

БІБЛІОГРАФІЯ. НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

УДК 644.3

**СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ
ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП**

*Розвадовський О. О., студент; Тимофєєва Ю. Ф., асистент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Вступ

З кожним днем все більш актуальною стає проблема економії електроенергії, ціна на яку невідмінно зростає. Певна частина виробленої електроенергії витрачається на освітлення. Масову популярність здобули лампи розжарювання, завдяки простоті конструкції та невисокій вартості. При цьому вони мають значний недолік — дуже низький коефіцієнт корисної дії. Розробка альтернативних методів освітлення триває вже давно, і однією з таких розробок є люмінесцентні лампи (ЛЛ), які за останні десятиліття еволюціонували та позбулися деяких недоліків, що не дозволяли вийти на масовий ринок. В цій роботі розглянуто особливості конструкції ЛЛ різних типів, їх переваги та недоліки. А також економічна ситуація на ринку люмінесцентних ламп.

Особливості конструкцій ЛЛ, класифікація

Люмінесцентна лампа — газорозрядне джерело світла, в якому ультрафіолетове випромінювання, що створюється при газовому розряді перетворюється люмінофором у видиме світло. Конструктивно представляє собою скляну трубку з нанесеним на внутрішню стінку шаром люмінофора. На кінцях трубки встановлюють спіральні електроди, на які нанесена оксидна суспензія для покращення емісійних властивостей [1]. В середині лампи знаходяться пари ртуті та інертного газу. Під дією електричної напруги, що прикладена до електродів, у лампі виникає газовий розряд, при цьому струм, що проходить через пари ртуті викликає ультрафіолетове випромінювання [2]. При проходженні ультрафіолетового світла через люмінофорне покриття відбувається світіння у видимому діапазоні. Змінюючи склад люмінофора можливо виготовити ЛЛ з різними параметрами кольоропередачі [3]. Основними параметрами, що характеризують ЛЛ є: R_a — індекс кольоропередачі (характеризує істинність кольорів під випромінюванням лампи, має значення від 1 до 100, індекс кольоропередачі більше 80 є добрим показником, більше 90 — відмінним [4]); ККД — коефіцієнт корисної дії; термін служби; Φ — світловий потік (кількісно характеризує випро-

мінювання джерела світла), колірна температура (характеризує спектральний склад випромінювання джерела світла [5], рис.1).

