

# РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СОКРАЩЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ БЮДЖЕТНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

А.А. Черная

nasty\_kz93@mail.ru

Научный руководитель: Климова Г.Н., кандидат технических наук, доцент, ТПУ

В настоящее время в общественных зданиях используются малоэффективные источники света, которые, как правило, не обеспечивают требуемый уровень освещенности и потребляют большое количество электроэнергии.

В соответствии с требованиями МС ISO 50001:2014 [1] каждая организация должна провести системный анализ потребляемых энергетических ресурсов на предмет их эффективного использования. В данной работе был проведен анализ потребления электроэнергии осветительными установками и рекомендованы мероприятия по улучшению эффективности системы освещения учебного корпуса [2].

Согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009г. №261-ФЗ образовательные учреждения должны обеспечить снижение энергопотребления (объема потребляемой воды, дизельного или иного топлива, мазута, природного газа, тепловой и электрической энергии) минимум на 3 % в течение пяти лет [2, 3]. В образовательных учреждениях в среднем на долю освещения приходится примерно 49 % потребляемой электроэнергии. Согласно статистическим данным потребление электроэнергии за 2012 год Томским политехническим университетом составило 17500000 кВтч, из них на освещение пришлось 8575000 кВтч [4]. Экономия электрической энергии при освещении может быть достигнута как за счет уменьшения установленной мощности, так и за счет уменьшения времени использования осветительной установки.

В качестве примера оценим существующий уровень освещенности в учебной аудитории и плату за электроэнергию, потребляемую осветительными установками.

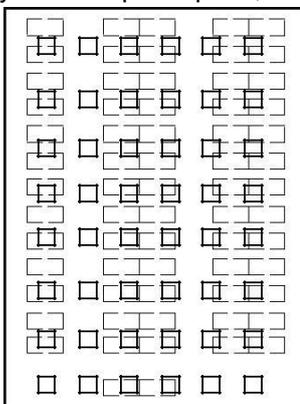


Рисунок 1. План расположения светильников в учебной аудитории

Таким образом, в рассматриваемой учебной аудитории установлено 48 светильников. Учитывая, что в каждом светильнике установлено четыре люминесцентные лампы Philips Standart 18W, общее число ламп в помещении  $N$  192 шт.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента использования светового потока, учитывающим световой поток, отраженный от потолка и стен. Методика данного расчета приведена в [6].

В результате проведенных замеров уровня освещенности и расчета было установлено, что спроектированная система освещения не является эффективной. Фактический уровень освещенности завышен. Это связано с тем, что световой поток в аудитории распределен неравномерно, так как данная аудитория является аудиторией амфитеаторного типа.

С удалением от входа световой поток увеличивается, так как расстояние между светильниками и рабочими поверхностями становится меньше.

Определим количество потребляемой ЭЭ за год. Мощность осветительной установки

$$P_{\text{осв. уст.}} = N P_{\text{л}} = 192 \cdot 18 = 3456 \text{ Вт.}$$

ЭЭ потребляемая осветительной установкой за год

$$W_{\text{осв. уст.}} = 9 \cdot 365 \cdot 3456 = 11352,96 \text{ кВтч.}$$

Плата за ЭЭ с учетом потерь в ПРА

$$П W_{\text{к ПРА}} T^{(1)} = 11352,96 \cdot 1,15 = 13055,90 \text{ кВтч.}$$

В таблице 1 представлены технические характеристики используемых ламп

Таблица 1. Технические характеристики используемых ламп

Тип ламп	Напряжение, В	Мощность, Вт	Поток, лм
ЛЛ Philips Standart 18W	220	18	1080
Светодиодные ИС DS-Office-30	220	30	3500

Оценим эффективность замены существующих люминесцентных ламп (ЛЛ) на светодиодные источники света (ИС).

Для обеспечения минимума строительных работ оставим прежнее расположение светильников (см. рис. 1).

