

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.О. СУХОГО»
ФАКУЛЬТЕТ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ» КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

УДК 628.9(043)

Методика оптимального проектирования систем электрического освещения по критерию минимума финансовых затрат

ПРЕЗЕНТАЦИЯ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание академической степени магистра технических наук
по специальности 1-43 80 01 «Энергетика»

Автор: магистрант гр.
ЗМ43-21

Кочемазов Д.С.

Научный руководитель:
к.т.н., доцент **Зализный Д.
И.**



Гомель 2018

Работа была выполнена в рамках реализации Республиканской программы энергосбережения на 2016-2020 годы подпрограммой 1 «Повышение энергоэффективности».

Цель работы: снижение суммарных затрат на эксплуатацию осветительных установок путём определения времени рационального использования электросветильников, т.е. такого времени, при котором затраты на электроэнергию с момента включения будут равны приведенным затратам, обусловленным износом частей электроустановки из-за одного включения.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи:**

- аналитический обзор существующих подходов к проектированию и эксплуатации;
- разработана методика эффективной эксплуатации систем электрического освещения по критерию минимума финансовых затрат;
- усовершенствован текущий подход к проектированию систем искусственного освещения.

Объектом исследования являются системы электрического освещения.

Предмет исследования – влияние цикла коммутации светильников на срок службы.

Методы исследования: методы математического моделирования и статистической оценки, позволяющие добиться снижения финансовых затрат на эксплуатацию электроосветительного оборудования, а также выявить основные закономерности и особенности электрического освещения в промышленном и гражданском секторах.

Актуальность проблемы

Основной целью энергетической политики Республики Беларусь является поиск путей и формирование механизмов оптимального развития и функционирования отраслей ТЭК, а также техническая реализация надежного и эффективного энергообеспечения всех отраслей экономики и населения, обеспечивающих производство конкурентоспособной продукции и достижение стандартов уровня и качества жизни населения высокоразвитых европейских государств при сохранении экологически безопасной среды.

Экономическая эффективность исследования заключается в существенном уменьшении амортизационных отчислений на замену источников света и пускорегулирующей аппаратуры (ПРА).

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования: в случае финансирования государственными органами, возможна разработка общереспубликанского стандарта и методик в области проектирования и эксплуатации систем электрического освещения в масштабах страны, что позволит снизить затраты на электроосвещение, по предварительной оценке, до 30% благодаря увеличению срока службы источников света при некотором увеличении потребления электроэнергии, что, в свою очередь, обретает всё большую актуальность в связи с вводом в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции и ожидаемым избытком электроэнергии в стране.

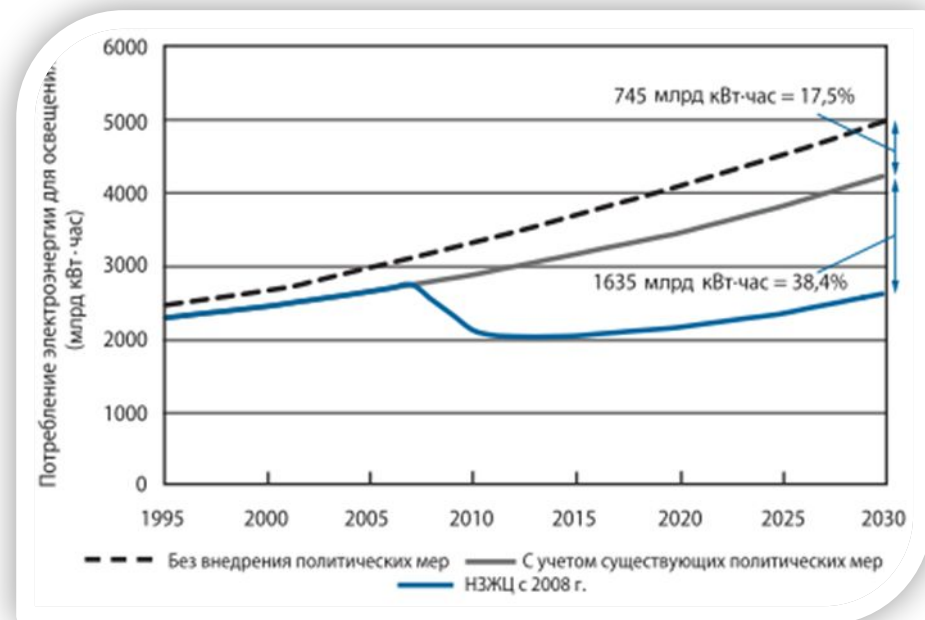


Рисунок 1 – Мировое потребление электроэнергии для освещения в 1995–2030 годах по сценариям «без внедрения политических мер», «с учетом существующих политических мер» и НЗЖЦ* с 2008 г

Сокращение: НЗЖЦ – наименьшие затраты жизненного цикла.