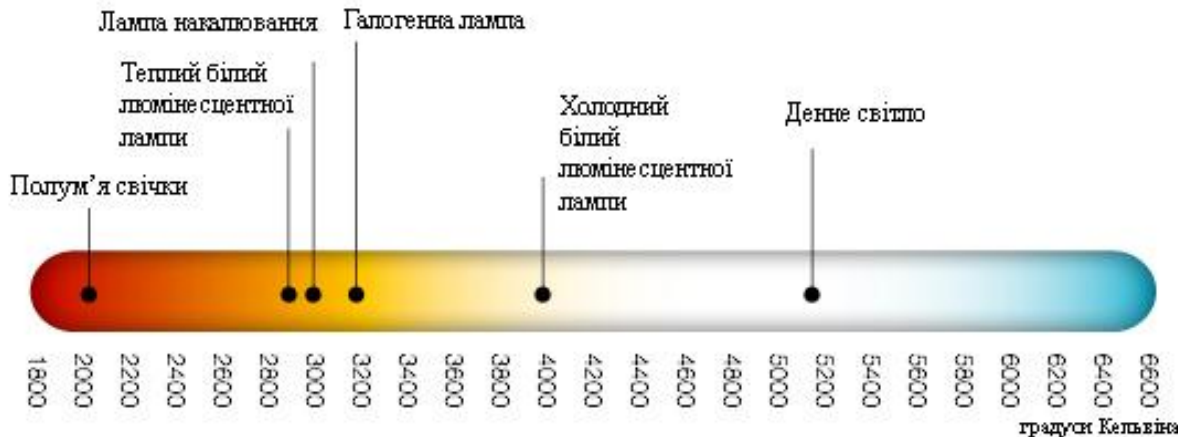


Рис. 1. Шкала колірної температури

Стандартні ЛЛ використовують ширококутовий люмінофор — галофосфаткальція і магнія, активований стибієм (Sb) і марганцем. Їх основний недолік — низький рівень кольоропередачі $R_a = 50..70$, що призводить до спотворення освітлюваних предметів. Серед переваг слід відзначити доступність і доволі низьку ціну (у 2-4 рази дешевше ЛЛ з високою кольоропередачею), високий коефіцієнт корисної дії ККД=20..25% (у ламп накаливання ККД 5..7%), тривалий строк служби – до 15 000 годин (у ламп накаливання до 1 000 годин). Недоліками є складність конструкції(використання пускорегулюючих пристроїв), вузький робочий температурний діапазон (оптимальна робоча температура 20°C), обмежена кількість циклів включення, використання небезпечних речовин (ртуть), проблеми утилізації [6]. Лампи цього типу використовуються у місцях, де не потрібне точне визначення відтінків предмету (склади, підвали, вуличне освітлення), до того ж висока інтенсивність циклів запалення ЛЛ призводить до значного скорочення строку служби.

В ЛЛ з покращеними характеристиками використовується рідкоземельний люмінофор, який має вузькосмугові спектри з максимальним випромінюванням в областях максимальної чутливості ока людини (450, 540 та 610 нм). Стандартні ЛЛ випромінюють здебільшого жовте і сине світло, в той час червоного і зеленого випромінюється набагато менше. Така суміш кольорів здається оку білим, однак при відображенні від предметів світло може містити неповний спектр, що сприймається як перекручування кольору. Використання смугового люмінофору дозволяє вирішити цю проблему. Застосування високоефективних 3-х, або 5-ти смугових люмінофорів дозволяє значно підвищити рівень кольоропередачі до $R_a = 85..95$ [6]. При цьому 3-х смугові лампи мають на 30% більший світловий потік ніж

стандартні ЛЛ, а 5-ти лінійні на 9% менше стандартних(це плата за високу кольоропередачу).

Крім зазначених переваг ЛЛ з покращеними характеристиками є широкий діапазон кольорів, малий спад світлового потоку під час використання (спад 5% через 15 000 годин використання), збільшений до 15 000 годин строк служби в ідеальних умовах. Недоліком є висока ціна, подекуди у 2-3 рази вища ніж у стандартних ЛЛ. Дані лампи використовують на об'єктах зі спеціальними вимогами до освітлення (лабораторії, музеї, фотомайстерні).

Для цих ламп здебільшого застосовували електромагнітний пускорегулювальний пристрій, що забезпечує режим запалення і нормальної роботи ЛЛ (призначений для стабілізації струму при розряді у ЛЛ). Найбільш поширеною є стартерна схема включення ЛЛ з простим індуктивним опором. Їй притаманні наступні недоліки: шкідливе мерехтіння з частотою 100Гц (50Гц в приелектродних областях), наявність у конструкції громіздкого та шумного дроселя, нестабільність світлового потоку при коливанні напруги мережі.

У високоефективних люмінесцентних лампах нового покоління використовується електронний пускорегулюючий пристрій (ЕПРП), який забезпечує режим запалення і стабілізації ЛЛ та трубка з діаметром 16 мм.

ЕПРП значно переважає за характеристиками електромагнітний, а саме: відсутній стробоскопічний ефект, завдяки роботі в високочастотному діапазоні (30...100кГц), надійне і швидке запалювання ЛЛ, без мерехтіння, можливість регулювання світлового потоку, відключення після закінчення терміну служби, збільшений на 50% термін служби (завдяки ощадному режиму запалення), зменшення до 20% енергоспоживання, за рахунок більш високого ККД, зменшення кількості відходів, за рахунок збільшення строку служби. ЕПРП значно покращує характеристики ЛЛ, в порівнянні з класичною стартерною (електромагнітною) схемою живлення.

