

УДК 338.46:621.31

МЕТОДИЧЕСКИЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАННОГО ВЫБОРА ИСТОЧНИКОВ ОСВЕЩЕНИЯ

© 2012 г. Я. И. Тульчинская

*Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»*

Разработан методический организационно-технический инструментарий для обоснованного выбора источников освещения, представляющий собой математическую модель совокупной стоимости владения системой освещения, в которой учтены наиболее значимые факторы, к числу которых относятся: тип источника света, график работы системы освещения, учет замены источника света по истечении его срока службы, дисконтирование затрат, изменение тарифа на электроэнергию и затраты на утилизацию источника света.

Ключевые слова: система освещения; энергоэффективные источники света; минимальная полная стоимость владения.

The author of the article developed a methodical, organizational and technical tools to make informed choices of light sources, which is a mathematical model of the total cost of the lighting system ownership, which takes into account the most significant factors, including the type of light source, lighting schedule, replacing the light source at the end of its useful life, discounted costs, changes in electricity tariffs and the cost of the light source's disposal.

Key words: lighting; energy efficient light sources; the minimum total cost of ownership.

Обеспечение правильно спроектированного искусственного освещения и необходимого уровня освещенности для каждого типа объекта и типа среды является важной задачей, так как неадекватное освещение может привести не только к потерям энергии, но и к негативным эффектам для здоровья и психологического состояния персонала, и может быть причиной снижения производительности труда.

В жилом секторе около 10% от всей используемой электроэнергии расходуется на нужды освещения, в среднестатистическом гипермаркете — 38% от общей платы за потребленную электроэнергию. Это свидетельствует о достаточно высоком потенциале энергосбережения эксплуатируемых систем освещения, как правило, состоящих из широко распространенных ламп накаливания.

Считается, что одним из основных и наиболее эффективных энергосберегающих ме-

роприятий, направленных на экономию потребляемой электроэнергии, является замена ламп накаливания на энергосберегающие, например, компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). Внедрение данного мероприятия на объектах, нуждающихся в постоянном и длительном освещении (несколько часов в сутки или даже целые сутки), демонстрирует отличные показатели: простой срок окупаемости менее полугода, а экономия электроэнергии в натуральном выражении достигает 75–85%. Это связано с высокой светоотдачей КЛЛ: при равной потребляемой из сети электроэнергии световой поток КЛЛ в 4–6 раз выше, чем у ламп накаливания [8].

Существующие методики оценки замены ламп накаливания на энергосберегающие предполагают, что время включения светильника достаточно велико, а организация функционирует длительное время. Однако в реальности это не всегда так: предприятие мо-

жет арендовать помещение на год или менее, а потом переехать в другое место, а сами лампы могут включаться на 10–15 минут в сутки. Существующие методики не учитывают этого, а также существенных недостатков КЛЛ и зависимости эффективности их применения от времени включения и использования в течение года.

По сравнению с лампами накаливания КЛЛ теоретически имеют больший срок службы: заявленные 8000 часов против 1000 часов у ламп накаливания. Однако из-за повышенных требований к качеству изготовления и условиям эксплуатации срок службы КЛЛ на практике может быть соизмерим или даже оказаться меньше срока службы ламп накаливания. В связи с частыми случаями выхода из строя КЛЛ задолго до истечения обещанных производителями сроков, потребители стали призывать ввести специальные условия гарантии для продукции КЛЛ, соизмеримые с заявляемыми производителями в целях маркетинга [8]. Основные причины, снижающие срок службы КЛЛ:

- нестабильность напряжения в сети;
- большинство КЛЛ имеют низкий коэффициент мощности (около 50%) [8];
- искажение формы напряжения в сети, что приводит к дополнительным потерям при передаче электроэнергии [8];
- частые включения-выключения лампы. Интервал между включениями, устанавливаемый гарантийными условиями, для достижения положенной наработки должен быть больше двух минут;
- КЛЛ, включающаяся мгновенно (без предварительного прогрева катодов), теряет при каждом включении значительную часть срока службы (вместо 8000 заявленных часов всего 2000–3000 часов) [11];
- эксплуатация при повышенной или пониженной температуре окружающей среды (например, зажигание бытовых КЛЛ не гарантировано при отрицательных температурах и понижении напряжения питания более чем на 10%);
- повышенная влажность и выпадение конденсата приводят к пробоям в схеме электронного пускорегулирующего аппарата, где в момент зажигания действуют напряжения порядка 1000 В [7].

По энергоэффективности (коэффици-

енту полезного действия) КЛЛ обычно до 5–6 раз превосходят лампы накаливания, но имеют низкое качество энергопотребления. Для устранения указанного недостатка электронная пускорегулирующая аппаратура некоторых ламп снабжается корректорами коэффициента мощности. Благодаря применению указанной аппаратуры КЛЛ имеют улучшенные характеристики по сравнению с традиционными люминесцентными лампами — более быстрое включение, отсутствие мерцания и жужжания. Также существуют лампы с системой плавного запуска. Система плавного запуска плавно увеличивает интенсивность света при включении в течение 1–2 секунд: это продлевает срок службы лампы, но все же не позволяет избежать эффекта «временной световой слепоты».

