

12 Лепихин А. М. Надежность, живучесть и безопасность сложных технических систем [Текст] / А. М. Лепихин, В.В. Москвичев, С. В. Доронин // Вычислительные технологии. 2009. № 6 (14). с. 58-70. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-zhivuchest-i-bezopasnost-slozhnyh-tehnicheskikh-sistem>

13 Гаенко В.П. Безопасность технических систем: методологические аспекты теории, методы анализа и управления безопасностью. С-Пб.: СВЕН, 2014 г. – 366 с.

14 European Agency for Safety and Health at Work. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://osha.europa.eu/>

15 Centre for research on the epidemiology of disasters [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.cred.be/>

© А. П. Бочковський

Надійшла до редакції 14 квітня 2017 р.

Рекомендував до друку

докт. техн. наук Я. М. Семчук

УДК 621.321

Т. С. Гуда

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ І ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП

Показана актуальність проблеми використання різних видів ламп та проблема їх подальшої утилізації в Україні. Проведений порівняльний аналіз переваг та недоліків їх експлуатаційних характеристик. На прикладі одного з корпусів університету показана енерго-економічна ефективність використання LED-ламп.

Ключові слова: освітлення, енергоефективність, лампи розжарювання, світлодіодні лампи, люмінесцентні лампи, електроенергія, утилізація

Показанная актуальность проблемы использования разных видов ламп и проблема их дальнейшей утилизации в Украине. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков их эксплуатационных характеристик. На примере одного из корпусов университета показана энерго-экономическая эффективность использования LED-ламп.

Ключевые слова: освещение, энергоэффективность, лампы накаливания, светодиодные лампы, люминесцентные лампы, электроэнергия, утилизация

The actuality problem of the use of different type's lamps and the problem of their further use in Ukraine are described. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of their operational characteristics is carried out. The economic efficiency of LED-lamps use is shown by the example of one of the University buildings.

Keywords: illumination, power efficiency, glow lamps, light-emitting-diode lamps, fluorescent lamps, electric power, utilization

Актуальність проблеми. Останнім часом у сфері освітлення приміщень все більш актуальним стає використання світлодіодних ламп. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що вони поступово витісняють люмінесцентні і звичайні лампи розжарювання. Така ситуація пов'язана з тим, що світлодіодні лампи мають у 2 рази більший термін експлуатації та використовують електроенергію в значно менших кількостях. Тому проблема економії електроенергії за рахунок переходу на сучасні технології освітлення є важливим питанням сьогодення. Її вирішення передбачає заміну звичайних ламп розжарювання і люмінесцентних на LED-лампи, оскільки набагато вигідніше зменшувати споживання електроенергії на освітлення приміщень будівель.

Метою статті є визначення переваг і недоліків люмінесцентних та світлодіодних ламп, а також висвітлення питання енергозбереження на прикладі альтернативної заміни люмінесцентних ламп на LED-лампи в одному з корпусів Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день існують різні джерела освітлення, які класифікуються за типом цоколя та способу перетворення енергії в оптичне випромінювання [4]: лампи розжарювання, галогенні лампи розжарювання, розрядні лампи (люмінесцентні лампи, компактні люмінесцентні лампи, ртутні лампи високого тиску, металогалогенні лампи, натрієві лампи високого тиску, світлодіодні). Найбільш поширеними на сьогодні все ще залишаються лампи розжарювання, яких на даний час існує понад 1600 типів [4].

Лампа розжарювання складається зі скляної колби, у середині якої знаходиться нитка розжарювання і розряджене повітря або суміш аргону (криптон, ксенон) з азотом [1, 4]. Азот служить електричним ізолятором, а аргон (криптон і ксенон) – теплоізолятором. Але криптон і ксенон найбільш ефективні за аргон [4].

У галогенній лампі у скляній колбі знаходиться спіраль з тугоплавкого вольфраму, а сама колба заповнена інертним газом галогенів бромом чи йодом [1, 4]. Газ взаємодіє з випарами вольфраму у результаті утворюється галогенід вольфраму, який осідає на поверхні колби. Атоми вольфраму вивільняються на спіралі і повертаються на тіло розжарення. Галогенні лампи є надзвичайно компактними, дозволяють зменшувати витрати енергії і характеризуються більш тривалим терміном дії.

В останні десятиріччя лампи розжарювання почали витіснятися газорозрядними лампами низького та високого тиску. Вони використовують як газ аргон, пари металів (ртуть, натрій) або їх суміш [4]. Проте більшість з них працює у парах ртуті. Найбільш поширеними з них є люмінесцентні лампи, у яких світловий потік визначається в основному світінням люмінофора під впливом ультрафіолетового випромінювання, яке випромінюється під впливом електричного струму [1, 3]. Цей тип ламп широко застосовуються для загального освітлення, оскільки світлова віддача і термін служби в кілька разів більший, ніж у ламп розжарювання.

