

ка. – 2004. – №3. – С.25-29.

3.Самохвалов Д.В. Математическая модель электропривода с вентильным двигателем и цифровой коррекцией статических характеристик // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2009. – № 4. – С.70-76.

4.Волчуков Н.П., Кузнецов А.И., Фаран А.Ш. Особенности процесса коммутации в вентильных двигателях различного исполнения // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2001. – №16. – С.32-34.

5.Спаский С.В. Вентильный двигатель // Нано- и микросистемная техника. – 2005. – № 4. – С.46-47.

Получено 11.03.2010

УДК 621.313

И.Т.КАРПАЛЮК, канд. техн. наук, А.В.ПОСПЕЛОВ, канд. экон. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ПРОБЛЕМЫ ЗАМЕНЫ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ НА КОМПАКТНЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ С ИЗНОШЕННЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ

Рассматриваются вопросы замены в имеющихся осветительных установках источников света – ламп накаливания на источники света – компактные люминесцентные лампы. Рассчитан экономический эффект от замены источников света для типовой осветительной установки. Приведен практический результат по замене источников света. Рассмотрены проблемы, связанные с заменой источников света.

Розглянуто питання заміни ламп розжарювання на компактні люмінесцентні лампи в існуючих освітлювальних установках. Розраховано економічний ефект від заміни джерел світла типової освітлювальної установки. Наведено практичний результат щодо заміни джерел світла. Розглянуто проблеми, пов'язані із заміною джерел світла.

The questions of replacement in the present lighting settings of sources of light are examined - incandescent on the sources of light lamps are compact luminescent lamps. An economic effect is expected from replacement of sources of light for the model lighting setting of illumination. A practical result is resulted on replacement of sources of light. Problems are considered related to replacement of sources of light.

Ключевые слова: источник света, лампа накаливания, компактная люминесцентная лампа, осветительная установка, экономический эффект, равенство затрат по эксплуатации.

Развитие технологий привело к возможности использования в современных осветительных установках (ОУ) источников света (ИС) с показателями световой отдачи много выше, чем у широко распространенных ламп накаливания (ЛН). Наибольшее распространение получили источники света – компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) с полупроводниковыми высокочастотными пускорегулирующими аппаратами (ПРА). КЛЛ снабжены резьбовыми патронами Е27 и имеют габаритные размеры сравнимые с ЛН. Это позволяет использовать КЛЛ в имеющихся ОУ взамен источников света ЛН, при условии со-

блюдения требований по уровням освещенности.

Проблема замены ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы поставлена ведущими развитыми странами с задачей поэтапного прекращения продаж ламп накаливания в ближайшие 5-10 лет [1]. Рекламные кампании фирм производителей утверждают, что применение КЛЛ взамен ЛН приведет к экономии электроэнергии, а значит и к экономии средств по содержанию и эксплуатации осветительной установки [2].

Постараемся проверить, насколько экономически выгодна замена ЛН на КЛЛ в существующей ОУ:

А. Выполним расчет расходов на содержание ОУ при ЛН.

Б. Выполним расчет расходов на содержание ОУ при КЛЛ.

В. Произведем сравнение результатов расчетов.

Г. Проверим соответствие расчетов и практического результата.

Для проведения расчетов была выбрана типовая ОУ по освещению лестничных маршей существующего пятиэтажного дома. Выбор именно такой ОУ связан с их широкой распространенностью. Технически такая ОУ удобна малым числом коммутаций, отсутствием значительно изменяющих форму тока мощных электропотребителей (промышленное оборудование). Для обслуживания выбранной ОУ не требуется специального дорогостоящего оборудования. Время работы такой ОУ легко посчитать, и известны мощности источников света (рассчитываются из нормируемых уровней освещенности). Количество источников света ОУ – 5 шт. на один подъезд, при четырех подъездах. Следовательно, в ОУ – 20 шт. источников света.

Время работы ОУ рассчитаем в часах за год. Принимаем, что ОУ должна работать все темное время суток в различные сезоны года. Упростим высчитывание темного времени в сутках средним значением. Примем среднее за год время работы ОУ (t_p) = 12 ч в сутки. При 365 днях в году время работы ОУ составит:

$$t_{p,г} = t_p \times 365 ,$$

где t_p – средняя продолжительность работы ОУ за год, час в сутки;
365 – количество дней в году.

$$t_{p,г} = 12 \times 365 = 4380 \text{ ч за год.}$$

В соответствии со строительными нормами [3, 4] на лестничной площадке нормируется горизонтальная освещенность на уровне пола. Фрагмент норм приведен в табл.1.

