

Л/р № 23. Сравнение свойств бытовых ламп различных типов.

Цель работы: научиться считывать параметры бытовых ламп с их цоколя (упаковки), сравнить параметры ламп различного типа, выбирать подходящий тип лампы для решения задач освещения (например, для настольной лампы).

Оборудование: лампа накаливания, люминесцентная лампа, светодиодная (LED) лампа примерно одинаковой мощности на напряжение 220 В, настольная лампа с подходящим для этих ламп патроном.

1. Типы ламп для освещения бытовых помещений.

Лампы накаливания (ЛН) - наиболее привычные нам бытовые лампочки; излучают свет, благодаря нагреванию ее вольфрамовой спирали (нити накала) при пропускании через нее электрического тока по закону Джоуля-Ленца ($Q = I^2 R t$).

Разновидности ламп накаливания:

Вакуумные - самые обычные лампочки, где вакуум не дает сгорать нити накаливания в кислороде воздуха при высокой температуре (≈ 3300 К);

Аргоновые (азот-аргоновые) - заполнение вакуума инертным газом увеличивает срок службы лампочки за счет уменьшения испарения вольфрама под давлением газа;

Криптоновые (+10 % яркости от аргоновых) - с увеличенной яркостью за счет возможности повышения температуры нити накаливания;

Ксеноновые (в 2 раза ярче аргоновых);

Галогенные (состав I или Br, в 2,5 раза ярче аргоновых, высокий срок службы) - галогены увеличивают прочность вольфрамовой нити;

Галогенные с двумя колбами (улучшенный галогенный цикл за счёт лучшего нагрева внутренней колбы);

Ксенон-галогенные (состав Xe + I или Br, до 3х раз ярче аргоновых);

Ксенон-галогенные с отражателем ИК-излучения;

Накаливания с покрытием, преобразующим ИК-излучение в видимый диапазон.



Срок службы ЛН составляет всего 1000 часов, а их КПД чудовищно мал (3 ... 10%), основную долю потребляемой энергии расходуют впустую, превращая ее в невидимое для глаз человека инфракрасное (тепловое) излучение. Поэтому ЛН сильно нагреваются в процессе работы и часто служат причиной пожара. На сегодня стоимость одной такой лампы от 15 до 50 руб.



Энергосберегающие лампы (ЭСЛ) работают по тому же принципу, что и обычные люминесцентные лампы, с тем же принципом преобразования электрической энергии в световую. Зачастую термин «энергосберегающая лампа» обычно применяют к компактной люминесцентной лампе, которую можно поставить на место обычной лампы накаливания без всяких переделок. ЭСЛ имеет достаточно высокий срок службы (в зависимости от типа и производителя) - 10000 часов, и она в пять раз экономичнее лампы накаливания. Стоимость такой лампы примерно 100 - 150 руб.

Светодиодные лампы (LED - light-emitting diode) - используют в качестве источников излучения белые светодиоды, где при пропускании электрического тока через р-п переход в прямом направлении, носители заряда — электроны и дырки — рекомбинируют с излучением фотонов (из-за перехода электронов с одного энергетического уровня на другой). LED обладают большим сроком службы (более 25000 часов) и высоким КПД. Многие удивятся, узнав, что истинные показатели надежности и срока службы светодиодных систем освещения так велики, что в настоящее время точно неизвестны. Недостатком же этих ламп является относительно высокая стоимость (что компенсируется большим сроком их службы), а также нетерпимостью к скачкам напряжения сети. Стоимость такой лампы от 150 до 1500 руб в зависимости от мощности.



2. Теория вопроса.

Световой поток (Φ)- мощность светового излучения, т. е. видимого излучения, оцениваемого по световому ощущению, которое оно производит на глаз человека. $\Phi = I\omega$. Световой поток измеряется в люменах лм (lm). Например, лампа накаливания (100 Вт) излучает световой поток, равный 1350 лм, а люминесцентная лампа ЛБ40 - 3200 лм.

Один люмен равен световому потоку, испускаемому точечным изотропным источником, с силой света равной одной канделе, в телесный угол, величиной в одинстерадиан (1 лм = 1 кд·ср). Полный световой поток, создаваемый изотропным источником, с силой света одна кандела, равен 4π люменам.

Существует и другое определение: единицей светового потока является люмен, равный потоку, излучаемому абсолютно черным телом с площади 0,5305 мм² при температуре затвердевания платины (1773° C), или 1 свеча·1стерадиан.