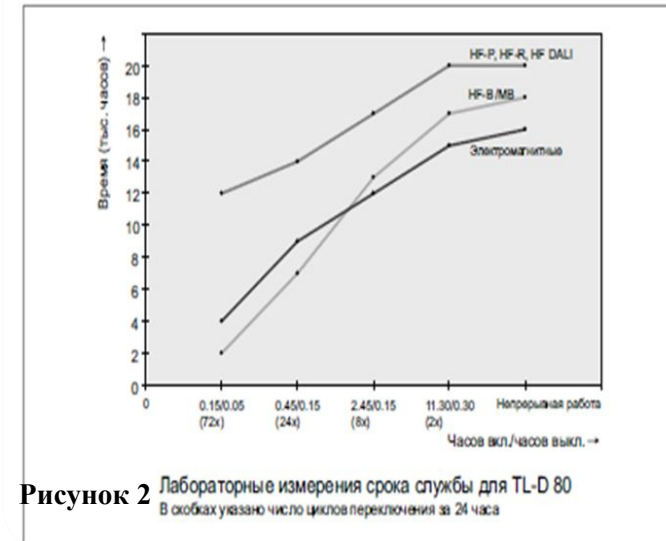
Наиболее часто возникающие отказы электросветильников, характерные для большинства типов ламп:

- выход из строя лампы;
- выход из строя ПРА;
- неисправность устройств управления и/или электропроводки.

Причинами вышеуказанных отказов электросветильников могут служить следующие причины и/или их совокупности:

- **перегревание** частей лампы и/или ПРА вследствие длительного нагрева, несоблюдения условий эксплуатации и частых коммутаций;
- **физический износ** частей электроустановки, вызванный сроком эксплуатации сверх допустимого (номинального) значения;
- **некачественная электроэнергия** питания (высокое значение отклонения напряжения, скачки напряжения, отклонение частоты и т.д.);
- **человеческий фактор** (неправильные включения электросветильников, частые коммутации при эксплуатации, дефекты частей электроустановок при монтаже и т.д.).

Люминесцентные лампы может потребоваться включать и выключать более чем несколько раз в сутки, в особенности тогда, когда они используются в сочетании с такими элементами управления, как детекторы движения и фотозлементы. Влияние цикла переключения на срок службы люминесцентных ламп различных типов в разных схемах различно. В приложениях, где происходит больше одного переключения за три часа, требуется использовать балласты с предварительным нагревом. Если переключение происходит менее часто, то могут использоваться балласты холодного запуска. Заметьте, что даже в случае редкого переключения, балласты теплового запуска дадут более высокий результат.



Основные экономические параметры методики

Упрощённый состав общих финансовых затрат на монтаж и эксплуатацию систем электрического освещения:

$$Z_{\text{сэо}} = Z_{\text{элемент}} + Z_{\text{монтаж}} + Z_{\text{экспл}}$$

$$Z_{\text{элемент}} = Z_{\text{св}} + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{ПРА}} + Z_{\text{ламп}} + Z_{\text{элемент.упр}} + Z_{\text{апп.защ}} + Z_{\text{проч}}$$

Показатель $Z_{\text{монтаж}}$ отражает финансовые затраты на монтаж (установка, крепление, подключение, проверка) элементов системы электрического освещения, *USD*. Данная величина характеризует первоначальные затраты на монтаж СЭО:

$$Z_{\text{монтаж}} = l_{\text{эл.пров}} \cdot C_{1\text{п}} + n_{\text{св}} \cdot C_{\text{св}} + n_{\text{эл.упр}} \cdot C_{\text{эл.упр}} + n_{\text{расп.кор}} \cdot C_{\text{расп.кор}} + n_{\text{апп.защ}} \cdot C_{\text{апп.защ}}$$

Эксплуатационные расходы $Z_{\text{экспл}}$, включающие превентивную проекцию статьи будущих расходов $Z_{\text{аморт}}$, будем определять по формуле:


$$Z_{\text{экспл}} = C_{\text{эл.эн}} \cdot P_{\text{факт}} \cdot T_{\text{факт}} + Z_{\text{аморт}}$$

Выражая параметр суммарных $Z_{\text{экспл}}$ для одной электроосветительной линии, с учётом количества источников света и их мощности, а также затрат на один пуск, получим:

$$Z_{\text{экспл.лин}} = C_{\text{эл.эн}} \cdot T_{\text{факт}} \cdot (P_{\text{лампы}} \cdot n_{\text{ламп}}) + Z_{1\text{пуск}} \cdot m_{\text{л.опт}}$$

Таким образом, очевидно, что затраты на эксплуатацию СЭО 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.