Но в соответствии с [3, 4] нормы освещенности, приведенные в табл.1, следует снижать по шкале освещенности на две ступени для всех разрядов при использовании ламп накаливания, в том числе галогенных.

Таблица 1 – Рекомендуемые источники света и нормы освещенности для общего освещения жилых и общественных зданий согласно [3-5]

Требования к освещению	Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, Ra	Диапазон цветовой температуры источников света, Тс, °К	Примерные типы источников света
Обеспечение зрительного и психоэмоционального комфорта в помещениях жилых зданий	лестничные клетки, лифтовые холлы, вестибюли	Менее 100	45	3000-3500	ЛБ

Шкала нормированных значений освещенности в люксах, отличающихся на одну ступень: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000 [3-5].

Соответственно нормативное значение освещенности для КЛЛ примем $E_{\text{КЛЛ}} = 100$ лк. А нормативное значение освещенности ЛН, которое должно быть на две ступени ниже, примем равное $E_{\text{ЛН}} = 50$ лк.

Для выбора мощности источника света, применяемого в ОУ, определим необходимый световой поток источников света, а затем по справочникам найдем соответствующую мощность источника света.

Для определения светового потока необходимого для создания нормируемой освещенности воспользуемся методом коэффициента использования или имеющего еще название «метод светового потока». Его используют для расчета общего равномерного освещения при нормируемой горизонтальной рабочей поверхности:

$$F_{\text{ис}} = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_i}{N \cdot \eta},$$

где E_n – нормируемая освещенность в люксах; S – площадь освещаемой поверхности (м^2); $1,1 \leq Z = \frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{min}}} \leq 1,5$ – коэффициент минимальной освещенности; K_i – коэффициент запаса, принимается в соответствии с [3, 4]; N – число светильников в помещении; η – коэффициент использования светового потока (по [3, 4]).

Определим значение светового потока, результаты расчетов сведены в табл.2.

Таблица 2 – Результаты расчета светового потока для различных значений E_n

Обозначение	Наименование показателя	Тип источника света	
		ЛН	КЛЛ
E_n	- нормируемая освещенность в люксах	50	100
S	- площадь освещаемой поверхности (m^2)	6	6
$1,1 \leq Z = \frac{E_{cp}}{E_{min}} \leq 1,5$	- коэффициент минимальной освещенности	1,5	1,5
K_i	- коэффициент запаса, принимается в соответствии с [3]	1,3	1,3
N	- число светильников в помещении	1	1
η	- коэффициент использования светового потока (по [3])	0,35	0,35
L	Световой поток, лм	1285,7	2571,4

По рассчитанным значениям светового потока определим мощности источников света:

- для ЛН ближайшее большее значение 1300 лм имеет источник света мощностью 100 Вт;
- для КЛЛ ближайшее большее значение 2500 лм имеет источник света мощностью 38 Вт.

Для выбранных ИС найдем другие параметры необходимые для расчета: срок службы, стоимость ИС.

Сведем известные данные в табл.3.

Таблица 3 – Исходные данные по ОУ для экономического расчета

Наименование	Тип источника света	
	ЛН	КЛЛ
Количество источников света, шт.	20	20
Время работы ОУ в год, ч	4380	4380
Нормируемые величины освещенности, лк	50	100
Мощность ИС, кВт	0,100	0,038
Полезный срок службы, ч.	1000	6000
Стоимость за 1 шт. ИС, грн.	4,38	18,90

Экономический расчет будем вести следующим образом: определим постоянные и переменные затраты по обслуживанию ОУ:

- к постоянным затратам отнесем затраты на приобретение ИС и затраты по замене ИС;
- к переменным затратам отнесем затраты на электроэнергию (затраты, связанные с чисткой светильников не учитываем).

Пересчитаем затраты на содержание ОУ за год работы ОУ.

Постоянные затраты на ИС ОУ рассчитываем следующим образом:

$$C_{\text{ОУ_год_пост}} = (C_{\text{ИС}} + C_{\text{замен}}) / t_{\text{полезн}} \times n \times t_{\text{р.г}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{ОУ_год_пост}}$ – затраты на постоянные расходы ОУ, приведенные к году работы ОУ, грн. в год; $C_{\text{ИС}}$ – стоимость источника света, грн./шт.; $C_{\text{замен}}$ – стоимость замены одного источника света, грн./шт.; $t_{\text{полезн}}$ – полезный срок службы ИС, ч; n – количество ИС в ОУ, шт.; $t_{\text{р.г}}$ – время работы ОУ в году, ч.