Сила света (I)- пространственная плотность светового потока, равная отношению светового потока к величине телесного угла, в котором равномерно распределено излучение. Единицей силы света является кандела кд (cd).

Освещенность (E) - поверхностная плотность светового потока, **падающего** на поверхность, равная отношению светового потока к величине освещаемой поверхности, по которой он равномерно распределен. $E = \Phi_{пад}/S$. Единицей освещенности является люкс (лк), равный освещенности, создаваемой световым потоком в 1 лм, равномерно распределенным на площади в 1 м², т. е. равный 1 лм/1 м².

Яркость (L) - поверхностная плотность силы света в заданном направлении, равная отношению силы света к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную тому же направлению. $L = I/S$. Единица яркости - кандела на квадратный метр (кд/м²). Часто в астрономии за единицу яркости принимают 1 нит (1 нт=10кд/м²). Яркость – это фотометрическая величина, характеризующая излучательную способность протяжённых тел в данном направлении.

Светимость (R) - поверхностная плотность светового потока, **испускаемого** поверхностью, равная отношению светового потока к площади светящейся поверхности.

Единицей светимости является 1 лм/м². $R = \Phi_{изл}/S$.

Потребляемый ток от сети (I) - сила тока, протекающего через лампу в процессе ее работы. Измеряется в амперах А или мА (mA).

Номинальное напряжение (U) - напряжение, при котором лампа работает нормально. Измеряется в вольтах В (V). Превышение напряжения недопустимо, как правило, приводит к выходу лампы из строя.

Потребляемая мощность лампы (P)- произведение силы тока, текущего через лампу на напряжение на ее электродах. Измеряется в ваттах Вт (W).

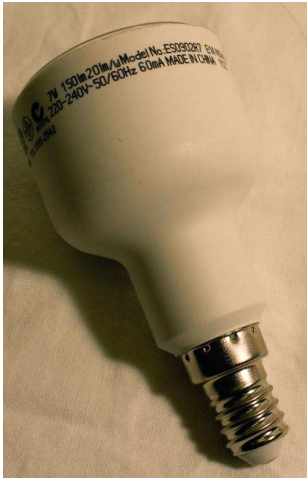
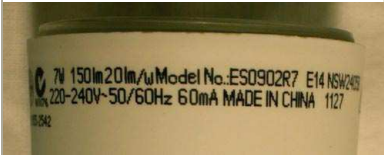
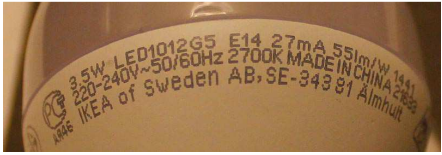
Эквивалентная мощность ($P_{экв}$) - для ламп ЭСЛ и LED мощность лампы накаливания, дающей такой же (эквивалентный) световой поток, что и данная лампа ЭСЛ или LED. Измеряется в ваттах Вт (W). Показывает, какую ЛН может заменить собой эта ЭСЛ или LED без потери светового потока.

Цветовая температура (T)- температура абсолютно чёрного тела, при которой оно испускает излучение того же цветового тона, что и рассматриваемое излучение. Измеряется в кельвинах К. Характеризует относительный вклад излучения данного цвета в излучение источника, видимый цвет источника, иначе цветовой оттенок света лампы. Чем ниже это число, тем теплее оттенок света (ближе к желтому); чем выше, тем холоднее (ближе к голубому).

Средний (гарантированный) срок службы лампы - это время, через которое половина ламп прекращает излучать свет. Измеряется в часах час (h).

Частота переменного тока (ν) - число колебаний напряжения в сети. Измеряется в герцах Гц (Hz). На цоколе (или упаковке) современной лампы мы можем найти большинство из этих параметров

(см. рис.). В процессе работы вам следует сравнить характеристики ламп различного типа друг с другом и выбрать тип лампы, который наиболее соответствует указанным задачам.

Лампа накаливания (ЛН)	Энергосберегающая лампа (ЭСЛ)	Светодиодная лампа (LED)
		
		
Цена: 49 руб.	Цена: 100 руб.	Цена: 150 руб.

Ход работы.

Внимательно рассмотрите надписи на цоколе предложенных вам ламп и на их упаковке. Запишите в таблицу своего отчета те характеристики ламп, которые вы сумеете обнаружить.