Зменшення діаметру трубки до 16 мм дозволяє зменшити собівартість виробництва, стає можливим використання цих ламп у компактних світильниках. Використання таких ламп покращує екологічну обстановку, світильник з двома лампами по 35Вт і ЕПРП за рік викидає на 1350 кг вуглецю менше, ніж світильник з ЛЛ аналогічної потужності з електромагнітним пусковим пристроєм [4], строк служби збільшено до 20 000 годин, ККД складає ~25%, що дозволяє зменшити витрати на електроенергію до 20% в порівнянні зі стандартними [4].

Головним недоліком є висока ціна, у 4-6 раз вища ніж у аналогічної ЛЛ з електромагнітним пускорегулювальним пристроєм, але масове виробництво дозволить у майбутньому знизити ціни до доступного рівня[4].

Особливим підтипом є *ЛЛ спеціального призначення*. Вони мають особливий тип люмінофора і скляної трубки, та дозволяють виділяти із спектра лінії заданої ширини, в залежності від призначення лампи.

Кольорові лампи червоного, зеленого, жовтого, синього кольорів можуть використовуватися для декоративного світлового оформлення.

Ультрафіолетові лампи випромінюють світло в ультрафіолетовому діапазоні, який ділиться на 3 діапазони: UV-A — довжина хвилі 315...400 нм, UV-B — довжина хвилі 280...315 нм, UV-C — довжина хвилі 254 нм[4]. Для того, щоб ультрафіолетове світло виходило із лампи, використовують увіолеве, або кварцове скло. Лампи низького тиску без люмінофора, які випромінюють світло UV-C діапазону використовують для стерилізації і дезінфекції повітря(в кондиціонерах, лікарнях, складських приміщеннях), води (питної води, вод для басейнів, стічних вод) і поверхонь у харчовій і фармацевтичній промисловості.. Конструкція лампи забезпечує високу інтенсивність UV-C випромінювання, довгий строк служби, цоколь як у ламп загального призначення і люмінесцентних ламп. Компанія OSRAM випускає серію бактерицидних ламп, яка має назву HNS GermicidalLamps [7], Philips— TUV GermicidalLamps [8].

Спеціальні ЛЛ з колбами із чорного скла — ультрафіолетові лампи, які випромінюють світло у UV-A діапазоні. Ці лампи також виготовляються із увіолевого скла, але покриті спеціальним люмінофором. Чорна, або темно-синя скляна колба пропускає УФ випромінювання. Випромінювання у видимому діапазоні зводиться до мінімуму, так щоб воно не заважало УФ випромінюванню. Область використання цих ламп дуже широка, у механіці вони використовуються для виявлення найдрібніших тріщин у двигунах, у текстильній промисловості — для аналізу матеріалів, наприклад, хімічного складу, у харчовій промисловості — для виявлення зіпсованих продуктів (фрукти, овочі, м'ясо, риба), у криміналістиці — для виявлення фальшивих банкнот та документів, у рекламі—для оформлення вітрин, тощо, у сільському господарстві для перевірки посівного матеріалу [4].

Крім того, ЛЛ використовуються для компенсації ультрафіолетової недостатності в установках штучної засмаги. Ультрафіолетове світло у малих дозах викликає миттєве розширення судів, укріплюючи при цьому серцеву систему і систему кровообігу. Дія ультрафіолету полягає у синтезі вітаміну D, який приймає участь в обміні солей кальцію і фосфору. Також треба відзначити ряд негативних моментів дії ультрафіолетового світла, С-промені, які входять у склад спектра ультрафіолетового випромінювання викликають у клітинах мутації і можуть призводити до захворювань шкіри (рак, меланома) [4]. Люмінесцентні лампи для засмаги не містять шкідливих С-променів, тому їх можна вважати безпечними. OSRAM виробляє серію ламп для засмаги EVERSUN [7], Philips – CLEO (CLEO Professional, CLEO Perfomance, CLEO Effect, CLEO Compact) [8].

OSRAM FLUORA [7] – серія ламп призначена для сприяння росту рослин, має особливе випромінювання у якому переважає синій і червоний колір. Philips виробляє спеціальну серію ламп для акваріумів – Aquarelle [8], склад випромінювання яких оптимально відходить для передачі краси риб і рослин у акваріумі, до того ж спектральний склад наближений до природнього, що забезпечує оптимальні умови для фотосинтезу.