Стоит также отметить, что применение дорогостоящих корректоров и аппаратуры усложняют конструкцию лампы, увеличивают ее габариты и итоговую стоимость. Помимо этого, существует необходимость в утилизации КЛЛ из-за содержания ядовитых веществ (3–5 мг паров ртути в каждой лампе [1]), которая для организаций не является бесплатной.

В настоящее время технология производства светоизлучающих диодов достигла уровня развития, который в ближайшее время приведет к революции в системах освещения. Эффективность такого механизма генерации света в полтора и более раза выше, чем у ламп дневного света и энергосберегающих ламп, а долговечность выше в несколько раз. Утилизация не требуется вовсе, а если требуется — они не содержат существенных количеств опасных веществ. Пока что светодиоды имеют только один недостаток — высокую стоимость, но даже сейчас в течение трех лет они принесут владельцу экономию, а в ближайшем будущем заменят в большинстве применений и лампы накаливания, и лампы дневного света [2].

В табл. 1 представлена информация об удельной стоимости единицы мощности и удельной стоимости единицы светового потока ламп накаливания, КЛЛ и светодиодных ламп.

Приведенные выше описание и данные демонстрируют, что, несмотря на изначально заявляемое техническое превосходство

Таблица 1

Удельная стоимость ЛН, КЛЛ и светодиодов

Тип лампы	Удельная стоимость 1 Вт, руб./Вт	Удельная стоимость 1 Лм, руб./Лм
ЛН	0,11	0,0099
КЛЛ	7,5	0,143
Светодиодные	79,69	0,88

КЛЛ и светодиодов, они имеют весомые недостатки при ранее описываемых условиях эксплуатации, что усугубляется довольно высокой стоимостью этих ламп. Это ставит под сомнение эффективность их использования в определенных ситуациях.

Учитывая изложенное, автор ставит научную задачу разработки методического организационно-технического инструментария для обоснованного выбора источников освещения. В основу такого инструментария могут быть положены следующие известные методики:

1. Методика обоснования необходимых параметров освещенности для различных производственных помещений [9];
2. Методика расчета потерь электроэнергии [10];
3. Методика выбора энергетического оборудования по критерию минимальной стоимости владения [4];
4. Методика прогнозирования тарифов на электроэнергию [6];
5. Методика оценки инвестиций [3].

Предлагаемый методический инструментарий для обоснованного выбора источников освещения предполагает выполнение следующих организационно-технических мероприятий.

1. Формулировка технических требований к источникам освещения

Для решения задачи обоснованного выбора источников освещения необходимо разработать технические требования к таким источникам. Учитывая требования нормативных документов, регламентирующих применение источников освещения с точки зрения техники безопасности, в том числе, с точек зрения безопасности здоровья персонала, а

также конкретные производственные условия, должны быть сформулированы, по крайней мере, следующие требования к источникам освещения:

- количество мест освещения N , шт.;
- время освещения каждого места в год, час;
- график освещения и лимит установленной мощности, $P_{\text{лим}}$ для освещения, кВт;
- уровень освещенности E для каждого места освещения, лк;
- показатель ослепленности P_0 ;
- коэффициент пульсации K_p , %;
- световой поток Φ для каждого места освещения, Лм;

Необходимо удостовериться, что каждый источник света соответствует по имеющимся требованиям к производственной среде, рабочим условиям, в том числе требованиям по напряжению питания U , цветовой температуре T_c , длине волн, излучаемых источником освещения электромагнитным волнам λ , индексу цветопередачи R_a , среднему времени безотказной работы лампы $\tau_{\text{СВБР}}$ степени защиты IP , а также другим существенным условиям.

Средняя продолжительность работы источника света в год определяется по формуле:

$$\tau_{\text{ПВ}j} = K_{\text{ПВ}j} \cdot 8760, \text{ ч}, \quad (1)$$

где $K_{\text{ПВ}}$ — коэффициент продолжительности включения источника света в год ($K_{\text{ПВ}} = 0,05 - 1,0$); j — количество групп источников света, в каждой из которых собраны источники различной мощности, но имеющие одинаковую продолжительность работы в год.