Люмінесцентні ртутні лампи високого тиску мають менші габаритні розміри, а температура навколишнього середовища не впливає на їх характеристики [4]. Їх використовують для зовнішнього освітлення, освітлення високих приміщень, де не вимагається якість передачі кольору. Спектр ртутної лампи високого тиску наближається до спектра денного світла [4]. Зважаючи на актуальну проблему утилізації люмінесцентних ламп варто детальніше наголосити на переваги та недоліки цього виду освітлення в порівнянні з світлодіодними.

Принцип дії металогалогенних лампах ґрунтується на електролюмінесценції. В них крім ртуті й аргону, використовують сполуки з I, Br, Cl [4], тому що галогеніди багатьох металів випаровуються легше, ніж самі метали, і не руйнують кварцове скло.

Одними з найефективніших джерел світла є натрієві лампи високого тиску [4]. Як правило вони застосовуються для освітлення парків, торгових центрів, доріг, де не важливий колір освітлення.

Світлодіодні лампи або LED-лампи належать до екологічно безпечних через відсутність в них ртуті. У патроні лампи знаходиться електронна регулююча апаратура, завдяки якій відбувається запалювання лампи та підтримання її випромінювання з високими частотами мерехтіння [1].

Аналіз літературних джерел [1-4] дозволив узагальнити дані про світловіддачу та термін експлуатації різних джерел світла (табл. 1).

Виклад основного матеріалу. Енергозберігаюча лампа починає витісняти люмінесцентні лампи та лампи розжарювання. Це пов'язано з тим, що випромінювання світла енергозберігаючої лампи при однаковій потужності більша, ніж у лампи розжарювання та люмінесцентної, а термін їх експлуатації на багато довший (див. табл. 1).

Тому, на сьогодні, застарілими технологіями в напрямку освітлення є лампи розжарювання. Через високе енергоспоживання ці лампи недоцільно використовувати у побуті, оскільки 95% енергії витрачається на нагрів лампи і тільки 5% на подачу світла [4]. Короткий термін служби є також вагомим аргументом, оскільки лампа розжарювання в середньому експлуатується до 1000 годин, коли люмінесцентна або світлодіодна лампа працює в 10 або 100 раз довше відповідно (див. табл. 1). Таким чином, експлуатаційна заміна ламп розжарювання на люмінесцентні дозволяє зменшити витрати в 5 разів, а заміна на світлодіодні – в 10 разів.

Таблиця 1

Загальна характеристика джерел світла [1, 4]

Характеристика	Тип лампи						
	розжарювання	галогенна	люмінесцентна	ртутна високого тиску	металогалогенна	нагріва високого тиску	світлодіодна
Світлова віддача, Лм/Вт	10 – 22	30	50–80	40–60	70-80	до 160	до 100
Термін служби, годин	не перевищує 1000	8000-12000	до 10000-15000	6000 – 15000	6000 – 15000	25000	100000

Для звичайних ламп розжарювання при збільшенні напруги живлення на 2 %, потужність лампи зростає на 3 %, світловий потік – на 7 %, а світлова віддача всього – на 4 %, при цьому термін служби знижується на 25 % [4]. Порівнюючи люмінесцентні та світлодіодні лампи за показником економії при енергоспоживанні найвигіднішими є світлодіодні, оскільки світлодіодні споживають у 2-2,5 рази менше енергії, ніж люмінесцентні. За терміном служби люмінесцентна лампа у 10 раз менше експлуатується ніж світлодіодна [5].

Не менш важливою характеристикою є показник міцності. Світлодіодна лампа є більш безпечна, оскільки вона складається з алюмінієвого корпусу, а не зі скла. Також світлодіодні лампи є стійкими до механічних впливів, що пояснюється відсутністю ниток розжарювання і скляних елементів. У свою чергу світлодіод у лампі є електро – та пожегобезпечним, через те що він є низьковольтним і малонагрівальним приладом.

Оскільки світлодіоди працюють від постійного струму, на відміну від люмінесцентних, які працюють від змінного, у них відсутнє мерехтіння [2]. LED-лампи при моментальному включенні дають 100% світлового потоку, коли в люмінесцентних спостерігається «ефект розігріву» – при увімкненні лампи вона поступово набирає яскравості [2, 4, 6]. Спектр випромінювання світлодіодних ламп більш наближений до натурального, ніж спектр ламп розжарювання [4]. У люмінесцентних лампах ультрафіолетове випромінювання шкідливо впливає на очі людини, в той час коли у світлодіодних воно відсутнє [3].

