Светильники с лампами накаливания (ЛН);
2. Светильники с галогенными лампами (ГЛН);
3. Светильники с компактными люминесцентными лампами (КЛЛ);
4. Светильники с люминесцентными лампами типа Т8 с галофосфатным люминофором и с электромагнитным ПРА (ЛЛ Т8 ЭМПРА);
5. Светильники с люминесцентными лампами типа Т8 с трех полосным люминофором и с электронным ПРА (ЛЛ Т8 ЭПРА);
6. Светильники с люминесцентными лампами типа Т5;
7. Светильники с ретрофитными светодиодными лампами (СД_{рет}) (лампы прямой замены ЛН);
8. Светодиодные светильники для прямой замены светильников с линейными ЛЛ (СД_{лин}).

Все осветительные приборы можно разделить на две группы:

- 1) лампы прямой замены ламп накаливания – ретрофитные о. п. (ЛН, ГЛН, КЛЛ, СД_{рет});
- 2) светильники с линейными люминесцентными лампами, и их светодиодные аналоги – линейные о.п. (офисные светильники с ЛЛ всех типов, а также СД_{лин}).

Для определения удельных показателей был проведен анализ характеристик о.п. различных производителей. Для ретрофитных о.п. в качестве эталона были выбраны ЛН мощностью 60 Вт, для линейных - офисные люминесцентные светильники размером 595x595 мм.

Согласно [3], а также проведенному анализу характеристик как отечественных, так и зарубежных о.п., были получены средние значения удельных показателей, а также срок службы ламп. Результаты представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Удельные показатели ретрофитных о.п.

Осветительный прибор	Светоотдача, $K_{\text{со.оп}}$, лм/Вт	Удельная стоимость, $C_{\text{уд.оп}}$, руб./лм	Срок службы, $T_{\text{сл}}$, ч
ЛН	12	0,02	1000
ГЛН	15	0,14	2000
КЛЛ	56	0,28	8000
СД _{рет}	79	0,58	25000

Примечание. Для данных о.п. $C_{\text{уд.оп}}$ и $C_{\text{уд.л}}$ равны.

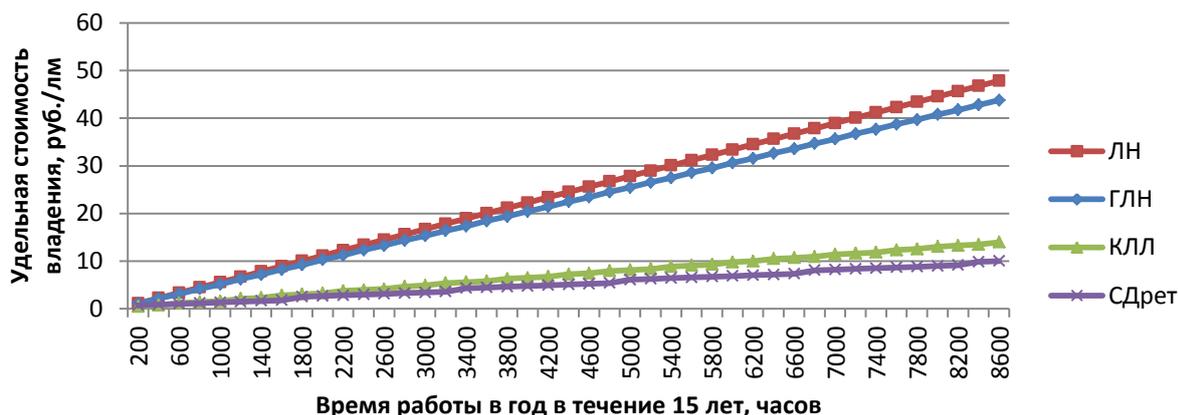
Таблица 2

Удельные показатели линейных офисных о.п.