2. Предварительный выбор типов источников освещения

В соответствии с требуемыми графиком

освещения и лимитом установленной мощности, уровнем освещенности, показателем ослепленности, коэффициентом пульсации, световым поток для каждого места освещения выбирают удовлетворяющие этим требованиям различные типы источников света. Все источники света следует выбирать с некоторым запасом. Это, в первую очередь, касается энергосберегающих источников света, для которых производители в целях рекламы иногда завышают характеристики по световому потоку. Для каждого места освещения могут быть выбраны, по крайней мере, три различных типа источников света (лампа накаливания, КЛЛ и светодиоды), каждый из которых характеризуется собственной электрической мощностью соответственно. Для некоторых мест освещения может потребоваться несколько источников освещения. В общем случае:

$$n > N, \quad (2)$$

где n — общее количество предварительно отобранных источников света.

Здесь делается допущение, что для одного места освещения используются источники света одного типа.

3. Оценка установленной мощности и потребляемой энергии

Учитывая современные тенденции в управлении, ориентированные на повышение энергоэффективности и энергосбережение, в ряде организаций устанавливаются лимиты на установленную мощность электроэнергетического оборудования, в том числе, и на отдельные его виды. Если такой лимит установлен для оборудования системы освещения, то в соответствии с графиком работы системы освещения определяют сумму мощностей всех одновременно работающих предварительно отобранных $m < n$ источников света, которая должна быть меньше установленного лимита:

$$\sum_{k=1}^{k=m} P_{\text{ист}k} < P_{\text{лим}} \quad (3)$$

где $P_{\text{ист}k}$ — мощность k -ого источника света (лампа накаливания, КЛЛ и светодиод).

Если условие (3) не выполняется, то следует скорректировать предварительный отбор источников света в пользу энергосберегающих.

После выполнения условия (3) определяют энергию, потребляемую системой освещения за год по формуле:

$$W_{\text{л}} = \sum_1^j \frac{(\sum_1^X P_{1X} \cdot \tau_{\text{ПВ}1X} + \sum_1^Y P_{2Y} \cdot \tau_{\text{ПВ}2Y} + \dots + \sum_1^Z P_{jZ} \cdot \tau_{\text{ПВ}jZ})}{1000}, \text{ кВ}\cdot\text{ч}, \quad (4)$$

где X, Y, Z — общее количество источников света различной мощности (ламп накаливания, КЛЛ и светодиодных источников света), собранных, соответственно, в группы, имеющие каждая в своем составе источники света с одинаковой продолжительностью работы в год; j — количество групп источников света, в каждой из которых собраны источники различной мощности, но имеющие одинаковую продолжительности работы в год; $P_{1X}, P_{2Y}, \dots, P_{jZ}$ — мощность источника света в соответствующей группе.

4. Оценка полной стоимости владения (ТСО) лампы

Полная стоимость владения системой освещения, учитывающая все затраты, возникающие на всех этапах жизненного цикла системы освещения, складывается из затрат, связанных с приобретением источников света $C_{\text{закупка}}$, эксплуатационных затрат $C_{\text{эксплуатация}}$ и затрат, связанных с утилизацией источников света $C_{\text{утилизация}}$.

Оценка ТСО осуществляется в текущих ценах, поэтому все учитываемые при его расчете составляющие должны подвергаться операции дисконтирования для чего перед расчетом осуществляется определение значения ставки дисконтирования i :

$$C_j = \sum_{l=0}^{l=M} \frac{C_{jl}}{(1+i)^l} \quad (5)$$

где l — номер года, в котором возникают затраты (при этом для года, в котором осуществляется закупка лампы $l=0$); M — количество лет эксплуатации системы освещения.

Определение ставки дисконтирования (i) осуществляется на основе определения средневзвешенной стоимости капитала (WACC) с учетом того, что оценка денежных потоков

осуществляется в реальных (постоянных) ценах, таким образом, при расчете ставки дисконтирования не учитывается уровень инфляции. При использовании указанного подхода:

$$i = WACC. \quad (6)$$

Определение величины ставки дисконтирования зависит от многих внешних и внутренних экономических факторов. В российской практике минимальным значением ставки дисконтирования при расчетах эффективности инвестиционных проектов принято считать 12%.

Рассмотрим подробнее составляющие выражения полной стоимости владения системой освещения.

4.1. Затраты, связанные с закупкой источников света

Различные типы источников света имеют различные сроки службы. В общем случае, если требуется обеспечить освещение в течение t часов, а срок службы источника света равен t_p часов, то для обеспечения освещения в течение t часов потребуется K источников света:

$$d = t/t_p, \quad (7)$$

где $d = 1, 2, 3, \dots$ — целое ближайшее большее число.

Если сроки службы первого (1) и второго (2) различных источников света связаны соотношением $t_{p2} > t_{p1}$, то $d_2 < d_1$. Например, если требуется обеспечить ресурс работы системы освещения в 7000 ч, то для его реализации потребуется или одна люминесцентная лампа или 8 ламп накаливания.