Будем рассматривать 2 метода расчёта оптимального времени включения электросветильников:

 **Конститутивный** - метод расчёта времени оптимальной эксплуатации электросветильников по критериям минимума финансовых затрат на основе среднестатистического срока службы комплектующих электросветильников и их стоимости. Он более актуален со стороны электроснабжения, т.е. энергетиков предприятия и вычисляет время оптимального включения лампы, необходимое для обеспечения минимальных затрат при максимальном времени жизни лампы и ПРА.


 **Отказоориентированный** - метод расчёта времени оптимальной эксплуатации электросветильников при помощи точного времени текущего использования лампы, которое изменяется в процессе эксплуатации. Данный метод может быть рекомендован для СЭО, в которых перерыв свечения ламп может вызвать серьёзные последствия для технологического процесса и/или угрозу жизни людей.

Таблица 1 – Рабочий ресурс различных типов электрических ламп

| Тип ламп | Срок службы при непрерывной работе ($T_{\text{вкл}}$ не менее 12 часов) $T_{\text{раб}}$, ч. | Количество циклов коммутаций m . | Примечания |
|-------------------------|--|------------------------------------|---|
| КЛЛ | 500 - 8000 | 2000 - 5000 | Встроенная ПРА |
| Трубчатые (линейные) ЛЛ | 5000 - 20000 | 1500 - 2500 | Необходимость утилизации и «горячего запуска» |
| Лампы накаливания | 1000 - 5000 | 1000 - 2000 | Низкая энергоэффективность |
| Светодиодные лампы | 30000 - 100000 | 10000 - 35000 | Необходимость охлаждения драйвера |
| Индукционные лампы | 60000 - 150000 | 10000 - 25000 | Высокая стоимость, необходимость утилизации |
| ДНаТ | 10000 - 25000 | 5000 - 15000 | Плохая цветопередача |
| ДРЛ, ДРИ | 8000 - 12000 | 5000 - 15000 | Запрет Минаматской конвенции |

Конститутивный метод

Каждое включение осветительной установки эквивалентно финансовым затратам, обусловленным физическим износом этой установки. После некоторого количества циклов включения-отключения какой-либо из её элементов выйдет из строя. В результате потребуется закупить отказавшие элементы и выполнить их установку.

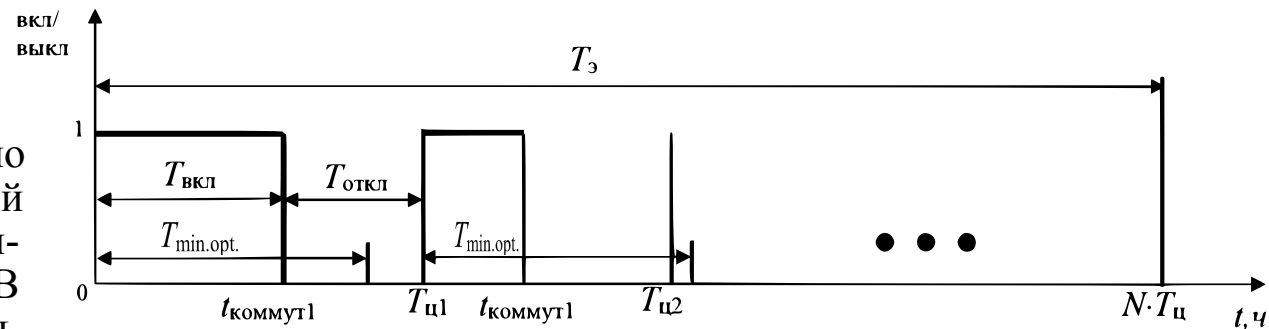


Рисунок 3 - График эксплуатации осветительной установки

$$Z_{1.пуск} = \frac{(\text{Ц}_{л} + Z_{м.л} + Z_{ут.л}) \cdot n_{л} \cdot k_{попр.1}}{m_{л}} + \frac{(\text{Ц}_{ПРА} + Z_{м.ПРА} + Z_{ут.ПРА}) \cdot n_{ПРА} \cdot k_{попр.2}}{m_{ПРА}}$$

$$Z_{э.э} = C_{э} \cdot P \cdot T_{вкл}$$

Финансовая экономия за время $T_{вкл}$ будет наблюдаться, когда эквивалентные затраты на один пуск $Z_{1.пуск}$ не превысят затраты на потребляемую электроэнергию, т.е. когда выполнится неравенство:

