

УДК 628.94.03.044.14

Т.Л. Долгопол

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЙ

В структуре энергопотребления административных зданий, в том числе и учебных заведений, доля расхода электроэнергии на освещение достигает 70-80%.

Вместе с тем, имеется реальная возможность практически вдвое снизить расход электроэнергии без ухудшения условий освещения за счет совершенствования средств и способов освещения, реконструкции действующих установок и организации их правильной эксплуатации.

Одним из способов повышения энергоэффективности осветительных установок (ОУ) является использование экономичных источников света (ИС). Экономичность ИС характеризуется их световой отдачей, то есть величиной светового потока, генерируемого лампой с каждого ватта потребляемой мощности (Н, лм/Вт). По существу, световая отдача — это коэффициент полезного действия лампы, выраженный в световых величинах. При равенстве остальных показателей световая отдача является решающим фактором при выборе источника света. Еще одним показателем экономичности ламп является срок службы, определяющий время их окупаемости.

Для освещения общественных помещений традиционно используются трубчатые люминесцентные лампы (ЛЛ), реже лампы накаливания (ЛН). Сегодня на рынке трубчатые ЛЛ представлены, в основном, тремя сериями: Т12 (диаметр трубки 38 мм или 1 1/2 дюйма), Т8 (диаметр 26 мм или 1 дюйм) и Т5 (диаметр трубки 16 мм или 5/8 дюйма).

ЛЛ серии Т12 работают только с электромагнитной пускорегулирующей аппаратурой (ПРА). Лампы серии Т8 могут работать как с электромагнитными ПРА, так и с электронными (ЭПРА).

Лампы серии Т5 работают только с ЭПРА.

Лампы серии Т5 появились на мировом рынке в середине 90-х годов. По принципу работы они не отличаются от обычных линейных ламп. В конструкцию ламп внесено одно очень важное дополнение — люминофор с внутренней стороны покрыт тонкой защитной пленкой, прозрачной и для ультрафиолетового, и для видимого излучения. Пленка защищает люминофор от попадания на него частиц ртути, активирующего покрытия и вольфрама с электродов, благодаря чему исключается «отравление» люминофора и обеспечивается высокая стабильность светового потока в течение всего срока службы. Снижение светового потока ламп через 10000 часов эксплуатации составляет 5% против 46% для ламп серии Т12. Кроме этого, данное конструктивное решение привело к увеличению срока службы этих ламп до 40000 часов и светоотдачи до 104 лм/Вт.

Использование новейшего поколения люминесцентных ламп серии Т5 – это одно из наиболее перспективных направлений развития современной светотехники. За последние годы они активно вытесняют лампы серии Т8, и, тем более, люминесцентные лампы серии Т12, которые уже перестали выпускаться ведущими светотехническими компаниями. Масштабы внедрения ламп серии Т5 настолько велики, что в Великобритании и Германии от общего объема выпуска люминесцентных ламп они составляют около 30%, в Швеции – 70%, а в США – 40%. Новая светотехника при этом создается в этих странах исключительно для ламп серии Т5.

Характеристики люминесцентных ламп и ЛН приведены в табл.1.

Как следует из табл.1 ЛЛ серии Т12 значи-

Таблица 1. Характеристики ЛЛ и ЛН

Характеристика ИС	Люминесцентные лампы				Лампы накаливания
	Линейные			Компактные	
	Т12	Т8	Т5		
Мощность, Вт	15 - 80	14 - 80	14 - 54	3 - 125	15 – 1000
Световая отдача, Н, лм/Вт	25 - 65	25 - 90	До 104	35 - 80	7 - 18
Срок службы, Т, ч	10000	10000 с ПРА 15000 с ЭПРА	20000 - 40000	8000-15000	1000
Цветовая температура, T _{цв} , К	2700 - 6500				2700 - 2900
Индекс цветопередачи, R _a	50 - 90			50 - 90	100
Количество ртути, мг	30			2 - 3	-
Снижение светового потока к концу срока службы, %	46	30	5*	30	15

Примечание. * Указано снижение светового потока через 10 тыс. часов эксплуатации.

тельно уступают по характеристикам лампам Т5. Энергоэффективность этих ламп меньше, чем ламп серии Т8.

К сожалению, отечественные производители все больше отстают от ведущих мировых компаний, продолжая массовое производство устаревших ламп серии Т12, ориентированных на энергетически неэффективный электромагнитный ПРА. В Европе, США и многих других развитых странах производство электромагнитных ПРА запрещено с 2002 года, поэтому они, как правило, экспортируются в страны СНГ и Россию.