С учетом изложенного и дисконтирования, в общем случае, с учетом (6) для общей цены закупки $C_{\text{закупка}}$ получим:

$$C_{\text{закупка}} = \sum_{l=0}^{l=M} \left(\sum_1^O \frac{C_{31l}}{(1+i)^l} \cdot d_1 + \sum_1^Y \frac{C_{32l}}{(1+i)^l} \cdot d_2 + \sum_1^Z \frac{C_{33l}}{(1+i)^l} \cdot d_3 \right), \text{ руб.}, \quad (8)$$

где C_{31} , C_{32} и C_{33} — стоимости ламп накаливания, КЛЛ и светодиодов, соответственно; d_1 , d_2 , d_3 — количество источников света (лампы накаливания, КЛЛ и светодиоды), необходимых для обеспечения работы системы освещения в течение t часов при сроке службы источника света t_p часов; t_{p1} , t_{p2} , t_{p3} — сроки

службы лампы накаливания, КЛЛ и светодиода, соответственно; O , V , Z — кол-во источников света (лампы накаливания, КЛЛ, светодиоды), которые должны быть закуплены для обеспечения всего срока эксплуатации системы освещения.

Функция $C_{\text{закупка}}$ является дискретной функцией времени t , которая увеличивается в тот момент времени, когда

$$t \geq d \cdot t_p, \quad (9)$$

где $d = 1, 2, \dots, 3$ — целое число.

4.2. Затраты, связанные с эксплуатацией системы освещения

С учетом изложенного и дисконтирования, в общем случае, с учетом (6) для общей цены закупки $C_{\text{эксплуатация}}$ получим:

$$C_{\text{эксплуатация}} = \sum_{l=1}^{l=M} \left(\sum_1^X \frac{C_{\text{ЭЭ}1Xl}}{1} + \sum_1^Y \frac{C_{\text{ЭЭ}2Yl}}{1} + \dots + \sum_1^Z \frac{C_{\text{ЭЭ}jZl}}{1} \right) \cdot \frac{1}{(1+i)^l}, \text{ руб.}, \quad (10)$$

где $C_{\text{ЭЭ}1}$, $C_{\text{ЭЭ}2}$, ..., $C_{\text{ЭЭ}j}$ — затраты на потребляемую электроэнергию источниками света в соответствующей группе.

Затраты на потребляемую электроэнергию источниками света в соответствующей группе с учетом (4) могут быть рассчитаны следующим образом:

$$C_{1\text{ЭЭ}X} = \frac{\left(\sum_1^X P_{1X} \cdot \tau_{\text{ПВ}1X} \right) \cdot T_{\text{ЭЭ}}}{1000}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (11)$$

$$C_{2\text{ЭЭ}Y} = \frac{\left(\sum_1^Y P_{2Y} \cdot \tau_{\text{ПВ}2Y} \right) \cdot T_{\text{ЭЭ}}}{1000}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (12)$$

$$C_{j\text{ЭЭ}Z} = \frac{\left(\sum_1^Z P_{jZ} \cdot \tau_{\text{ПВ}jZ} \right) \cdot T_{\text{ЭЭ}}}{1000}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (13)$$

где $T_{\text{ЭЭ}}$ — тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Для учета изменения тарифа на электрическую энергию во времени используется следующая формула:

$$T_{\text{ЭЭ}l} = T_{\text{базовый}} \cdot \prod_{l=0}^l \text{ИРТ}_l, \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч}, \quad (14)$$

где ИРТ — индекс роста тарифов на электроэнергию согласно прогнозам Министерства экономического развития Российской Федерации.

4.3. Затраты, связанные с утилизацией источников света

С учетом дисконтирования затраты, связанные с утилизацией источников света ($C_{\text{утилизация}}$), складываются из затрат на плату за утилизацию источников света соответствующей организации ($C_{\text{утилизация}2l}$):

$$C_{\text{утилизация}2} = \sum_{l=0}^{l=M} \frac{C_{\text{утилизация}2l}}{(1+i)^l}, \text{ руб.}, \quad (15)$$

Если в соответствующем году лампа проработала и не вышла из строя, то $C_{\text{утилизация}2} = 0$.

С учетом (8), (10) и (13), для совокупной стоимости владения получим:

$$ТСО = C_{\text{закупка}} + C_{\text{эксплуатация}} + C_{\text{утилизация}}, \text{ руб.}, \quad (16)$$

Выражение (16) является математической моделью совокупной стоимости владения системы освещения, выполненной из различных типов источников света. В этой математической модели системы освещения учтены наиболее значимые факторы, к числу которых могут быть отнесены: тип источника света, график работы системы освещения, учет замены источника света по истечении его срока службы, дисконтирование затрат, изменение тарифа на электроэнергию и затраты на утилизацию источника света.

Определение минимума этой функции не встречает каких-либо серьезных трудностей, кроме большого объема расчетов вариантов исполнения системы освещения и ее сложности.

Рассмотрим конкретный пример. Орга-

низация арендует склад, систему освещения которого представлена 3-мя группами мест освещения, состав источников и продолжительность их работы представлены в табл. 2.