Довгий час використання ЛЛ у домашніх умовах (для освітлення) було неможливе через великі розміри. Розробка компактних ЛЛ стала можлива в результаті створення стабільних вузькосмугових люмінофорів, активованих рідкоземельними елементами. За рахунок цього вдалось значно зменшити діаметр розрядної трубки та відповідно зменшити розміри ЛЛ. Зменшення довжини ЛЛ було досягнене використанням декількох коротких ділянок, розташованих паралельно та з'єднаних між собою вигнутою ділянкою трубки, або ввареним скляним патрубком [4]. Компактні ЛЛ діляться на три групи. Перша — двохвивідні, мають вбудований в цоколь стартер з конденсатором і призначений для роботи з зовнішнім електромагнітним пускорегулювальним пристроєм. Друга — чотирьохвивідні універсальні, працюють в сукупності з зовнішнім електронним і електромагнітним пускорегулювальним пристроєм. Третя — компактна ЛЛ з інвертованим в цоколь електронним баластом. Мають стандартний різьбовий цоколь E27 та E14.

Принцип дії безелектродних індукційних ЛЛ базується на газовому розряді в високочастотному електромагнітному полі. Підтримка розряду відбувається за рахунок енергії електромагнітного поля, яке створюється біля розрядного поля. Всі можливі типи таких ЛЛ складаються з трьох основних вузлів: компактного джерела ВЧ енергії, пристрою для ефективною передачі ВЧ енергії в розряд (індуктор) і розрядного об'єму. Колба лампи має циліндричне заглиблення для розміщення індуктора, покрита люмінофором і наповнена інертним газом з невеликою кількістю ртуті. Електромагнітне поле індуктора збуджує в парах ртуті УФ випромінювання, яке діє на люмінофорне покриття лампи [9]. Люмінофор захищений від забруднення плівкою, тому спад світлового потоку через 10...20 тисяч годин роботи не більше 10%, а через 60 тисяч годин – не більше 25% [4]. Строк служби безелектродних індукційних ЛЛ складає більше 100 000 годин, що в 5-7 разів більше ніж у звичайних ЛЛ. Вони мають високу світловіддачу — до 120 Лм/Вт, високу стабільність параметрів та можливість керування потужністю лампи [10]. Серед недоліків слід зазначити, що лампи є джерелом високочастотного випромінювання, з яким необхідно боротися [10] та мають високу ціну.

Відповідно до зазначеного ЛЛ можна класифікувати таким чином:

