

## МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВЕТИЛЬНИКОВ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ФИНАНСОВЫХ ЗАТРАТ

Д. С. Кочемазов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Д. И. Зализный

Одной из основных причин выхода из строя световых приборов являются их периодические включения-отключения. Каждая коммутация сопровождается переходными процессами импульсного характера, что негативно сказывается как на оборудовании светильника, так и непосредственно на источнике света. Особенно это актуально для газонаполненных ламп. В качестве негативных факторов выступают такие параметры, как токи высших гармоник, наводки и электромагнитные волны, тепловое воздействие и, самое главное, износ источников света и пускорегулирующей аппаратуры, в зависимости от их типов, параметров окружающей среды и питающей сети.

В данной работе предлагается методика для определения времени рационального использования осветительной установки, т. е. такого времени, при котором затраты на электроэнергию с момента включения установки будут меньше или равны приведенным затратам, обусловленным износом частей этой установки из-за одного включения. Это значит, что, снижая количество коммутаций в процессе эксплуатации систем освещения, можно снизить финансовые затраты. В работе показано, что в некоторых случаях оставить светильник во включенном положении дольше, чем требуется для конкретной ситуации, может быть выгоднее по сравнению с его периодическими включениями и отключениями.

Вначале рассмотрим упрощенный состав общих финансовых затрат на монтаж и эксплуатацию систем электрического освещения:

$$Z_{\text{сэо}} = Z_{\text{эле}} + Z_{\text{монтаж}} + Z_{\text{экспл}}, \text{ р.}, \quad (1)$$

где  $Z_{\text{эле}}$  – финансовые затраты на приобретение элементов системы электрического освещения (СЭО), р.;  $Z_{\text{монтаж}}$  – финансовые затраты на монтаж всех предусмотренных элементов системы электрического освещения, р.;  $Z_{\text{экспл}}$  – финансовые затраты на эксплуатацию элементов системы электрического освещения, р.

Затраты на эксплуатацию можно определить по формуле

$$Z_{\text{экспл}} = C_{\text{эл.эн}} T_{\text{факт}} + Z_{\text{аморт}}, \text{ р.}, \quad (2)$$

где  $C_{\text{эл.эн}}$  – стоимость потребляемой устройством электроэнергии в единицу времени, р./ч;  $T_{\text{факт}}$  – фактическое суммарное время работы устройства во включенном состоянии, ч;  $Z_{\text{аморт}}$  – затраты на амортизационные отчисления, р.

Предположим, что остаточный ресурс осветительной установки равен:

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{норм}} \left( 1 - \frac{n}{n_{\text{max}}} \right) = T_{\text{норм}} \frac{n_{\text{max}} - n}{n_{\text{max}}}, \text{ ч}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{норм}}$  – нормативный срок службы установки, ч;  $n$  – фактическое количество включений-отключений;  $n_{\text{max}}$  – максимальное нормируемое количество включений-отключений установки.

Тогда количество отказов  $N$  осветительной установки за время  $T_{\text{факт}}$  найдем следующим образом:

$$N = \frac{T_{\text{факт}}}{T_{\text{ост}}} = \frac{T_{\text{факт}}}{T_{\text{норм}} \frac{n_{\text{max}} - n}{n_{\text{max}}}} = \frac{T_{\text{факт}} n_{\text{max}}}{T_{\text{норм}} (n_{\text{max}} - n)}. \quad (4)$$

Очевидно, что затраты на замену осветительных установок составят:

$$З_{\text{замены}} = (З_{\text{элемент}} + З_{\text{монтаж}})N = (З_{\text{элемент}} + З_{\text{монтаж}}) \frac{T_{\text{факт}} n_{\text{max}}}{T_{\text{норм}} (n_{\text{max}} - n)}, \text{ р.} \quad (5)$$

Экономически эффективное время нахождения осветительной установки во включенном состоянии будет соответствовать такому максимальному количеству включений-отключений  $n$ , при котором затраты на эксплуатацию начнут превышать затраты на замену, т. е. выполнится неравенство:

$$З_{\text{замены}} \leq З_{\text{экспл.}} \quad (6)$$

Подставив в (6) выражения (5) и (2), получим:

$$(З_{\text{элемент}} + З_{\text{монтаж}}) \frac{T_{\text{факт}} n_{\text{max}}}{T_{\text{норм}} (n_{\text{max}} - n)} \leq C_{\text{эл.эн}} T_{\text{факт}} + З_{\text{аморт.}} \quad (7)$$

Выразим из неравенства (7) параметр  $n$ :

$$n \leq n_{\text{max}} \left( 1 - \frac{(З_{\text{элемент}} + З_{\text{монтаж}}) T_{\text{факт}}}{(C_{\text{эл.эн}} T_{\text{факт}} + З_{\text{аморт.}}) T_{\text{норм}}} \right). \quad (8)$$

Тогда оптимальное время нахождения установки во включенном состоянии  $T_{\text{опт}}$  будет равно:

$$T_{\text{опт}} = \frac{T_{\text{факт}}}{n}, \text{ ч.} \quad (9)$$

Для более точного расчета значения времени  $T_{\text{опт}}$  необходимо учитывать остаточный ресурс отдельных ламп в светильнике и в целом самого светильника.

Формулы (8) и (9) позволяют оптимизировать работу систем освещения таким образом, что при некотором возрастании затрат электроэнергии общие затраты на эксплуатацию осветительной установки будут снижены.

Таким образом, очевидно, что затраты на эксплуатацию напрямую зависят от времени, в течение которого включено электрическое освещение и, изменяя режим работы электросветильников, можно добиться изменения суммарных затрат на электроосвещение при проектировании либо непосредственно при эксплуатации.

Возможно как применение только организационных мероприятий – работа систем освещения по заранее рассчитанному графику, где время включения освещения в помещении максимально близко к  $T_{\text{опт}}$ , так и организационно-технических – установка систем автоматического включения-отключения светильников, датчиков движения и т. д.

В современных методах расчета электрического освещения, ввиду отсутствия заинтересованности производителей источников света, а следовательно, и углубленных исследований, направленных на увеличение продолжительности срока службы ламп, практически отсутствует информация о методах проектирования, реконструкции, эксплуатации систем освещения на основе критерия экономической эффективности. То есть конечный потребитель источников света находится в невыгодном положении ввиду отсутствия методик расчета, ориентированных на вопросы эксплуатации.

Хотя предложенная методика несколько противоречит принципам энергосбережения, она, однако, способствует ресурсосбережению, что актуально в связи с планируемым вводом Белорусской атомной электростанции и появлением избытка электроэнергии в стране.

На основе результатов расчета данной методики в части цеха производства пластмассовых изделий № 1 ЗАО «Легпромразвитие» г. Бобруйска было внедрено в производство рационализаторское предложение по оптимизации эксплуатации электрических светильников на основе времени оптимального включения  $T_{\text{опт}}$ , что позволило существенно увеличить срок службы источников света. Затраты на замену ламп уменьшились в три раза, соответственно, снизились расходы на утилизацию ламп, снизилось время простоя, вызванное временным отсутствием освещения в рабочей зоне, и уменьшилось количество человеко-часов на обслуживание систем освещения.

На данный момент планируется внедрение данной методики на территории нескольких цехов ОАО «Белшина», ОАО «Бобруйскагромаш» и РУП «БЗТДиА».