Через 1 год истекает срок аренды. Подошел срок замены всех ламп. Руководство организации под воздействием активной реклама в печати и по телевидению о необходимости установки энергосберегающих ламп поставило задачу оценить эффективность замены ламп накаливания на энергосберегающие. С использованием математической модели (16) были проведены сравнительные расчеты при следующих значениях факторов:

— количество мест освещения $N = 3$ шт.;

— время освещения каждого места в год (см. табл. 2 и 3);

— график освещения и лимит установленной мощности, $P_{\text{лим}}$ для освещения, Вт (см. табл. 2);

— уровень освещенности E для каждого места освещения, лк (устанавливается санитарно-гигиенической службой);

— показатель ослепленности P_o (устанавливается санитарно-гигиенической службой);

— коэффициент пульсации K_p , % (устанавливается санитарно-гигиенической службой);

— световой поток Φ для каждого места освещения, Лм (первая группа — 40000, вторая группа — 6300, третья группа — 3150);

Расчеты проведены для двух вариантов.

Вариант №1: сравниваются системы освещения, укомплектованные в первом случае лампами накаливания, а во втором — люминесцентными.

Вариант №2: сравниваются системы освещения, укомплектованные в первом случае лампами накаливания, а во втором — светильники групп №1 — лампы накаливания,

Таблица 2

Структура системы освещения организации

№ группы	Кол-во источников света, шт.	Мощность, Вт	Коэффициент продолжительности работы, о. е.
1	100	40	0,05
2	10	60	0,1
3	5	60	0,4

а светильники групп №2 и №3 — КЛЛ.

В табл. 3 представлены результаты расчетов TCO для системы освещения, структура которой представленной в табл. 2.

Результаты расчета для сравниваемых систем освещения демонстрируют, что по критерию «Минимальная совокупная стоимость владения» при заданных условиях функционирования лампы накаливания являются предпочтительнее для потребителя, если $KПВ < 0,1$, так как первоначальные высокие затраты на приобретение КЛЛ не окупаются при эксплуатации из-за малого времени использования осветительных приборов. Следовательно, применение ламп накаливания актуально в помещениях и на объектах, требующих кратковременного и непродолжительного освещения в течение суток, так как они не ухудшают своих технических свойств (прежде всего — срок службы) при такой эксплуатации и имеют малую цену приобретения.

При значении $KПВ > 0,1$, использование КЛЛ эффективнее, поэтому применение КЛЛ должно производиться в помещениях, нуждающихся в длительном или постоянном освещении, так как такой эксплуатационный режим не ухудшает срок службы КЛЛ и по-

зволяет достичь существенной экономии.

Автором были проведены многочисленные расчеты, которые показали, что применение энергосберегающих источников света не всегда предпочтительно. При низких значениях $KПВ < 0,1$ (или $\tau_{ПВ} = 940$ ч) и сроках службы системы освещения 1,0–1,5 года экономически выгоднее использовать лампы накаливания. На рис. 1 продемонстрирована зависимость TCO лампы накаливания мощностью 60 Вт и эквивалентной ей по световому потоку КЛЛ, а также отображено изменение стоимости экономии электроэнергии.

В точке пересечения, в которой $TCO_{ЛН} = TCO_{КЛЛ}$, получим:

$$C_{ЛН} + C_{эЛН} = C_{КЛЛ} + C_{эКЛЛ} \quad (17)$$

откуда

$$C_{экономии ЭЭ} = C_{эЛН} - C_{эКЛЛ} = C_{КЛЛ} - C_{ЛН},$$

где $C_{экономии ЭЭ}$ — стоимость экономии ЭЭ; $C_{ЛН}$, $C_{КЛЛ}$ — стоимость ламп накаливания и КЛЛ, руб.; $C_{эЛН}$, $C_{эКЛЛ}$ — стоимость электроэнергии, потребляемой лампами накаливания и КЛЛ.

Рассмотрим случай, когда срок эксплуатации $t < t_{рЛН}$.

Из (15) можно получить:

$$C_{ЛН} + P_{ЛН} \cdot T_{э} \cdot t = C_{КЛЛ} + P_{КЛЛ} \cdot T_{э} \cdot t, \quad (18)$$