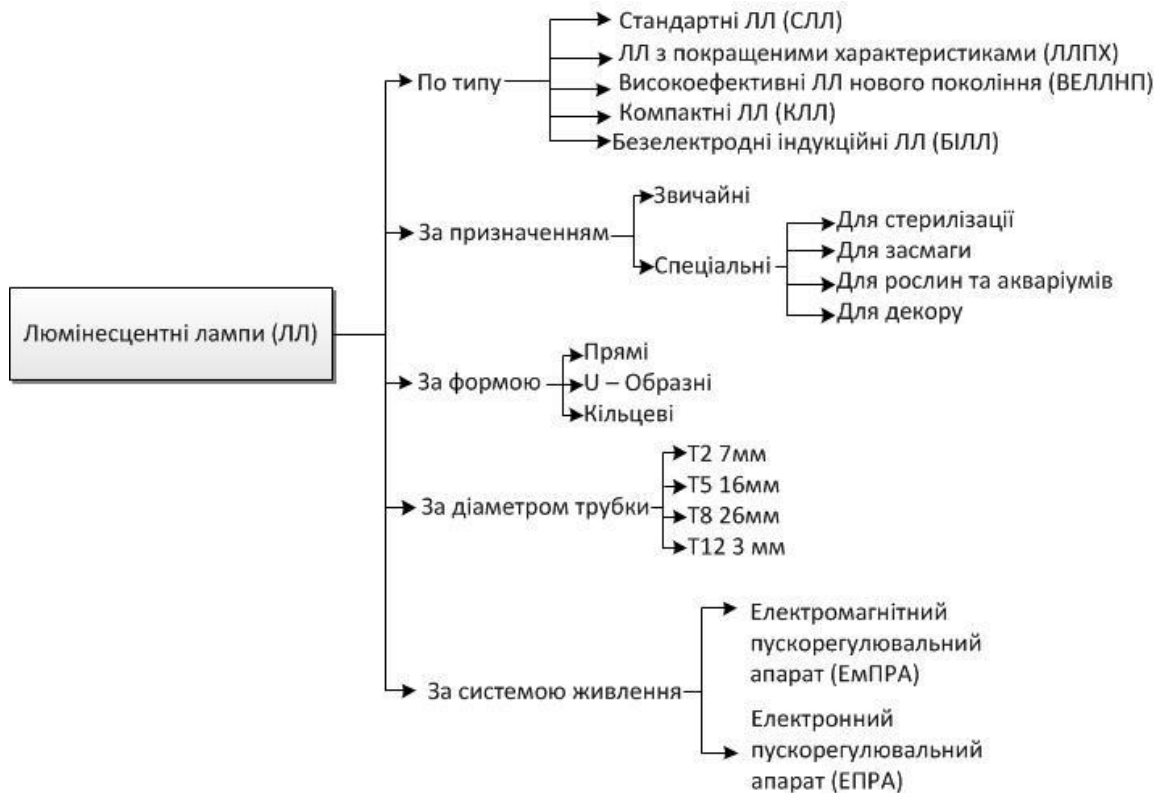


Рис.2. Класифікація ЛЛ

Основні виробники

Основними виробниками на ринку ЛЛ є компанії GeneralElectric (США), Osram (Німеччина), Wolta (Німеччина), Philips(Голландія), Nakai (Японія), Pila (Польща), Zeon(Китай), Iskra (Україна), Lummax (Україна), Фотон (Росія), Compak (Швеція), Comtech (Данія). Виробничі потужності більшості виробників розташовані у Китаї, для зменшення собівартості виробництва[5]. Вище вказаний список виробників можна розділити на 3 групи: «Відмінно», «Добре», «Задовільно». До відмінників можна сміливо вписати: GeneralElectric, OSRAM, Philips. Добре можна ставити Wolta, Nakai, Compak, Comtech. Задовільно – Pila, Zeon, Lummax, Iskra, Фотон.

GeneralElectric робить найбільш довговічні енергозберігаючі лампи, що забезпечують до 20000 годин роботи. Виробництво ламп ведеться в Європі та США. У своїх нових лампах компанія впроваджує інноваційні ідеї. Наприклад, є лампи з датчиком освітлення, який включає лампу, коли є нестача природного освітлення і вимикає коли настає його надлишок. Останні новинки компанії — це лампи, які можуть освіжати повітря або ароматизувати його [11].

Німецька фірма OSRAM виробляє лампочки вже більше 100 років. Величезний модельний ряд і гарантований строк служби до 12000 годин, роблять їх дуже привабливими для споживачів. У середній ціновій категорії знаходяться Philips, та Pila. Philips виграє через обсяги виробництва й численних заводів по всьому світу. Тому енергозберігаючі лампи Philips є й

китайські, і польські, і нідерландські. Цінник на них теж досить динамічний з непоганою якістю продукції. Pila виробляє свої лампи заліцензією Philips [8]. Компанія— польська, виробництво знаходиться в Китаї. З усієї китайської продукції лампи Pila — це найкраще, що у нас продають. Непогані енергозберігаючі лампи в співвідношенні ціна / якість робить російський «Космос» і українська «Іскра», вона ж — «Volta». Модельний ряд цих виробників скромніший, ніж у лідерів галузі, а строк служби складає 6000-10000 годин [12].