Переменные затраты по содержанию ОУ в год рассчитаем следующим образом:

$$C_{\text{ОУ_год_эл}} = P_{\text{ИС}} \times n \times c \times t_{\text{р.г}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{ИС_год_эл}}$ – затраты на переменные расходы ОУ, приведенные к году работы ОУ, грн. в год; $P_{\text{ИС}}$ – мощность источника света, кВт; n – количество ИС в ОУ, шт.; c – стоимость электроэнергии, грн. за 1 кВт·ч; $t_{\text{р.г}}$ – время работы ОУ в году, ч.

Тогда годовые затраты по содержанию ОУ составляют:

$$C_{\text{ОУ_год}} = C_{\text{ОУ_год_пост}} + C_{\text{ОУ_год_эл}}. \quad (3)$$

А. Расчеты затрат на содержание ОУ с источниками света типа ЛН

Исходя из мощности ЛН узнаем ее стоимость на рынке Украины СЛН = 4,38 грн./шт. (для ламп фирмы Philips).

Полезный срок службы определяем для подобных источников света по справочной литературе [6] и по технической информации фирм производителей [2], $t_{\text{полезнЛН}} = 1000$ ч.

Стоимость замены при сложившихся на Украине ценах на подобные виды работ составит $C_{\text{заменЛН}} = 3$ грн./шт.

Рассчитаем постоянные затраты на ОУ при использовании ЛН (за год эксплуатации):

$$C_{\text{ОУЛН_год_пост}} = (C_{\text{ЛН}} + C_{\text{заменЛН}}) / t_{\text{полезнЛН}} \times n \times t_{\text{р.г}}, \quad (4)$$

$$C_{\text{ОУЛН_год_пост}} = (4,380 + 3,00) / 1000 \times 20 \times 4380 = 646,49 \text{ грн.}$$

Рассчитаем переменные затраты по содержанию ОУ с ЛН :

$$C_{\text{ОУЛН_год_эл}} = P_{\text{ЛН}} \times n \times c \times t_{\text{р.г}}, \quad (5)$$

$$C_{\text{ОУЛН_год_эл}} = 0,1 \times 20 \times 0,249 \times 4380 = 2181,24 \text{ грн.}$$

Всего затраты по содержанию ОУ с ЛН составят:

$$C_{\text{ОУЛН_год}} = C_{\text{ОУЛН_год_пост}} + C_{\text{ОУЛН_год_эл}}, \quad (6)$$

$$C_{\text{ОУЛН_год}} = 646,49 + 2181,24 = 2827,73 \text{ грн. в год.}$$

Полученные результаты сведены в табл.4.

Таблица 4 – Результаты расчетов затрат по содержанию ОУ с ЛН в год

Наименование	Обозначение	Значение, грн.
Постоянные затраты на ОУ с ЛН	$C_{\text{ОУЛН_год_пост}}$	646,49
Переменные затраты по содержанию ОУ с ЛН	$C_{\text{ОУЛН_год_эл}}$	2181,24
Всего затраты по содержанию ОУ с ЛН	$C_{\text{ОУЛН_год}}$	2827,73

Б. Расчеты затрат по содержанию ОУ с источниками света типа КЛЛ

Исходя из мощности КЛЛ узнаем ее стоимость на рынке Украины
 $C_{\text{КЛЛ}} = 28,90$ грн./шт.

$R_{\text{КЛЛ}} = 38$ Вт, для которой, согласно [2, 6], световой поток составляет 2500 лм.

Полезный срок службы определяем для подобных источников света по справочной литературе [2, 6] – $t_{\text{полезнКЛЛ}} = 6000$ ч.

Стоимость замены ИС, как и в предыдущем случае, примем
 $C_{\text{заменКЛЛ}} = 3$ грн./шт.