откуда для t , при котором TCO сравниваемых

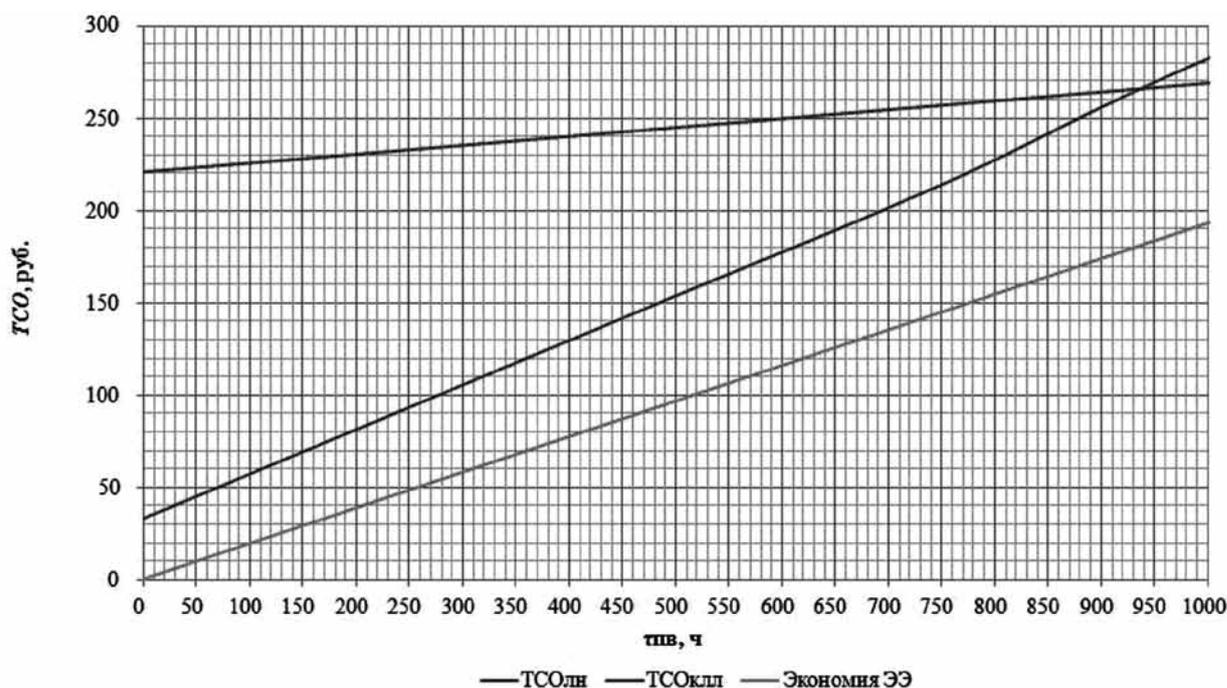


Рис. 1. Зависимость TCO лампы накаливания и КЛЛ, а также экономии электроэнергии в функции времени использования

Таблица 3

Результаты расчетов ТСО

ВАРИАНТ №1										
№ группы	Кол-во ламп, шт.	Тип ламп	Мощность, Вт	Стоимость, руб.	К _{пв} [?] , о. е.	τ _{пв} [?] , ч	И, кВт·ч	С _{зак} ^{улка}	С _{зр} [?] , руб.	ТСО, руб.
1-ая система освещения	100	ЛН	40	2300,00	0,05	438	1752,00	2300,00	5256,00	7556,00
	10	ЛН	60	327,80	0,1	876	525,60	327,80	1576,80	1904,60
	5	ЛН	60	163,9	0,4	3504	1051,20	655,60	3153,60	4464,80
2-ая система освещения	100	КЛЛ	8	20900,00	0,05	438	350,40	20900,00	1051,20	21951,20
	10	КЛЛ	12	2210,00	0,1	876	105,12	2210,00	315,36	2525,36
	5	КЛЛ	12	1105,00	0,4	3504	210,24	1105,00	630,72	1735,72
ВАРИАНТ №2										
№ группы	Кол-во ламп, шт.	Тип ламп	Мощность, Вт	Стоимость, руб.	К _{пв} [?] , о. е.	τ _{пв} [?] , ч	И, кВт·ч	С _{зак} ^{улка}	С _{зр} [?] , руб.	ТСО, руб.
1-ая система освещения	100	ЛН	40	2300,00	0,05	438	1752,00	2300,00	5256,00	7556,00
	10	ЛН	60	327,80	0,1	876	525,60	327,80	1576,80	1904,60
	5	ЛН	60	163,9	0,4	3504	1051,20	655,60	3153,60	3809,20
2-ая система освещения	100	ЛН	40	2300,00	0,05	438	1752,00	2300,00	5256,00	7556,00
	10	КЛЛ	12	2210,00	0,1	876	105,12	2210,00	315,36	2525,36
	5	КЛЛ	12	1105,00	0,4	3504	210,24	1105,00	630,72	1735,72

Таблица 4

Результаты расчетов t

ЛН		КЛЛ		$T_{ТСО\ ЛН=ТСО\ КЛЛ}$ часы		
				Тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч		
$P_{ЛН}$, Вт [5]	$C_{ЛН}$, руб. [5]	$P_{КЛЛ}$, Вт [5]	$C_{КЛЛ}$, руб. [5]	4	5	6
40	23,00	8	209,00	1273,44	1018,75	968,75
55	28,14	11	215,00	901,82	849,36	707,80
60	32,78	12	221,00	980,31	784,25	653,54
75	38,34	15	254,00	898,58	718,87	599,06