Кроме этого, на энергоэффективность люминесцентных ламп влияет цветность их излучения, которая характеризуется цветовой температурой — $T_{цв}$, измеряемой в кельвинах. Для ламп накаливания цветовая температура довольно близка к истинной температуре тела накала: $T_{цв} = 2700 - 2900$ К. Для газоразрядных ламп цветовая температура указывается приблизительно.

Следует отметить, что глаз человека воспринимает свет источников с различной цветовой температурой своеобразно: чем выше $T_{цв}$, тем «холоднее» кажется свет. Так, для люминесцентных ламп понятие «тепло-белый цвет» соответствует $T_{цв} = 2700 - 3000$ К, «нейтрально-белый» — $T_{цв} = 4000 - 4500$ К, «холодно-белый» — $T_{цв} = 5000 - 6500$ К.

Лампы с одинаковой цветностью света могут иметь различные характеристики цветопередачи, что объясняется спектральным составом излучаемого ими света. Способность к цветопередаче отражает коэффициент (индекс) цветопередачи — R_a . Максимальное значение R_a составляет 100 (это значение принимается для солнечного света и для ламп накаливания). В мире принята такая система оценки качества цветопередачи:

- $R_a > 90$ — отличное;
- $90 \geq R_a > 80$ — очень хорошее;
- $80 \geq R_a > 70$ — хорошее;
- $70 \geq R_a > 60$ — удовлетворительное;
- $60 \geq R_a > 40$ — приемлемое;
- $R_a \leq 40$ — плохое.

В маркировке российских ламп не предусмотрено указание индекса цветопередачи. В отличие от этого, в маркировке всех зарубежных ламп с отличной, очень хорошей и хорошей цветопередачей после мощности (через дробь) ставится цифра, характеризующая общий индекс цветопередачи R_a (если $R_a > 90$, то пишется цифра 9, при $80 < R_a < 90$ — цифра 8 и т.д.). Далее в маркировке указывается обозначение величины цветовой температуры. Например, L36W/765 — люминесцентная лампа мощностью 36 Вт с хорошей цветопередачей ($80 \geq R_a > 70$), дневного света ($T_{цв} = 6500$ К).

У ламп с удовлетворительной и приемлемой цветопередачей ($R_a = 50 - 70$) в маркировке ставится двузначное число, обозначающее код цветности, например, LF36W/33-640 — лампа люминесцентная мощностью 36 Вт, ярко-белая, $R_a=60$,

$T_{цв} = 4000$ К

При одинаковой мощности лампы с лучшей цветопередачей имеют меньшую световую отдачу. Например, лампа белого света ЛБ-18 имеет светоотдачу 58,8 лм/Вт, а лампы дневного света такой же мощности (ЛД-18) 48,4 лм/Вт. Поэтому применять лампы с очень высоким значением R_a (>90) целесообразно только там, где это действительно необходимо (например, в цветной полиграфии).

Светоотдача увеличивается также с повышением мощности лампы: ЛБ-36 имеет $H=77,8$ лм/Вт, ЛЕЦ-36 — 59,7 лм/Вт. Следовательно экономичнее использовать одну лампу белого света мощностью 36 Вт, чем две аналогичные по характеристикам лампы мощностью по 18 Вт, т.к. с каждого ватта потребляемой мощности будет создаваться больший почти на 20 люмен световой поток.

Сравнение характеристик ИС различных фирм показало, что люминесцентные лампы зарубежных фирм имеют большую световую отдачу и больший срок службы. ЛЛ серии Т8 на рынке представлены лампами фирмами: General Electric, Osram, Philips, Pila.

Анализ рынка люминесцентных ламп показал, что стоимость лампы определяется в первую очередь её мощностью. Цветность излучения лампы не влияет на ее цену. На стоимость люминесцентной лампы влияют следующие факторы:

- мощность (стоимость ламп 40 - 80 Вт на 30 - 50% выше, чем ламп 5 - 36 Вт);
- торговая марка и индивидуальная упаковка (при использовании торговой марки и индивидуальной упаковки стоимость ламп повышается примерно на 10% и 5%, соответственно, по сравнению со стандартными лампами);
- страна происхождения (стоимость ламп, происходящих из стран Евросоюза и США, выше примерно на 10% по сравнению со стоимостью ламп, происходящих из стран Юго-Восточной Азии).