$$Z_{1.пуск} \leq Z_{э.э} \quad \left(\sum \text{Ц}_{л} \cdot n_{л} \cdot m_{л}^{-1} \cdot k_{попр1} \right) + \left(\sum \text{Ц}_{ПРА} \cdot m_{ПРА}^{-1} \cdot k_{попр2} \right) + \left(C_{э.э} \cdot (W_{пуск} - W_{ном.раб}) \right) \leq T_{раб} \cdot (C_{э.э} \cdot P)$$

$$T_{min.opt} \geq \frac{Z_{1.п}}{C_{э} \cdot P} \quad T_{min.opt} = \frac{\left(\sum \text{Ц}_{л} \cdot n_{л} \cdot l_{л}^{-1} \cdot k_{попр1} \right) + \left(\sum \text{Ц}_{ПРА} \cdot l_{ПРА}^{-1} \cdot k_{попр2} \right) + \left(C_{э.э} \cdot (W_{пуск} - W_{ном.раб}) \right)}{C_{э.э} \cdot \sum P_{л} \cdot k_{ПРА}}$$

Следует отметить, что для ламп накаливания, особо чувствительных к пусковым токам и качеству питающего напряжения, а также ввиду отсутствия необходимости в пускорегулирующей аппаратуре, затраты на один пуск группы светильников будут равны:

$$Z_{1.пуск.лн} = \left(\text{Ц}_{л} \cdot n_{л} \cdot \frac{m_{л}^{-1}}{k_{сети}} \right) + \left(Z \cdot P_{ном} \cdot C_{э.э} \cdot n_{л} \cdot T_{пуск} \cdot k_{сети}^{-5} \right)$$

Отказоориентированный

МЕТОД

Данный метод более сложен в расчётах и требует знания о точном остаточном ресурсе эксплуатируемых источников света. Отказоориентированный вариант расчёта может быть полезен при использовании в высокоточных автоматизированных системах искусственного электрического освещения, в прецизионных СЭО (например, на закрытых военных объектах, космических аппаратах и т.д.), а также может успешно использоваться в качестве прогностического анализа существующих СЭО.

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{норм}} \cdot \left(1 - \frac{n}{n_{\text{max}}}\right) = T_{\text{норм}} \cdot \frac{n_{\text{max}} - n}{n_{\text{max}}}$$

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

$$Z_{\text{замены}} = (Z_{\text{элемент}} + Z_{\text{монтаж}}) \cdot N = (Z_{\text{элемент}} + Z_{\text{монтаж}}) \cdot \frac{T_{\text{факт}} \cdot n_{\text{max}}}{T_{\text{норм}} \cdot (n_{\text{max}} - n)}$$

$$Z_{\text{замены}} \leq Z_{\text{экспл}}$$

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

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

$$T_{\text{min.opt.ot}} = \frac{T_{\text{факт}}}{n}$$

Данные формулы позволяют оптимизировать работу систем освещения таким образом, что при некотором возрастании затрат электроэнергии общие затраты на эксплуатацию осветительной установки будут снижены. Стоит лишь отметить, что в отказоориентированном методе возможен расчёт, позволяющий предотвратить не только временное отсутствие электроосвещения, вследствие перегорания лампы, но и спрогнозировать время, через которое концы трубки люминесцентной лампы почернеют, т.е. до начала весомого ухудшения рабочих свойств источника света, что, в свою очередь, позволит обслуживающему электротехническому персоналу провести замену лампы.

Пример расчёта оптимального времени эксплуатации осветительной установки

Исходные данные: помещение с 4 электросветильниками, имеющими 2 люминесцентные лампы $T5/840-28W-KC$ (цена бел. руб с НДС $C_{л} = 3,04 \text{ BYN}$, $m_{л} = 2000$) в каждом и 3 электросветильниками, имеющими 4 люминесцентные лампы $T8/840-18W-KC$ (цена бел. руб с НДС $C_{л} = 2,08 \text{ BYN}$, $m_{л} = 1500$) в каждом. Примем затраты на монтаж и утилизацию ламп такими же, как и для ПРА: затраты на монтаж $Z_{м} = 1 \text{ BYN}$, затраты на утилизацию $Z_{у} = 0,79 \text{ BYN}$. Предположим, что включение всей ОУ производится с помощью одноклавишного выключателя и в качестве ПРА используются ЭПРА с холодным розжигом ламп (учитываем, как коэффициент увеличения на 1,2). Стоимость ЭПРА $C_{ПРА} = 6 \text{ BYN}$, $m_{ПРА} = 3000$. Затраты финансовые на кратковременное увеличение электроэнергии в момент пуска относительно незначительные для люминесцентных ламп данного типа (учитываем, как коэффициент 1,05), тогда:

$$Z_{\text{пуск}} = ((3,04 + 1 + 0,79) \cdot (4 \cdot 2) \cdot 2000^{-1} \cdot 1,2) + ((2,08 + 1 + 0,79) \cdot (3 \cdot 4) \cdot 1500^{-1} \cdot 1,2) + ((6 + 1 + 0,79) \cdot (4 + 3) \cdot 3000^{-1} \cdot 1,05) = 0,08, \text{ BYN.}$$