Рассчитаем постоянные затраты на ОУ при использовании КЛЛ по формуле (1):

$$C_{\text{ОУКЛЛ_год_пост}} = (C_{\text{КЛЛ}} + C_{\text{заменКЛЛ}}) / t_{\text{полезнКЛЛ}} \times n \times \text{тр.г.}, \quad (7)$$

$$C_{\text{ОУКЛЛ_год_пост}} = (28,90 + 3,00) / 6000 \times 20 \times 4380 = 465,74 \text{ грн.}$$

Рассчитаем переменные затраты по содержанию ОУ с КЛЛ:

$$C_{\text{ОУКЛЛ_год_эл}} = P_{\text{КЛЛ}} \times n \times c \times \text{тр.г.}, \quad (8)$$

$$C_{\text{ОУКЛЛ_год_эл}} = 0,038 \times 20 \times 0,249 \times 4380 = 828,87 \text{ грн.}$$

Всего затраты по содержанию ОУ с КЛЛ составят:

$$C_{\text{ОУКЛЛ_год}} = C_{\text{ОУКЛЛ_год_пост}} + C_{\text{ОУКЛЛ_год_эл}}, \quad (9)$$

$$C_{\text{ОУКЛЛ_год}} = 465,74 + 828,87 = 1294,61 \text{ грн. в год.}$$

Полученные результаты сведены в табл.5.

Таблица 5 – Результаты расчетов затрат по содержанию ОУ с КЛЛ в год

Наименование	Обозначение	Значение, грн.
Постоянные затраты на ОУ с КЛЛ	$C_{\text{ОУКЛЛ_год_пост}}$	465,74
Переменные затраты по содержанию ОУ с КЛЛ	$C_{\text{ОУКЛЛ_год_эл}}$	828,87
Всего затраты по содержанию ОУ с КЛЛ	$C_{\text{ОУКЛЛ_год}}$	1294,61

В. Выполним сравнение расчетов

Для проведения сравнения результатов сведем расчеты по пункту А и пункту Б в одну табл.6.

Таблица 6 – Сравнение результатов по расчету затрат на содержание ОУ с ЛН и ОУ с КЛЛ (для одного ИС), грн.

Наименование	Значение, грн.	
	ЛН	КЛЛ
Постоянные затраты на ОУ	646,49	465,74
Переменные затраты по содержанию ОУ	2181,24	828,87
Всего затраты по содержанию ОУ	2827,73	1294,61

Заметно существенное превышение расходов по содержанию ОУ при использовании источников света ЛН.

Посмотрим как распределяются по времени затраты на содержание ОУ в зависимости от ИС. Для наглядности представим распределе-

ние затрат в графическом виде (рис.1).

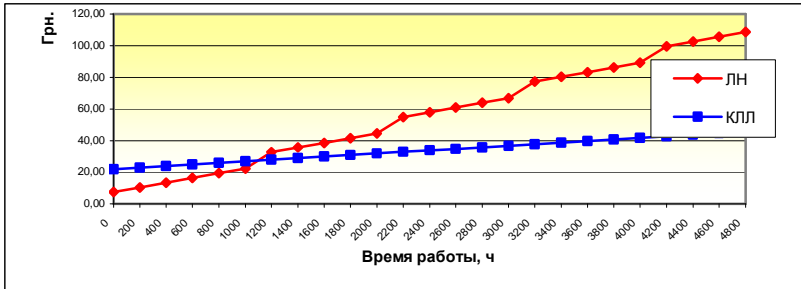


Рис.1 – Сумма затрат по эксплуатации ЛН и КЛЛ в ОУ (для одного ИС) в зависимости от времени работы ОУ

Рассмотрим промежуток до пересечения графиков затрат (рис.2).

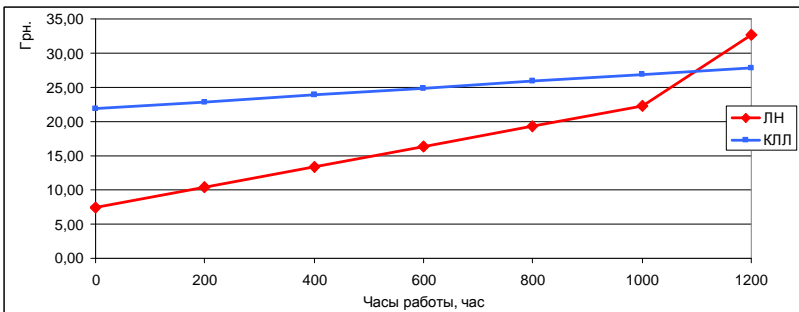


Рис.2 – Затраты для ЛН и КЛЛ в промежутке 1200 ч работы ОУ (для одного ИС)

Следует обратить внимание, что на промежутке до 1100 ч работы осветительная установка более экономична при использовании ЛН (для одного источника света).

В рассматриваемой осветительной установке используется 20 шт. источников света. Соответственно график затрат по обслуживанию осветительной установки будет иметь вид (рис.3).