Найбільшими українськими виробниками люмінесцентних ламп є ВАТ «Іскра» (м. Львів), ТОВ «Завод ГРЛ»(м. Полтава) та ТОВ «Газотрон-Люкс» (м. Рівне), який випускає продукцію під торговою маркою Lummax. Підприємство «Іскра» виробляє широкий перелік ЛЛ, в.т.ч. ЛЛ «чорного світла», ультрафіолетові та бактерицидні [13]. «Завод ГРЛ» є підприємством з повним замкнутим циклом виробництва джерел світла, та виробляє: склотрубки та колби, металовироби для розрядних ламп, люмінесцентні лампи низького тиску (загального призначення, кольорові, спеціального призначення та ультрафіолетові), лампи дугові ртутні високого тиску, лампи дугові натрієві високого тиску, лампи змішаного світла [14]. «Газотрон-Люкс» виробляє компактні люмінесцентні лампи побутового призначення потужністю 5-25Вт, продукції виробляється на сучасному обладнанні, що гарантує високу якість продукції [15].

Вибір оптимальної ЛЛ

Розглянемо переваги використання ЛЛ, порівнявши витрати на освітлення (V) компактної ЛЛ та звичайної лампи накаливання. Середній ресурс лампи $T=10\ 000$ годин(для КЛЛ), $T=1\ 000$ годин (для лампи накаливання); вартість $C=25$ грн [16] (для КЛЛ потужністю 20Вт), $C=6$ грн [16] (для лампи накаливання 100Вт); потужність лампи $P=20$ Вт(для КЛЛ), $P=100$ Вт(для лампи накаливання); при вартості електроенергії $S=0,36$ грн за 1кВт/год.

Розрахунок витрат на електроенергію за 10 000 годин, на яких знадобиться 1 КЛЛ та 10 звичайних ЛН.

$$V_{\text{КЛЛ}}=C_{\text{КЛЛ}}+S \cdot P_{\text{КЛЛ}} \cdot 10000=25+0.36 \cdot 0.02 \cdot 10000=97\text{грн}$$

$$V_{\text{ЛН}}=10 \cdot C_{\text{ЛН}}+S \cdot P_{\text{ЛН}} \cdot 10000=10 \cdot 6+0.36 \cdot 0.1 \cdot 10000=420\text{грн}$$

Як бачимо, при використанні компактної ЛЛ економія з одної лампи за 10 000години складає 303грн, якщо у приміщені таких ламп 10, то відповідно 3030грн. Із зростанням цін на електроенергію актуальність компактних ЛЛ буде зростати.

Далі наведемо порівняльну характеристику пошуку оптимального співвідношення світлового потоку Φ , кольоропередачі R_a та ціни.

Для порівняння обрано різні типи ламп одного виробника: 4-х ЛЛ потужністю 18Вт з діаметром трубки 26мм провідного виробника Osram, од-

на лампа серії BASIC представляє СЛЛ, три лампи з покращеними характеристиками: серії Lumilux, LumiluxDeLuxe та ColorProof.