Пересчитаем тариф оплаты за электроэнергию на текущий курс доллара США:

$$C_{\text{тек}} = C_{\text{б}} \cdot (0,19 + 0,81 \cdot \frac{K_{\text{тек}}}{K_{\text{б}}}) \cdot k_{\text{НДС}}$$

При соотношении курса белорусского рубля к доллару США 2,0461:1, тариф был равен 0,25197 BYN/кВт·ч. Тогда:

$$C_{\text{тек}} = 0,25197 \cdot (0,19 + 0,81 \cdot 1,9614/2,0461) \cdot 1,2 = 0,2922, \text{ BYN/кВт·ч.}$$

Тогда минимальное оптимальное время включения электроосвещения данного помещения по критерию экономической эффективности по формуле:

$$T_{\text{min.opt}} = \frac{0,8}{0,2922 \cdot (8 \cdot 0,028 + 12 \cdot 0,018)} = 0,62 \text{ ч} \approx 37, \text{ минут}$$

Выделяется два основных направления по мероприятиям, обеспечивающим повышение эффективности эксплуатации осветительных установок по критерию минимума финансовых затрат:
организационные мероприятия и технические мероприятия



Рисунок 4 - Мероприятия, повышающие эффективность эксплуатации ОУ

Выбор конкретного способа отображения времени минимального оптимального времени включения осветительной установки не имеет жёсткой регламентации и может быть выбран любой, в зависимости от предпочтения проектировщика. Имеют место три главных фактора в данном случае – объём пространства, на котором будет нанесена надпись (к примеру, на двухклавишном выключателе недостаточно места), различимость (необходимо чётко видеть надпись), информативность. Ввиду этих трёх критериев, автором рекомендуется следующий вариант записи

$$T_{min.opt}^{7.09.1991} = 4min$$

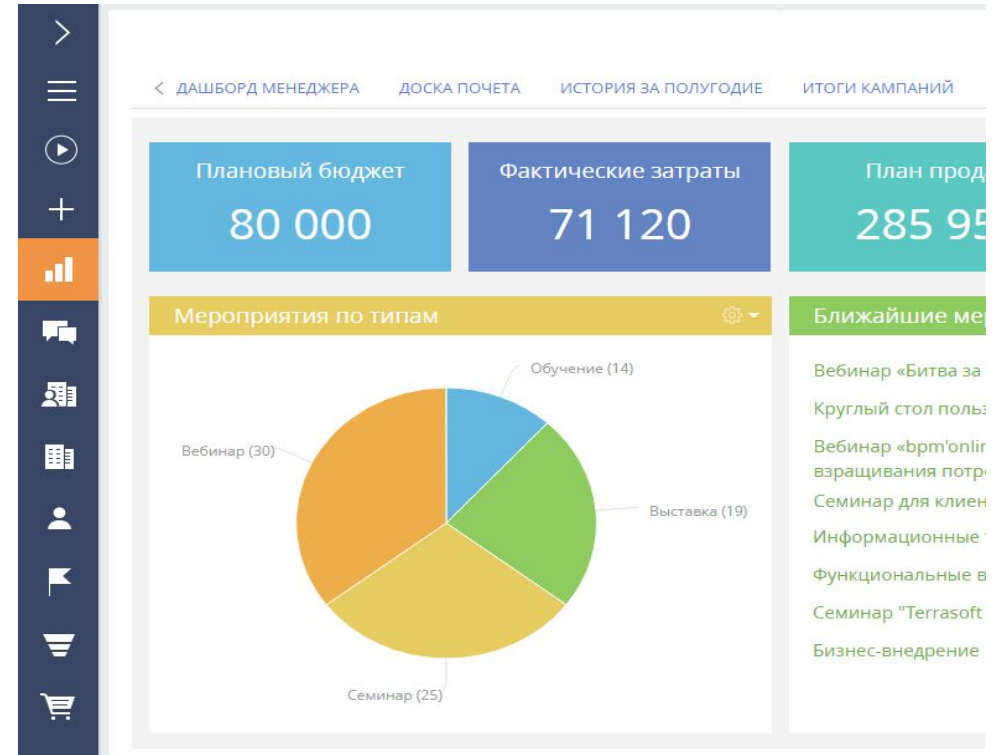
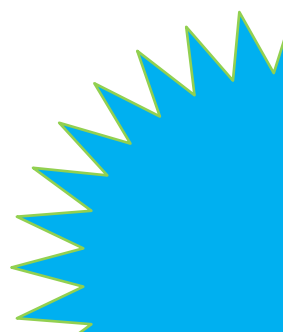