Таким образом, в учебной аудитории расположено 48 светодиодных комплектов ламп, мощностью 30 Вт. Уровень освещенности находится в требуемом диапазоне.

Определим количество потребляемой ЭЭ

за год. Мощность осветительной установки

$$P_{\text{осв.уст.}} = N P_{\text{л}} = 48 \cdot 30 = 1440 \text{ Вт.}$$

ЭЭ потребляемая осветительной установкой за год

$$W_{\text{осв.уст.}} = P_{\text{осв.уст.}} \cdot T = 1440 \cdot 9365 = 13485600 \text{ Втч.}$$

Плата за ЭЭ

$$P_{\text{плат}} = W_{\text{осв.уст.}} \cdot T_{\text{плат}} = 13485600 \cdot 0,17 = 2292552 \text{ руб.}$$

Из расчетов видно, что при требуемом уровне освещенности во втором варианте эксплуатации-онная составляющая затрат гораздо ниже [5].

Определим капитальные затраты на установку светодиодных ИС.

$$K_{\text{LED}} = N_{\text{ИС}} C_{\text{ИС}} = 48 \cdot 2873 = 137904 \text{ руб.}$$

где  $N$  – количество светодиодных ламп, шт.;  $C$  – стоимость одной светодиодной лампы, руб.

В среднем продолжительность работы светодиодных ИС составляет 75000 часов, когда средняя продолжительность работы ЛЛ – 13000 часов. Таким образом, при одном жизненном цикле светодиодных ИС люминесцентные лампы необходимо будет заменить шесть раз.

Капитальные затраты на люминесцентные лампы, приведенные к периоду эксплуатации светодиодных ИС:

$$K_{\text{лл}} = N_{\text{лл}} C_{\text{лл}} \cdot n_{\text{лл}} = 48 \cdot 192616 \cdot 6 = 5616168 \text{ руб.}$$

где  $C$  – стоимость одной люминесцентной лампы, руб.;  $C_{\text{св}}$  – стоимость светильников, руб.;

СПРА – стоимость пускорегулирующей аппаратуры, руб.

Определим эффективность реконструкции системы освещения [10].

Таблица 2. Расчет чистого дисконтированного дохода для ЛЛ

T	$d_t$	$Pr^t d_t$	$K_t d_t$	$(Pr^t d_t)'$	$(K_t d_t)'$	ЧДД
1	0,900901	0	124237,8	0	124237,8	-124238
2	0,811622	23748,41	0	23748,41	124237,8	-100489
3	0,731191	23962,36	-8563,71	47710,78	115674,1	-67963,3
4	0,658731	24178,24	0	71889,02	115674,1	-43785,1
5	0,593451	24396,06	-6950,5	96285,08	108723,6	-12438,5
6	0,534641	24615,85	0	120900,9	108723,6	12177,31
7	0,481658	24837,61	-5641,18	145738,5	103082,4	42656,1
8	0,433926	25061,37	0	170799,9	103082,4	67717,47
9	0,390925	25287,15	-4578,51	196087,1	98503,93	97583,14
10	0,352184	25514,96	0	221602	98503,93	123098,1
11	0,317283	25744,83	-3716,02	247346,9	94787,91	152559

Как известно, со временем работы производительность ламп уменьшается. Согласно [8] продолжительность работы ЛЛ, обеспечивающих минимально требуемую освещенность, составляет 2000 ч., а для светодиодных ИС – 40000 часов [9]. Учтем данный фактор и определим срок окупаемости светодиодных ИС с данной поправкой.

На рисунке 2 представлены графики, иллюстрирующие деградацию светового потока от времени эксплуатации, для ЛЛ и для светодиодных ИС.