Получаем, что стоимость КЛЛ значительно превышает стоимость ЛН. Выравнивание затрат на ОУ с КЛЛ и ОУ с ЛН происходит через 1100 ч работы ОУ (рис.2).

Из графика затрат (рис.2, 3) можно сделать вывод, что до 1100 ч работы ОУ более экономичным является использование источника света ЛН. Переведем 1100 ч работы ОУ в астрономическое время. Мы предполагали, что ОУ работает 12 ч в сутки, отсюда $1100/12 = 92$ сут.

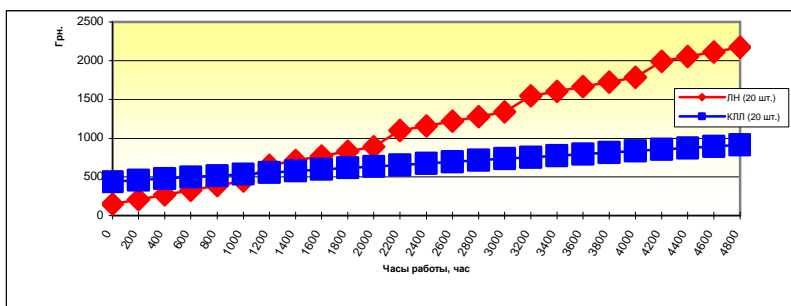


Рис.3 – Затраты для ЛН и КЛЛ за расчетный год работы ОУ (для 20 ИС)

Если на протяжении первых 92 дней эксплуатации ОУ источник КЛЛ выйдет из строя, то эксплуатация такой установки будет убыточной.

Г. Проверим соответствие расчетов и практического результата

В 2007 г. была проведена замена ИС ЛН на ИС КЛЛ в осветительной установке по освещению лестничных маршей существующего пятиэтажного дома по адресу г.Харьков, пр.Садовый 3А.

Количество источников света – 20 шт. (5 шт. на один подъезд, при четырех подъездах). Заменены ЛН на КЛЛ – UES 220/240V 50-60Hz 26W (рис.4).



Рис.4 – Внешний вид КЛЛ, установленной в ОУ по освещению лестничных маршей

После третьего включения все источники света (КЛЛ) вышли из строя. Время работы КЛЛ составило от 12 до 36 ч. В то же время ЛН отработали полный срок службы (до выхода из строя тела накала) около 1200 ч (рис.5).

Причина выхода из строя КЛЛ связана с изменением формы тока в осветительной сети. Изменения формы тока могут быть вызваны следующим: перегруженность линии; искровые контакты на местах соединений.

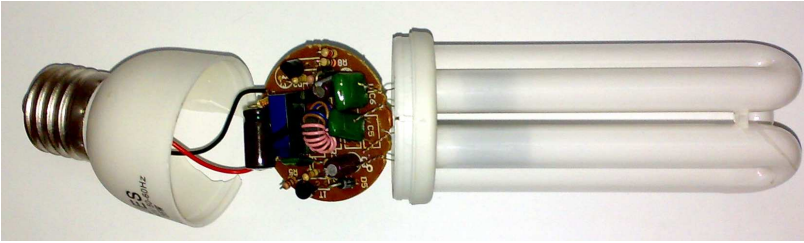


Рис.5 – Перегоревшая КЛЛ в разобранном виде

На практике был представлен случай, когда осветительная установка с использованием ИС типа КЛЛ вышла из строя до периода своей окупаемости.

В связи с этим предлагается, используя реалии электрических сетей Украины, ввести мониторинг электрических сетей до замены ИС.

В процессе мониторинга электрической сети предлагается:

- определять отклонения кривой формы тока;
- проверять уровни напряжения;
- проверять на отсутствие искровых контактов и изношенности соединительных колодок (скрутки) проводов.

Предложенные мероприятия имеют незначительные финансовые затраты, значительно уступающие возможным потерям при переходе на новые экономичные источники света.

1.Кожушко Г.М., Басова О.Ю. Проблемы переходу на освітлення житлових приміщень енергоекономічними джерелами світла: вартість, якість, безпека // Світлолюкс. – 2008. – №5. – С.74-76.

2.Официальный сайт фирмы Philips: http://www.lighting.philips.com/ru_ru/.

3.ДБН В.2.5-23-2003. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.

4.ДБН 2.5-28-2006. Естественное и искусственное освещение.

5.СНиП 23-05-95.

6.Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М. Энергоатомиздат, 1983. – 470 с.

Получено 11.03.2010