Якщо розглядати показник світловіддачі, то у світлодіодних та люмінесцентних ламп він практично однаковий і у 5 разів вищий, ніж у звичайної лампи розжарювання [1]. Таким чином, звичайні лампи розжарювання значно поступаються у своїх експлуатаційних характеристиках, ніж люмінесцентні та світлодіодні лампи (табл. 2).

Визначення переваг та недоліків заміни люмінесцентних ламп в корпусі №5 Івано-Франківського національного технічного університету на світлодіодні (LED). Корпус складається з 5 поверхів і підвального приміщення, яке підлаштоване під навчальні аудиторії. В середньому на кожному поверсі знаходиться по 25 приміщень, з яких 12

складають навчальні аудиторії, загальний коридор, також враховуються сходові марші будівлі, де розташовані світильники. Загальна кількість світильників у корпусі становить приблизно 480 штук, більшість з яких вміщує в собі 2 лампи. Загальна кількість люмінесцентних ламп в корпусі становить 960 штук, потужність кожної – 20 Вт.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика люмінесцентних і світлодіодних ламп

Тип ламп	Переваги	Недоліки
Люмінесцентна	<ul style="list-style-type: none"> - термін служби до 10000 годин; - різна гамма кольорів світлового потоку; - високий рівень освітленості на робочих поверхнях; - раціональне використання при освітленні складських приміщень; - форма та розміри дозволяють зменшити витрати на пакувальні матеріали; - спектральні характеристики ламп дозволяють забезпечити більш правильну передачу кольору 	<ul style="list-style-type: none"> - високий відсоток наявності парів ртуті; - чутливість до температури навколишнього середовища; - громіздкість лампи; - висока ймовірність не запалення лампи при зниженні напруги більше ніж на 10%; - властива пульсація (мерехтіння) світлового потоку, що вимагає застосування спеціальних схем включення; - довгий розігрів до максимального рівня освітлення - максимальна робоча температура не перевищує понад 100°C
Світлодіодна	<ul style="list-style-type: none"> - термін служби – 100000 годин - відсутнє розсіювання світла; - стійка до ударів, вібрацій; - не чутливі до температури навколишнього середовища; - вологостійкість; - відсутність парів ртуті; - відсутність ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання; - великий асортимент вибору відтінків кольорів світла; - має направлене світло, кут розсіювання становить до 170°; - максимальна робоча температура не перевищує 50°C 	<ul style="list-style-type: none"> - використання великої кількості ламп для створення необхідного рівня освітлення; - необхідність наявності спеціальних світильників; - висока ціна

Навчальний процес в університеті складається з періоду аудиторного навчання, практики і канікул. При розрахунках витрат електроенергії необхідно враховувати проведення пар для очної та заочної форм навчання, а також світовий час у весняно-осінній та зимовий періоди. На весняно-осінній період припадає приблизно 139 робочих днів, на зимовий – 42. Для заочної форми навчання цей показник становить приблизно 60 днів у весняно-осінній період та приблизно 20 днів у зимовий період. Час роботи лампи у весняно-осінній період становить в середньому 4 години, а у зимовий період – 7 годин. Також необхідно враховувати, що при проведенні пар для заочної форм навчання використовується приблизно 1/3 аудиторій і заняття проводяться у вихідні дні. Енерговитрати (P) на освітлення приміщень розраховуються за формулою [6]:

$$P = p \times t \times n, \tag{1}$$

де p – потужність лампи (кВт-год), t – час роботи 1 лампи (год), n – кількість ламп.

Результати розрахунків наведені у табл. 3. Як видно, при застосуванні люмінесцентних ламп (ЛЛ) за весняно-осінній період буде спожито 5800,8 кВт-год за період, а у зимовий період – 11299,2, в той час коли при застосуванні світлодіодних ламп (СД) буде споживатись, відповідно, 3480,5 і 6779,5 кВт-год за період. За рік енерговитрати будуть становити при освітленні люмінесцентними лампами 17100 кВт-год за рік, а

світлодіодними – 10260 кВт-год за рік. Таким чином, економія енерговитрат при заміні люмінесцентних ламп на світлодіодні становитиме 6840 кВт-год за рік. Аналізуючи енерговитрати люмінесцентних ламп і світлодіодних за різні періоди, можна стверджувати, що світлодіодні споживають майже у 2 рази менше електроенергії.