источников освещения будут равны получим:

$$T_{ТСО\ ЛН=ТСО\ КЛЛ} = 1000 \cdot (C_{КЛЛ} - C_{ЛН} \cdot F) / T_{эз} \cdot (P_{ЛН} - P_{КЛЛ}), \quad (19)$$

где $T_{ТСО\ ЛН=ТСО\ КЛЛ}$ — время функционирования систем освещения, при котором $ТСО$ сравниваемых источников освещения будут равны; F — количество приобретенных ламп накаливания (если $t > t_{рЛН}$, то $F > 1$); $P_{ЛН}$, $P_{КЛЛ}$ — мощность ламп накаливания и КЛЛ, Вт.

В табл. 4 приведены результаты расчета согласно (19) для различных мощностей ламп накаливания и КЛЛ (компания-производитель «General Electric») и различных значениях тарифа на электроэнергию. Построенные зависимости $T_{ТСО\ ЛН=ТСО\ КЛЛ}$ в функции $P_{ЛН}$ для трех значений $T_{эз}$, приведенных в табл. 4, изображены на рис. 2.

Характер зависимостей на рис. 2 демонстрирует, что с ростом тарифа на электроэнергию и с увеличением светового потока Φ лампы, и как следствие необходимой электрической мощности, уменьшается значение времени $T_{ТСО\ ЛН=ТСО\ КЛЛ}$ при котором $ТСО$ сравниваемых источников освещения будут равны. Следовательно, использование ламп накаливания в системах освещения с низким значением коэффициента $K_{ПВ}$ выгоднее при более низких тарифах на электроэнергию и при меньшем значении электрической мощности. Резкий изгиб функции $T_{ТСО\ ЛН=ТСО\ КЛЛ}(P)$ в диапазоне 40 и 55 Вт при значении тарифа 4 руб./кВт·ч обусловлен тем, что при значениях установленной мощности ламп накаливания 40 и 55 Вт требуется приобретать вторую

лампу, поскольку истекает срок эксплуатации ранее закупленной лампы.

5. Оценка экономического эффекта от осуществления мероприятия

По результатам проведенного анализа руководство предприятия выбирает конфигурацию системы освещения согласно (16), имеющую наименьшую совокупную стоимость владения за рассматриваемый период времени.

Результаты расчетов по данной методике, представленные в табл. 3, демонстрируют, что для первого варианта сравнения систем освещения эффективней оказалась 1-ая конфигурация светильников, а для второго варианта — 2-ая.

Применение данного методического организационно-технического инструментария для обоснованного выбора источников освещения обеспечивает объективный и качественный анализ оценки эффективности использования того или иного типа светильников и ламп в конкретной ситуации с точки зрения потребителя.

Литература

1. Commission Regulation (EC) No 244/2009 of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps Text with EEA relevance [Электронный ресурс] / Access to European