Тип лампы	Напряжение, В (V)	Сила тока, мА (mA)	Мощность лампы, Вт (W)	Эквивалентная мощность, Вт (W)	Световой поток, лм (lm)	Срок службы, час (h)	Цветовая температура, К	Частота переменного тока, Гц (Hz)	Цена за шт., руб.
Лампа накаливания (ЛН)									
Энергосберегающая лампа (ЭСЛ)									
Светодиодная лампа (LED)									

Если под рукой не найдется ламп, удовлетворяющих исследованию в данной л/р, можно воспользоваться данными с фотографий ламп, данных в этом описании (см. таблицу в разд. "Теория вопроса").

- Используя данные таблицы, выберите самый дешевый вариант лампы для настольного освещения по цене за штуку. Запишите ваш выбор в **выводе 1**.
- Сравните световые потоки этих ламп друг с другом (или эквивалентные мощности). Можно использовать данные о световых потоках ламп (мощностей) из таблицы. А можно сравнить их визуально, на глаз. Для этого используйте настольную лампу с различными типами ламп. Но перед тем, как это сделать внимательно прочитайте замечания **по технике безопасности** и неукоснительно следуйте им.



При смене лампочек следуйте обязательным и в школе, и в быту правилам безопасности:

- перед заменой лампы убедитесь, что лампа отключена от сети;
- во избежание травм от стекла вышедшей из строя лампы выкручивайте ее с помощью сухой тряпочки, сложенной в несколько слоев; застрявшую в патроне или разбитую лампочку лучше оставить специалисту;

- во избежание ожога от только что выключенной лампы (особенно лампы накаливания) следует выкручивать ее, дав возможность остыть несколько минут;
 - по возможности энергосберегающую лампу вкручивать и выкручивать, держа ее за пластиковый цоколь, а не за стекло светящейся трубки;
 - при **первом** включении лампы берегите глаза от возможного разрыва колбы, прикрыв глаза рукой, что по привычке делают все бывалые электромонтеры.
- Итак, убедитесь, что лампа выключена. Вкрутите лампу накаливания в патрон настольной лампы, включите свет и запомните, сколько света дает эта лампочка. Затем, соблюдая правила безопасности, сделайте то же самое для ламп ЭСЛ и LED. Убедитесь, что все три лампы создают примерно одно и то же освещение. Запишите итог сравнения в **выводе 2**. Добавьте к этому сравнение ламп по потребляемой мощности. Запишите, какую лампу выгоднее использовать для настольного освещения по потребляемой мощности при примерно одинаковом световом потоке. 3. Вычислите световую отдачу для каждого типа ламп (эффективность каждого ватта мощности, что, в некотором смысле, эквивалентно КПД лампы). Для этого можно разделить световой поток лампы на ее мощность: $Z = \Phi/P$, $[Z] = \text{лм/Вт}$. Какая лампа дает больше света на каждый ватт расходуемой мощности от сети. Запишите результаты в **выводе 3**.
4. Обратите внимание на срок службы этих ламп. Подсчитайте, сколько месяцев или лет сможет проработать каждый тип лампы при использовании ее в течение 8 часов в сутки. Сравните, какой тип ламп будет служить дольше других. Какую из ламп вы выберете для настольного освещения по параметру долговечности. Запишите результаты в **выводе 4**.
5. Сколько ламп накаливания придется использовать, чтобы заменить ими одну энергосберегающую лампу в течение всего срока службы энергосберегающей? Сколько ламп накаливания придется использовать, чтобы заменить ими одну LED лампу в течение всего срока службы LED? Запишите результаты в **выводе 5**.
6. Сделайте вывод, какие лампы выгоднее использовать в быту, обобщив ваши выводы № 1 - 5. Запишите **итоговый вывод**.

Контрольные вопросы:

Подсчитайте, что обходится дешевле, использовать ЛН (25 Вт), ЭСЛ (7 Вт) или LED (3,6 Вт), создающие примерно одинаковый световой поток (200 лм)? Не забудьте учесть не только срок службы ламп, но и то, что ЭСЛ и LED потребляют меньше электроэнергии, чем ЛН*. Расчет удобно произвести за 25000 часов (срок службы LED). Действительно ли эксплуатация самой дешевой лампочки приносит выгоду, а не убыток?

*) Стоимость электроэнергии в Санкт-Петербурге 3,85 руб/кВт·час.