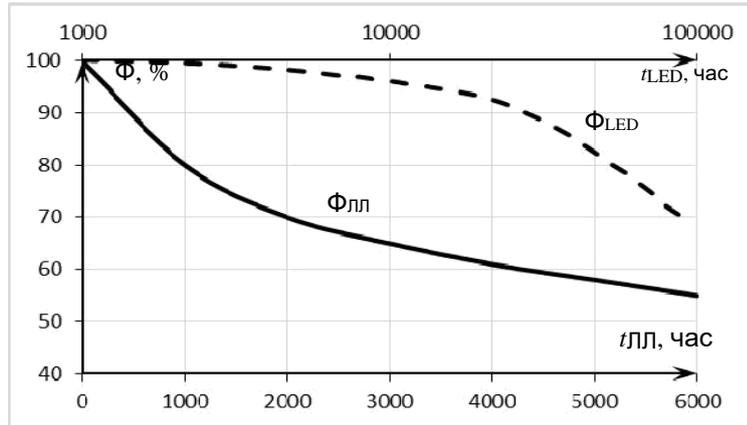


Рисунок 2. Изменение светового потока ЛЛ и светодиодных ИС в течение срока службы, %

В течение жизненного цикла одного комплекта светодиодных ИС люминесцентные лампы придется заменить 20 раз. Замена светодиодных ИС будет осуществляться 1 раз в 5 лет, а замена ЛЛ 5 раз в год. В таблице 3 представлены данные расчета чистого дисконтированного дохода.

Таблица 3. Расчет чистого дисконтированного дохода

T	$d_t$	$Pr^t d_t$	$K_t d_t$	$(Pr^t d_t)'$	$(K_t d_t)'$	ЧДД
1	0,900901	0	71481,08	0	71481,08	-71481,1
2	0,811622	23748,41	-47528,6	23748,41	23952,47	-204,057
3	0,731191	23962,36	-42818,6	47710,78	-18866,1	66576,87
4	0,658731	24178,24	-38575,3	71889,02	-57441,4	129330,4
5	0,593451	24396,06	47086,8	96285,08	-10354,6	106639,7
6	0,534641	24615,85	-31308,6	120900,9	-41663,1	162564,1
7	0,481658	24837,61	-28205,9	145738,5	-69869,1	215607,6
8	0,433926	25061,37	-25410,7	170799,9	-95279,8	266079,7
9	0,390925	25287,15	31017,54	196087,1	-64262,3	260349,3

Как видно из таблицы, положительное значение чистого дисконтированного дохода приходится на третий год эксплуатации осветительной установки, следовательно, срок окупаемости светодиодных источников света с учетом деградации светового потока составляет 2 года.

Значение срока окупаемости с учетом деградации светового потока оказалось меньше, это связано с тем, что световой поток люминесцентных ламп деградирует намного быстрее, а в расчете была учтена данная составляющая.

Таким образом, замена существующей системы освещения на светодиодные источники света является выгодной. Такая замена позволит сократить количество потребляемой электроэнергии и снизить плату за нее с 47 304,8 руб. до 17 139,42 руб., т.е. годовая экономия составит 30 165,38 руб.

### Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента».
2. Тульчинская Я.И. «Методика оценки эффективности замены светильников и ламп на энергосберегающие».
3. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
4. Лекция «Расчет осветительной нагрузки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/g/GARIKI/uchrab/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%9B/Oswet.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78) (с изменениями и дополнениями).
6. Назаренко О.Б. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск : Изд. ТПУ, 2011. – 15 с.

7. Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/macro/prognoz/doc20130325\\_06](http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/macro/prognoz/doc20130325_06), свободный. – Загл. с экрана.
8. Люминесцентные лампы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://artillum.ru/lamps/discharge-lamps/45-fluorescent-lamps.html>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Светодиодные источники света. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.compel.ru/lib/ne/2012/2/11-da-budet-cree-svetodiodyi-cree-dlya-vnutrennego-i-naruzhnogo-osveshheniya/>, свободный. – Загл. с экрана.
10. Климова Г.Н., Кабышев А.В. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 189 с.