Таблиця 3

Порівняння енерговитрат використання люмінесцентних і світлодіодних ламп в залежності від періоду року на прикладі одного з корпусів ІФНТУНГ

Характеристика	Весняно-осінній період				Зимовий період			
	Очна		Заочна		Очна		Заочна	
	ЛЛ (20Вт)	СД (12Вт)	ЛЛ (20Вт)	СД (12Вт)	ЛЛ (20Вт)	СД (12Вт)	ЛЛ (20Вт)	СД (12Вт)
Кількість робочих днів/годин	42 / 294		20 / 60		139 / 556		60 / 240	
Кількість ламп	960		130		960		130	
Споживання електроенергії в корпусі, кВт-год за період	5644,8	3386,9	156,0	93,6	10675,2	6405,1	624,0	374,4
Різниця енерговитрат (кВт-год за період)	2257,9		62,4		4270,1		249,6	
Загальна різниця енерговитрат (кВт-год за період)	2320,3				4519,7			
Економія грн/рік при щомісячному споживанні за тарифами на 1.03.2017 р.	3898,1				7593,1			
Загальна річна економія, грн.	11491,2							

Одночасно з вирішенням проблеми енергоефективності вирішується проблема зменшення забруднення навколишнього середовища. Впровадження політики енергоефективного освітлення та широкого використання люмінесцентних ламп в Україні як предмету енергозбереження не враховує факт, що такий вид ламп містить ртуть. На території України постає серйозна проблема утилізації та переробки люмінесцентних ламп у результаті відсутності необхідної кількості пунктів їх збору. Утилізація люмінесцентних ламп є необхідною. Оскільки відпрацьовані лампи, які безконтрольно викидаються, належать до небезпечних побутових відходів, через наявність парів ртуті. Також невелика кількість виробників зазначає на упаковці люмінесцентних ламп про необхідність вжити заходи з демеркуризації, в разі розбиття скляної колби, та про передання відпрацьованих ламп спеціальним установам на утилізацію [1, 2]. За невиконання вимог щодо поводження з відходами на фізичних осіб накладається штраф у розмірі від 340 до 1360 грн., на посадових осіб та громадян – суб'єктів підприємницької діяльності – від 850 до 1700 грн.

На території міста Івано-Франківська розташовано два спеціалізовані пункти збору люмінесцентних ламп для подальшої утилізації – філія «Добробут ЕкоУкраїна», що знаходиться на вул. Максимовича, 11 та магазин «Хаски-Спорт», який розташований на вулиці Васильянок, 68.

Висновки з даного дослідження та перспективи. Світлодіодні лампи – це спосіб зменшення негативного впливу на довкілля. Вони є більш екологічним джерелом освітлення приміщень, оскільки не містять ультрафіолетового випромінювання, яке при тривалому опроміненні сприяє розвитку меланому, викликає опіки сітківки ока та прискорює процес старіння шкіри. У своєму складі люмінесцентні лампи містять ртуть, яку категорично не можна викидати при пошкодженні з побутовими відходами, на відміну від світлодіодних. Замінивши люмінесцентні лампи, на менш шкідливі та економічні LED-лампи, можна суттєво скоротити електроспоживання в 2 рази.

Проблема утилізації ртуті з люмінесцентних ламп стоїть досить гостра через необізнаність людей про пункти збору лампочок, або взагалі відсутність їх. Тому, через це багато ламп викидається разом з побутовим сміттям, вивозиться на сміттєві полігони, де вже ртуть просочується в ґрунт і підземні води, що в майбутньому може негативно вплинути на стан здоров'я місцевого населення та довкілля в цілому. Розвиток сфери утилізації люмінесцентних ламп та відкритий доступ до інформації про пункти прийому ламп дозволить зменшити забруднення навколишнього середовища.

Література

- 1 Барінова І. А. Сравнительное исследование бытовых осветительных установок: Автореф. дис... канд. техн. наук. – Саранск, 2006. – 22 с.
- 2 Безпека праці та промислова санітарія: курс охорони праці для студентів інженерно-економічного напрямку підготовки / [К. Н. Ткачук, О. Л. Гуменюк, Бивойно Т. П., Денисова Н. М. та інші]; За редакцією К. Н. Ткачука і О. Л. Гуменюк – Чернігів: ЧДТУ, 2010. – С. 770.
- 3 Зелений пакет. «Енергетика. Енергозберігаюча лампочка» : Посібник для вчителя. – Організації з безпеки та співробітництва в Європі, 2010 р. – 255 с.
- 4 Електроосвітлення : конспект лекцій / укладач М. В. Петровський. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 227 с.
- 5 Фонтонном М. Р. Оценка экономичности различных систем искусственного и естественного освещения // Светотехника, 2008. – №1. – С. 14-23.
- 6 Як зекономити електроенергію на заміні лампочок. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/-osvtlennja-perevagi-nedolki-jenergoosshadnih-lamp-45420>.

© Т. С. Гуда

*Надійшла до редакції 15 травня 2017 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*