Для оценки состояния осветительных установок в КузГТУ были произведены замеры уровня освещенности и коэффициента пульсаций в 27 помещениях третьего корпуса: 9 лекционных аудиториях, 13 лабораториях, 2 кафедральных помещениях и одном помещении для аспирантов, 2 компьютерных классах. Замеры производились прибором пульсметр-люксметр «ТКА-ПКМ» в соответствии с ГОСТ 24940-96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности».

В табл.2 приведены данные по результатам обследования ОУ.

Всего для освещения 27 помещений используются 694 лампы, из них 34 лампы накаливания мощностью 60, 75 и 100 Вт (5%), 176 люминесцентных ламп серии Т12 мощностью 20, 40 и 80 Вт (25%) и 484 ЛЛ серии Т8 с электромагнитными ПРА мощностью 18 и 36 Вт различной цветности

Таблица 2. Сведения о лампах, используемых в ОУ третьего корпуса КузГТУ

№ аудитории	Тип ламп и их количество	Цветность излучения ЛЛ	Серия ЛЛ	Число источников света	
				Всего	не горящих
3107	LF36W/33-640, 3шт 5 LF36W/54-765, 5шт	ярко-белая дневного света	T8	8	2
3109	LF36W/33-640, 22 шт LF36W/765, 28 шт	ярко-белая дневного света	T8	50	14
3113	LF36W/33-640, 2 шт LF36W/765, 6 шт ЛД-20, 4 шт ЛБ-20, 4 шт	ярко-белая дневного света дневного света белая	T8 T12	16	1
3114	LF36W/33-640, 6 шт LF36W/765, 6 шт	ярко-белая дневного света	T8	12	2
3208	LF36W/765, 15 шт LF36W/33-640, 11 шт	дневного света ярко-белая	T8	26	4
3216	LF36W/33-640	ярко-белая	T8	18	2
3308	ЛБ-40	белая	T12	18	1
3314	LF36W/33-640	ярко-белая	T8	30	16
3316	ЛБ-80, 12 шт ЛДЦ-80, 12 шт	белая дневная с улучшенной цветопередачей	T12	24	1
3317	TL-D36W/54-765	дневного света	T8	18	1
3400	ЛБ-80, 6 шт ЛД-80, 10 шт	белая дневного света	T12	16	6
3401	ЛБ-40, 9 шт ЛД-40, 7 шт	белая дневного света	T12	16	7
3403	ЛН-75	-	-	20	1
3404	LF18W/765	дневного света	T8	36	-
3406	ЛБ-40, 5 шт ЛД-40, 11 шт	белая дневного света	T12	16	2
3407	ЛН-60	-	-	8	1
3408	LF36W/54-765	дневного света	T8	20	1
3410	ЛН-100	-	-	6	1
3413а	ЛБ-80, 10 шт ЛД-80, 8 шт	белая дневного света	T12	18	4
3414	LF18W/765, 28 шт LF18W/640, 20 шт	дневного света белая	T8	48	-
3416	ЛБ-80, 10 шт ЛДЦ-80, 12 шт	белая дневного света	T12	22	-
3508	ЛБ-80, 9 шт ЛД-80, 7 шт	белая дневного света	T12	16	1
3509	ЛБ-80, 7 шт ЛД-80, 5 шт	белая дневного света	T12	12	4
3509а	ЛБ-80, 8 шт ЛДЦ-80, 12 шт	белая дневного света	T12	20	3
3511	LF36W/54-765	дневного света	T8	42	7
3512	TL-D18W/54-765	дневного света	T8	96	4
3513	TL-D18W/54-765	дневного света	T8	72	-

излучения (70%).

Почти в половине осветительных установок для освещения используются неэкономичные ИС: ЛЛ серии T12 в десяти аудиториях и ЛН в трех помещениях (30% от общего числа ламп).

Из числа ЛЛ используются 210 ламп белого света (32%), 426 ламп дневного света (65%) и 24 лампы дневного света с улучшенной цветопередачей (3%). При отсутствии требований к цветоразличию почти 70% люминесцентных ламп, используемых для освещения помещений, относятся

к лампам дневного света стандартным и с улучшенной цветопередачей, что приводит к уменьшению энергоэффективности ОУ.

В аудиториях, в которых произведена реконструкция осветительных установок, используются ЛЛ серии T8 мощностью 18 Вт в количестве 252 штук, мощностью 36 Вт — 238 шт.