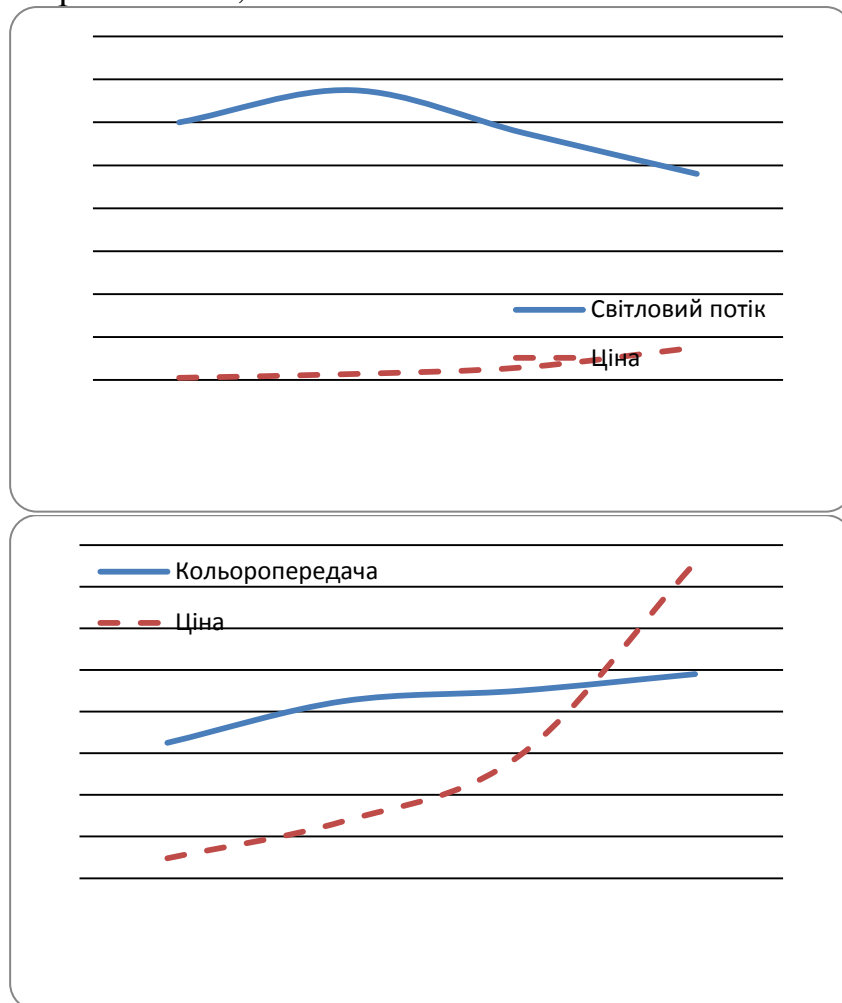


Рис.3. Порівняльна характеристика типів ЛЛ

Лампи серії LumiluxDeLuxe та ColorProof через високу ціни доцільно використовувати на об'єктах із спеціальними вимогами до освітлення. Серії Lumilux є оптимальним вибором для освітлення офісів та житлових приміщень. Лампи серії Basic використовують для освітлення складських і нежитлових приміщень, оскільки її світло є найменш «приємним» для очей (за рахунок використання електромагнітного пускорегулюючого пристрою)[17].

Висновки

В роботі проаналізовано особливості конструкції сучасних люмінесцентних ламп, на основі отриманих даних складена класифікація.

Розглянуто світовий ринок основних виробників, тенденції та перспективи розвитку у майбутньому. Приведений розрахунок оптимальної ЛЛ для приміщень різного призначення. За рахунок значно більшого ресурсу люмінесцентних ламп особливостей конструкції досягається п'ятикратна економія електроенергії в порівнянні з лампами накаливання, а більша ці-

на ЛЛ нівелюється ресурсом лампи. Таким чином, за 10 тис. годин ЛЛ може заощадити близько 300 грн з однієї точки освітлення. Для приміщень без спеціальних вимог (склади, вуличне освітлення) доцільно використовувати стандартні ЛЛ. Якщо важлива якість освітлення (для лабораторій та музеїв) рекомендовано використання ЛЛ зісмуговим люмінофором. За рахунок використання закордонних технологій рівень продукції українських виробників ЛЛ не поступається світовим лідерам, при цьому мають нижчу ціну.