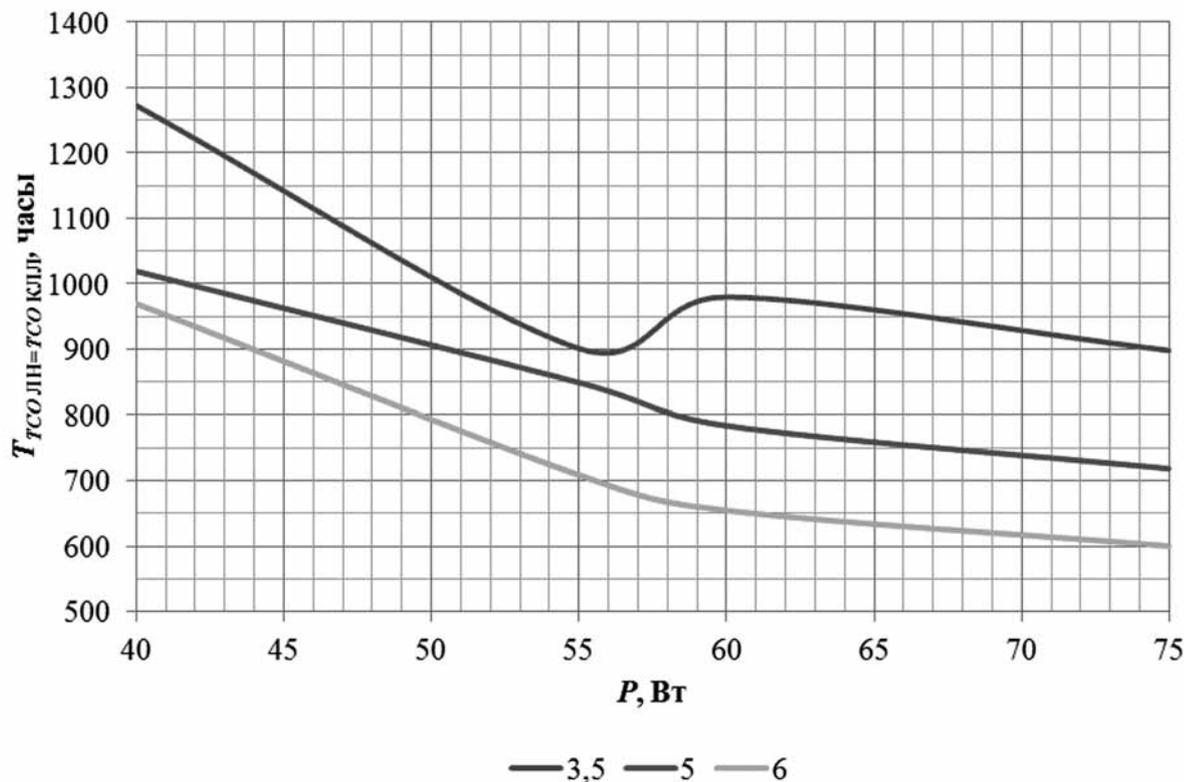


Рис. 2. Зависимость времени $T_{T_{CO_ЛН}=T_{CO_КЛЛ}}$ функционирования систем освещения, при котором T_{CO} сравниваемых источников освещения будут равны в функции мощности лампы накаливания при разных значениях тарифа на электроэнергию

Union Law. — Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:076:0003:01:EN:HTML>, свободный. — Загл. с экрана.

2. Основные технологии освещения [Электронный ресурс] / Modern light. — Режим доступа: <http://modernlight.info/index.php/Info>, свободный. — Загл. с экрана.

3. Хачатурян А. А. Инвестиции [Электронный ресурс] / Московский университет им. С. Ю. Витте. — Режим доступа: http://www.e-college.ru/xbooks/xbook158/book/index/index.html?go=part-012*page.htm, свободный. — Загл. с экрана.

4. Братолобов В. Б., Кротов Е. Г., Лозенко В. К. Конкурентоспособность промышленной продукции. Новый взгляд. // О принципах и показателях деятельности: Сборник. Серия «Всё о качестве. Отечественные разработки». — 2004. — Вып. 31. — С. 87–103.

5. ЗАО «МПО Электромонтаж». Полный прайс-лист в формате Excel [Электронный

ресурс] / ЗАО «МПО Электромонтаж». — Режим доступа: <http://www.electro-mpo.ru/price.zip>, свободный. — Загл. с экрана.

6. Иванов Е. Ю. Методика прогнозирования спотовых цен на электроэнергию на оптовом энергетическом рынке: Дисс. ... канд. эконом. наук. — СПб., 2005. — 189 с.

7. Люминесцентные лампы и их характеристики [Электронный ресурс] / Сайт «Паяльник». Все для радиолюбителя. — Режим доступа: <http://cxem.net/sprav/sprav115.php>, свободный. — Загл. с экрана.

8. Компактная люминесцентная лампа [Электронный ресурс] / Википедия — свободная энциклопедия. — Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E0%EF%E0%EA%F2%ED%E0%FF_%EB%FE%EC%E8%ED%E5%F1%F6%E5%ED%F2%ED%E0%FF_%EB%E0%EC%EF%E0, свободный. — Загл. с экрана.

9. Министерство Строительства Российской Федерации. Строительные нормы и пра-

вила Российской Федерации «Естественное и искусственное освещение» (СНиП 23-05-95). Москва, 1995 [Электронный ресурс] / Сертификаты соответствия. — Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/1/1898>, свободный. — Загл. с экрана.

10. Приказ от 30.12.2008 г. №326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электро-

энергии при ее передаче по электрическим сетям». [Электронный ресурс] / Электронная справочная система «Гарант» — Режим доступа: <http://base.garant.ru/195516>, свободный. — Загл. с экрана.

11. Свет и тени энергосберегающих лампочек [Электронный ресурс] / Илья Зайдель: Дневник ремонтника. — Режим доступа: <http://bse1.livejournal.com/9947.html>, свободный. — Загл. с экрана.

Поступила в редакцию

20 сентября 2012 г.



Яна Ильинична Тульчинская — кандидат экономических наук, соискатель кафедры Инженерного менеджмента Национального исследовательского университета «МЭИ». Автор ряда работ и научных исследований в области инвестирования электроэнергетической отрасли.

Yana Ilyinichna Tulchinskaya — Ph.D., Candidate of Economics, competitor for doctor's degree at The Engineering Management department of The National Research University «MEI». Author of several works and researches in the field of power sector investment.

121552, г. Москва, Островной пр., д. 3, кв. 17
3 Ostrovnoy st., app. 17, 121552, Moscow, Russia
Тел. + 7 (925) 373-08-10; e-mail: yanka_t@hotmail.com