При проведении энергоаудита 86 ламп не горели, что составляет 12 % от общего числа ламп. Только в 9 осветительных установках используются ЛЛ одинаковой цветности излучения, в ос-

тальных аудиториях применяются ИС разной цветности излучения, что приводит к уменьшению уровня освещенности и неравномерности освещения рабочих мест. Очевидно, что в процессе эксплуатации ОУ вышедшие из строя лампы заменяются другими без учета цветности излучения. Эти факты говорят о плохой организации эксплуатации осветительных установок вуза.

Так как в учебных аудиториях норма освещенности одинакова (400 лк), то энергоэффективность ЛЛ разной цветности излучения можно оценить по удельной мощности, Вт/м². По результатам расчета освещения выяснилось, что при использовании ЛЛ серии Т8 мощностью 18 Вт белого света вместо таких же ламп дневного света удельная мощность ОУ уменьшается на 3,55 Вт/м². При условии, что в год в среднем ЛЛ в учебном помещении горит около 1500 часов получается, что годовые затраты на электроэнергию с каждого квадратного метра площади учебной аудитории уменьшатся на 5,32 кВтч. Даже при существующих сегодня тарифах экономия средств на освещение составит почти 10 рублей с одного м² площади учебных аудиторий.

Для ламп мощностью 36 Вт удельная мощность ОУ меньше при использовании ламп белого света на 2,66 Вт/м², что приводит к уменьшению электропотребления с каждого м² площади на 4 кВтч. Из расчетов также следует, что удельные затраты электроэнергии при использовании ЛЛ мощностью 36 Вт почти на 1,5 кВтч меньше, чем при использовании ламп мощностью 18 Вт той же серии и одинаковой цветности излучения.

При использовании ламп серии Т5 вместо серии Т8 с одинаковой цветностью излучения удельная мощность уменьшается на 4,1 Вт/м². Экономия электроэнергии составит 6,15 кВтч/м². Использование для освещения ламп серии Т5 обойдется дороже (с учетом стоимости ЭПРА и светильников), чем ЛЛ серии Т8, но при условии, что срок службы ЛЛ серии Т5 в 2 раза больше, чем серии Т8 — окупаемость этих ламп в процессе эксплуатации несомненна.

Расчеты проводились на примере лекционных аудиторий, максимально загруженных в учебном

процессе, при условии использования ламп в светильниках с одинаковыми светотехническими характеристиками и КПД.

Лампы накаливания, используемые для освещения некоторых помещений вуза, следует заменить на компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) с интегрированным ЭПРА, которые появились на мировом рынке в 80-х годах как прямая альтернатива стандартным лампам накаливания. Тем более, что согласно Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» с 1 января 2011 года к обороту на территории РФ не допускаются ЛН мощностью 100 Вт и более. В 2013 году предполагается полностью отказаться от ЛН мощностью 75 Вт и более, а в 2014 — от ЛН мощностью 25 Вт и более.

Замена традиционных ламп на энергосберегающие по оценкам Минэкономразвития РФ обойдется приблизительно в 100 млрд. рублей до 2014 года, однако в итоге приведет к значительной экономии средств. Аналогичные законодательные акты приняты и в других странах. В Австралии издано постановление о полном переходе на КЛЛ к 2012 году, в США использование ЛН будет полностью прекращено к 2014 году. По данным «Гринпис», если бы все страны мира перешли на использование КЛЛ, то можно было сэкономить столько электроэнергии, сколько за 4 года потребляет вся Австралия.

Таким образом, анализ влияния характеристик ИС на энергоэффективность ОУ, показал, что для экономии электрической энергии на освещение при реконструкции ОУ в учебных аудиториях следует выбирать современные ЛЛ белого света.

Так как в большинстве ОУ не выполняется норма освещенности, то в процессе эксплуатации по мере выхода ламп из строя следует заменять их на лампы белого света. С целью обеспечения нормируемых количественных и качественных параметров освещения до начала реконструкции необходимо производить расчеты освещения, потому что нельзя экономить электроэнергию за счет ухудшения условий освещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга. — Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 1992. — 447 с.
2. Светотехника. Краткое справочное пособие. Световые технологии. Москва, 2007. — 167 с.
3. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».

□ Автор статьи:

Долгопол
Татьяна Леонидовна
— доцент каф. электроснабжения горных
и промышленных предприятий КузГТУ,
тел. 8-913-286-3130
E-mail: tdolgopol@yandex.ru