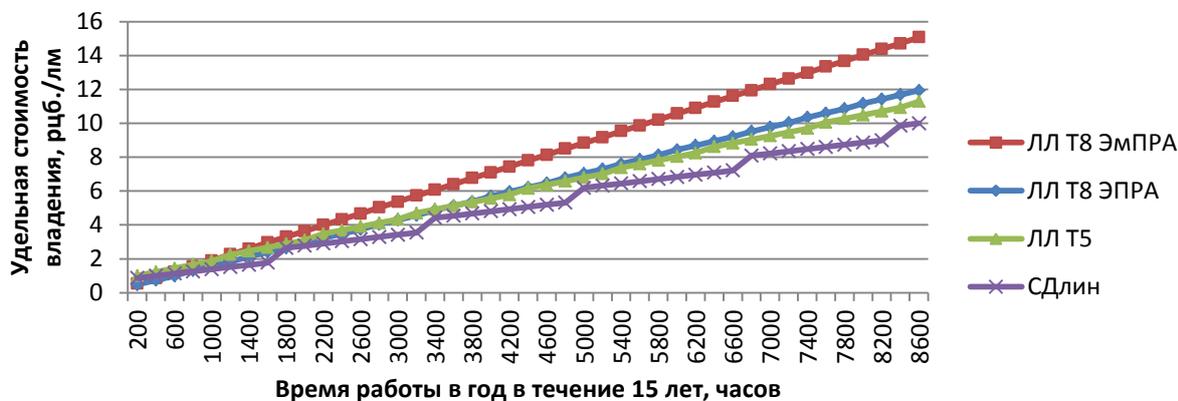
Осветительный прибор	Лампа		Светильник		Срок служб, $T_{сл}$, ч
	Светоотдача $\text{ч} \cdot K_{со.л}$, лм/Вт	Удельная стоимость, $C_{уд.л}$, руб./лм	Светоотдача, $K_{со.оп}$, лм/Вт	Удельная стоимость, $C_{уд.оп}$, руб./лм	
ЛЛ Т8 ЭМПРА	62	0,04	36	0,19	8000
ЛЛ Т8 ЭПРА	73	0,06	47	0,22	12000
ЛЛ Т5	88	0,16	56	0,80	16000
СД _{лин}	-	-	93	0,74	25000

Примечание. СД_{лин} представляет собой неразборный светильник. В расчете (6) $C_{уд.л}$ принимается равной $C_{уд.оп}$

Подставив в выражение (6) значения из табл. 1 и 2, а также изменяя время работы системы освещения в год, была получена зависимость удельной стоимости владения о.п. от времени работы системы освещения за 15 лет (рис. 1). Стоимость электроэнергии принята равной 4 руб./кВт·ч.



а)



б)

Рис. 1. Удельная стоимость владения осветительных приборов: а – ретрофитных; б – линейных офисных

Из рис. 1 следуют выводы:

1. Светильники с ЛН и ГЛН являются экономически неэффективными независимо от времени работы системы освещения.

2. Среди ретрофитных о.п., при работе системы освещения до 500 часов в год рекомендуется использовать лампы типа КЛЛ. При работе системы освещения более 500 часов в год рекомендуется использовать $СД_{рет}$ для прямой замены ламп накаливания.

3. Светильники с люминесцентными лампами типа Т8 с ЭмПРА являются экономически неэффективными независимо от времени работы системы освещения.

4. При работе системы освещения до 800 часов в год экономическая эффективность ЛЛ типа Т8 с ЭПРА превышает эффективность других о.п. Начиная с 800 часов светодиодные светильники $СД_{лин}$ являются более эффективными.

Аналогичный расчет был проведен при стоимости электроэнергии 2,0 руб./кВт·ч и 6,0 руб./кВт·ч. В результате, для ретрофитных о.п. выводы остаются неизменными; для линейных – при стоимости 2 руб./кВт·ч светодиоды теряют свою позицию в пользу светильников с ЛЛ типа Т8 с ЭПРА, а при стоимости 6 руб./кВт·ч выводы аналогичны выводам при стоимости 4 руб./кВт·ч.

Библиографический список

1. www.topten.eu
2. Энергосбережение в бюджетной сфере: учеб. пособие для энергоменеджеров. – Н. Новгород, 2014.
3. Энергоэффективное электрическое освещение: учеб. пособие / С.М. Гвоздев, Д.И. Памфилов, В.Д. Поляков и др.; под ред. Л.П. Варфоломеева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 288 с.

*Дата поступления
в редакцию 15.12.2014*

G. Ya. Vagin, E.B. Solntsev, A. S. Shevchenko, O. Yu. Malafeev

METHODOLOGY OF THE ILLUMINANTS ECONOMIC RANKING BASED ON TOTAL COST OF OWNERSHIP

Nizhny Novgorod state technical university n.a. Alexeev

This is the methodology of the illuminants economic ranking which relates to lighting operating time per year. The calculations were made for Incandescent lamps, halogen lamps, compact fluorescent lamps, office luminaries with fluorescent lamps and LEDs. The calculations are made for three values of the electricity cost. The most cost-effective sources for interior lighting of state institutions and residential sector are identified.

Key words: ranking, electric lighting, total cost of ownership, economic efficiency.