Рисунок 5 – Интерфейс аналитического окна CRM-системы



Увеличение срока службы электроосветительного оборудования позволяет уменьшить эксплуатационные расходы организации путем снижения сумм амортизационных отчислений.

$$T_{СС} = \alpha \cdot T_{НСС}$$

$$З = З_{аморт} + З_{обсл} + З_{проч}$$

$$T_{ПИ} = m_{л} \cdot T_{ВКЛ}$$

$$T_{ПИ.ОПТ} = m_{л} \cdot T_{min.opt}$$

$$З_{кор} = З_{аморт.кор} + З_{обсл.кор} + З_{доп} + З_{проч}$$

$$T_{ПИ} = T_{гар}$$

$$АО_{КОММ} = \frac{\Psi_{л}}{m_{л}}$$

$$З - З_{кор} > 0$$

$$\alpha_{осн} \in (1; 1,5]$$

$$З_{аморт} + З_{обсл} - З_{аморт.кор} - З_{обсл.кор} - З_{доп} > 0$$

$$АО_{вр.раб} = \frac{\Psi_{л}}{T_{ПИ}}$$

$$m_{день} = \frac{\sum m_i}{i}$$

$$З_{аморт.кор} = \frac{З_{аморт}}{\alpha_{св}}$$

$$З_{обсл.кор} = \frac{З_{обсл}}{\alpha_{ис}}$$

$$T_{ПИ} = \frac{m_{л}}{m_{день}} \cdot 24$$

$$H_{а.мме} = \frac{100}{m_{л} / m_{день} \cdot 1 / 30,4}$$

$$З_{аморт} \cdot \left(1 - \frac{1}{\alpha_{св}}\right) + З_{обсл} \cdot \left(1 - \frac{1}{\alpha_{ис}}\right) > З_{доп}$$

$$H_a = \frac{100}{T_{ПИ}}$$

$$АО_{мес} = \frac{H_{а.мес}}{100} \cdot \Psi_{л}$$

$$T_{прогн} = \frac{m_{л}}{m_{день}}$$

$$T_{ОПТ} = \frac{m_{л}}{m_{ОПТ}}$$

Технико-экономическое сравнение вариантов с учётом эксплуатационных затрат

$$O_k = \frac{\sum_1^i S_{i.\text{проект}} + S_{\text{проч}}}{\sum_1^i S_{i.\text{эт}}};$$

$$3_{\text{эле.к}} = 3_{\text{св.и}} + 3_{\text{эл.и}} + 3_{\text{ПРА.и}} + 3_{\text{лам.и}} + 3_{\text{эле.упр.и}} + 3_{\text{апп.зап.и}} + 3_{\text{проч.и}}$$

$$3_{\text{ээ.к}} = C_{\text{эл.эн.и}} \cdot P_{\text{факт.и}} \cdot T_{\text{факт.и}};$$

$$3_{\text{зам.к}} = 3_{\text{зам.ис.и}} + 3_{\text{ут.л.и}} + 3_{\text{зам.ПРА.и}} \cdot$$

$$\Theta_{\text{зам.год}} = (3_{\text{зам.л.тек}} + 3_{\text{ут.л.тек}} + 3_{\text{зам.ПРА.тек}} + 3_{\text{проч.тек}}) - (3_{\text{зам.л.нов}} + 3_{\text{ут.л.нов}} + 3_{\text{зам.ПРА.нов}} + 3_{\text{проч.нов}}) =$$

$$= \left(\sum_1^i (n_{i.\text{л.тек}} \cdot \Pi_{i.\text{л.тек}}) + \sum_1^j (n_{j.\text{ут.тек}} \cdot \Pi_{j.\text{ут.тек}}) + \sum_1^k (n_{k.\text{ПРА.тек}} \cdot \Pi_{k.\text{ПРА.тек}}) + 3_{\text{проч.тек}} \right) -$$

$$\left(\sum_1^i (n_{i.\text{л.нов}} \cdot \Pi_{i.\text{л.нов}}) + \sum_1^j (n_{j.\text{ут.нов}} \cdot \Pi_{j.\text{ут.нов}}) + \sum_1^k (n_{k.\text{ПРА.нов}} \cdot \Pi_{k.\text{ПРА.нов}}) + 3_{\text{проч.нов}} \right)$$

$$\partial W_{\Gamma} = \left(\sum_1^i P_{i.\text{тек}} \cdot T_{\text{раб}} \right) - \left(\sum_1^j P_{i.\text{нов}} \cdot T_{\text{раб}} \right)$$