Література

1. Классификация люминесцентных ламп. — Режим доступа до публікації: <http://www.suponin.com/classification-of-fluorescent-tubes.aspx>.
2. DietlindeQuack. EnergiesparlampealsEcoTopTen-Produckt/ DietlindeQuack. — 2004. — Режим доступа до публікації: — http://www.ecotopen.de/download/Eco-TopTen_Endbericht_Lampen.pdf.
3. Федоров В. В. Люминесцентные лампы. Библиотека светотехника. / В. В. Федоров. — М. : Энергоатомиздат, 1992. — 128с. — ISBN 5-283-00829-0.
4. Давиденко Ю. Н. Настольная книга домашнего электрика. Люминесцентные лампы. / Ю. Н. Давиденко. — СПб. : Наука и Техника, 2005. — 224с. — ISBN 5-94387-198-5.
5. Noboru O. Colorimetry: Fundamentals and Applications. / O. Noboru, A. Robenson. — Wiley, 2005. — 329p. — 0-470-09472-9.
6. Девярых Э. В. Люминесцентные лампы. Люминофоры и люминофорные покрытия. / Э. В. Девярых, В.Ф. Дадонов. — Саранск: Изд-во Мордов, 2007. — 344с. — ISBN 978-5-7103-1622-1.
7. Osramlighting. Fluorescent lamps. — Режим доступа до публікації: http://www.osram.com/osram_com/products/lamps/fluorescent-lamps/index.jsp.
8. Philipslighting. Productcatalog. — Режим доступа до публікації: <http://www.ecat.lighting.philips.com/>.
9. Безэлектродные люминесцентные лампы. — Режим доступа до публікації: <http://www.mosvet.ru/page248.html>.
10. Безэлектродные лампы. — Режим доступа до публікації: <http://лампы-индукционные.рф/induction-lamp.html>.
11. General Electriclighting. Productcatalog. — Режим доступа до публікації: <http://www.gelighting.com/na/>.
12. Характеристики энергозберігаючих люмінесцентних ламп. — Режим доступа до публікації: <http://solar.pp.ua/xarakteristiki-energozberigayuchix-lyuminiscentnix-lamp.html>.
13. ВАТ «Іскра». Каталог продукції. — Режим доступа до публікації: <http://iskra.com.ua/>.
14. ТОВ «Завод ГРЛ». Каталог продукції. — Режим доступа до публікації: <http://www.grl.com.ua/>.
15. ТОВ «Газотрон-Люкс». Каталог продукції. — Режим доступа до публікації: <http://lummax.com.ua/ua/>.
16. Интернет - магазин КАПРО. Компактні люмінесцентні лампи. — Режим доступа до публікації: <http://www.kapro.ua/cat/903/>.
17. Краснопольский А. Е. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп / А. Е. Краснопольский, В. Б. Соколов, А. М. Троицкий. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — 208с. — ISBN 5-283-00511-9.

Розвадовський О.О., Тимофєєва Ю.Ф. Сучасний стан та перспективи розвитку ринку люмінесцентних ламп. В роботі представлений короткий огляд ринку люмінесцентних ламп, проаналізовано особливості конструкції, недоліки та переваги сучасних люмінесцентних ламп, обґрунтовано їх вибір для приміщень різного призначення. Розглянуто сучасний стан ринку та його подальші перспективи. Відзначається, що в даний час люмінесцентні лампи є надзвичайно актуальними і в майбутньому ця тенденція буде зберігатися. Очікується, що заборона країнами Європейського союзу потужних ламп розжарювання (більше 25Вт) призведе до стимулювання розвитку галузі електричних ламп в найближчому майбутньому.

Ключові слова: Люмінесцентні лампи, ринок люмінесцентних ламп, співвідношення ціна/якість.

Розвадовский А.А., Тимофеева Ю.Ф. Нынешнее состояние и перспективы развития рынка люминесцентных ламп. В работе представлен краткий обзор рынка люминесцентных ламп, проанализированы особенности конструкции, недостатки и преимущества современных люминесцентных ламп, обоснован их выбор для помещений различного назначения. Рассмотрено современное состояние рынка и его дальнейшие перспективы. Отмечается, что в настоящее время люминесцентные лампы являются чрезвычайно актуальными, и в будущем эта тенденция будет сохраняться. Ожидается, что запрет странами Европейского союза мощных ламп накаливания (более 25Вт) приведет к стимулированию развития отрасли ламп в ближайшем будущем.

Ключевые слова: люминесцентные лампы, рынок люминесцентных ламп, соотношение цена/качество.

Rozyadovskyu A.A., Tymofieieva Y.F. Modern state and prospects of fluorescent lamps' market. This article is a brief review of fluorescent lamps' market and contains analysis of their design features, pros and cons of modern models and selecting for different appliances. Also, in this article current state of market and its prospects were reviewed. Currently fluorescent lamps are of great interest and this trend will not change in future. It is expected that prohibition of powerful filament lamps by European Union is going to stimulate the development of the electric lamps' industry in the future.

Keywords: Fluorescent lamps, fluorescent lamps' market, price / quality ratio.