$$\partial P = \sum_1^i P_{i.\text{тек}} - \sum_1^j P_{i.\text{нов}} = \frac{\partial W_{\Gamma}}{T_{\text{раб}}}$$

$$\Theta_{\text{энерг.год}} = \Pi_{\text{осн}} \cdot \partial P \cdot 12 + \Pi_{\text{доп}} \cdot \partial W_{\Gamma}$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K}{\Theta_{\text{энерг.год}} + \Theta_{\text{зам.год}}}$$

$$E = \frac{1}{T_{\text{окуп}}}$$

Выводы по результатам исследований

1) Оптимальное время включения лампы по критерию экономической эффективности $T_{min.opt}$ зависит, преимущественно, от: мощности осветительной установки, стоимости отпуска электроэнергии, стоимости источников света и оптимального количества циклов включения/отключения лампы $m_{л.опт}$, учитывающего среднестатистический срок службы данного источника света.

2) В осветительных установках, использующих однотипные комплектующие и источники света одинаковой (суммарной) мощности, величина $T_{min.opt}$ будет практически одинаковой.

3) При условиях п.2 – равномерно разделённая нагрузка на два выключателя, позволяет утверждать, что величина $T_{min.opt}$ на каждой линии будет приблизительно равна.

4) Для люминесцентных ламп наиболее эффективна работа с учётом времени $T_{min.opt}$, т.к. данные источники света имеют длительный полезный срок эксплуатации, при ограниченном количестве циклов коммутации, обусловленном деградацией люминофора, снижающей световой поток, и потерей электродами эмиссионной способности.

5) Для ламп накаливания, дуговых ртутных люминесцентных ламп и натриевых газоразрядных ламп эффективность работы согласно с временем $T_{min.opt}$ обусловлена лишь в случае с большой нагрузкой, сосредоточенной на одном устройстве управления либо наличия качественной ПРА. В остальных случаях – электросветильники данных видов рекомендуется отключать как можно быстрее после включения (коммутации) для минимизации расхода электрической энергии.

6) Для светодиодных ламп (СД) и индукционных ламп количество циклов включения/отключения практически не ограничено, следовательно, не принимая в расчёт ПРА и редкие виды, можно сказать, что $T_{min.opt}$ для них практически равен нулю.

7) Совокупность представленных способов расчёта позволяет превентивно выбрать наиболее экономичный вариант электроосветительных установок, ещё на этапе проектирования (реконструкции).

8) Возможно, как применение только организационных мероприятий (работа ОУ по разработанному графику, информирование персонала, время включения освещения в помещении максимально близкое к $T_{min.opt}$), так и организационно-технических (установка автоматической системы управления освещением, установка датчиков движение в совокупности с таймерами отключения);

9) На основании полученных уравнений и коэффициентов можно проводить имитационное моделирование и создать программу расчёта для ЭВМ, которая будет способна рассчитать конфигурацию системы электрического освещения и выбрать вариант, имеющий наибольший экономический эффект от применения данной методики.

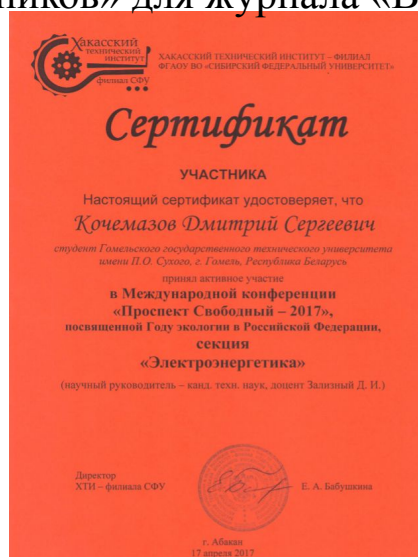
Апробация результатов диссертации

Автор принимает участие в **XXIV Республиканском конкурсе научных работ студентов 2017-2018** с работой «Методика оптимальной эксплуатации электрических светильников по критерию минимума финансовых затрат» в секции 27: «Физико-технические проблемы энергетики. Научные основы энергоснабжения и эффективного использования энергии. Нетрадиционные источники энергии».

Методика была успешно представлена на четырёх конференциях:

- XXXVII научная конференция студентов I, II ступеней и аспирантов (РБ, г. Гомель, ГГТУ им. П.О.Сухого), за участие в которой был получен диплом за лучший научный доклад;
- XVII международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления» (РБ, г. Гомель, ГГТУ им. П.О.Сухого);
- международная конференция «Перспектив Свободный - 2017» (РФ, г. Красноярск, СФУ);
- международная научно-практическая конференция "Инновационные технологии в энергетике: образование, наука, производство" (Туркменистан, г. Мары, ГЭИТ).

Имеются научные публикации по материалам конференций. Также выполнена и ожидается публикации **статья** «Повышение эффективности эксплуатации электрических светильников» для журнала «Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого».



Внедрение результатов диссертации в производство

Степень внедрения: на основе результатов расчёта данной методики в части цеха производства пластмассовых изделий №1 ЗАО «Легпромразвитие» г. Бобруйска, а также в производственных цехах по ул. К. Маркса 27 и административно бытовой корпус было внедрено в производство рационализаторское предложение по оптимизации эксплуатации электрических светильников на основе времени оптимального включения $T_{min.opt}$ что позволило существенно увеличить срок службы источников света и уменьшить суммарные затраты на электрическое освещение суммарно на 31990 BYN, что приблизительно составляет 30% от суммарных эксплуатационных затрат на СЭО предприятия. Копия акта внедрения методики в производство находится в приложении А. На данный момент планируется внедрение данной методики на территории нескольких цехов ЗАО «Легпромразвитие», ОАО «Белшина», ОАО «Бобруйскагромаш» и РУП «БЗТДиА».

Утверждаю
Главный инженер
ЗАО «Легпромразвитие»

А.В.Фесько



Утверждаю
Доцент кафедры
«Электроснабжение»

Д.И.Зализный

м.п. 2017

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы, выполненной в рамках диссертационной работы, магистрантом кафедры «Электроснабжение» Гомельского государственного технического университета имени П.О.Сухого КОЧЕМАЗОВЫМ Дмитрием Сергеевичем

Мы нижеподписавшиеся, представители ЗАО «Легпромразвитие» (ул. К. Маркса 27, г. Бобруйск 213826, Республика Беларусь) Фесько А.В., Климович С.В. – инженер-энергетик и представитель Учреждения образования «Гомельского государственного технического университета имени П.О.Сухого» (г. Гомель, Республика Беларусь) Зализный Д.И. – доцент кафедры «Электроснабжение», к.т.н., доцент, научный руководитель диссертационной работы магистранта, с другой стороны, составили настоящий АКТ ВНЕДРЕНИЯ результатов научных исследований, выполненных в диссертационной работе магистранта кафедры «Электроснабжение» Кочемазова Дмитрий Сергеевича, в ЗАО «Легпромразвитие».

Тема исследования: методика оптимальной эксплуатации электрических светильников по критерию минимума финансовых затрат

Научные исследования выполнены в области исследования воздействия частых коммутаций на рабочий ресурс источников света. Полученные результаты представлены в 3 публикациях, доложены на 4-х научных конференциях.

Объектом исследования является: система электрического освещения промышленного предприятия).

Актуальность исследований заключается в увеличении срока службы источников света при некотором увеличении потребления электроэнергии, что, в свою очередь, обретает всё большую актуальность в связи с вводом в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции и ожидаемым избытком электроэнергии в стране.

Основные результаты работы, составлены и применены на практике формулы, отвечающие требованиям к точности расчётов; внедрены организационные и организационно-технические мероприятия для электроосветительных систем нескольких промышленных объектов; эксплуатация электроосветительных систем по предложенной методике позволила существенно снизить реальные расходы на замену вышедших из строя источников света.

На основе 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 $T_{кч}$.

Экономическая эффективность исследования: позволяет существенно уменьшить амортизационные отчисления на замену источников света и пускорегулирующей аппаратуры (ПРА).

Эффект от внедрения (использования) результатов внедрения: существенно увеличился срок службы источников света и уменьшились суммарные затраты на электрическое освещение на 30%. Корреляционные амортизационные отчисления на замену ламп существенно снизились, соответственно, снизились расходы на утилизацию ламп, снизилось время простоя, вызванное временным отсутствием освещения в рабочей зоне и уменьшилось количество человеко-часов на обслуживание СЭО.

Экономический эффект составил:

а) Ежегодная экономия, обусловленная выполненными техническими мероприятиями по данной методике на участке ЗАО «Легпромразвитие» по ул. Сакко 1, г. Бобруйск – 1016 BYN;

б) Ежегодная планируемая экономия, обусловленная выполненными организационными и техническими мероприятиями по данной методике в производственных помещениях ЗАО «Легпромразвитие» по ул. К. Маркса 27, г. Бобруйск – 22074,62 BYN;

в) Прогнозируемая экономия электроэнергии за год в помещениях административно-бытового значения ЗАО «Легпромразвитие», обусловленная организационными мероприятиями – 7900 BYN.

Представители
ЗАО «Легпромразвитие»:
Главный инженер
А.В.Фесько

Инженер-энергетик
С.В.Климович

Представитель
ГГТУ им.П.О.Сухого:
Доцент кафедры
«Электроснабжение»
Д.И.Зализный