

УДК 628.931

DOI: 10.15587/2313-8416.2017.90401

## ПЕРСПЕКТИВНІ РІШЕННЯ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

© О. В. Бабіч, В. М. Москаленко

*У статті розглянута проблематика енергозберігаючих технологій у розрізі штучних джерел випромінювання видимого світла при освітленні приміщень різних типів. Проведений історичний екскурс в розробку та розвиток електричних ламп, для розуміння перспективності застосування та подальших розробок в галузі світлодіодного освітлення. Проведений аналіз існуючих електричних ламп. Визначені оптимальні рішення для застосування та розвитку*

**Ключові слова:** світло, лампа розжарювання, люмінесцентна, галогенна, світлодіод, енергозбереження, освітлення, діод, потужність, світловий потік

### 1. Вступ

До того як електричне освітлення стало звичайним явищем люди користувалися вогнем, свічками, газовими та олійними лампами. Перші електричні джерела світла виникли більше 140 років тому.

Електрична лампа – пристрій, який генерує видиме світло із потоку електричного струму [1]. Це є найбільш поширений спосіб формування штучного світла і є дуже важливим для сучасного суспільства, забезпечуючи його світлом в середині будинків і зовнішнім освітленням для вечірньої і нічної діяльності. У технічній термінології, змінний компонент, який виробляє світло із електрики називається лампою. Компактні лампи зазвичай називають лампочками. Лампи як правило мають основу виконану з кераміки, металу, скла або пластику, що дозволяє безпечно помістити ламку в патрон світильника. Електричне з'єднання до патрону може виконуватись з гвинтовим різбленням, двома металевими штекерами, ковпачками або багнетною кришкою.

Існує три основні види електричних ламп: лампа розжарення, яка виробляє світло за допомогою нитки розжарення, спеціального елемента розігрітого до біла електричним струмом, газорозрядні лампи, які виробляють світло за допомогою дугового електричного розряду в газовому середовищі, і діодні лампи, яка виробляє світло потоком електронів в напівпровіднику.

Довгий час ми застосовували два види електричних ламп – теплові та на основі розрядів газів. А не так давно, наприкінці 20-го сторіччя, виник третій вид електричних ламп – напівпровідникові освітлювальні прилади або діоди випромінюючі світло.

В сучасному світі гостро стоїть питання генерації, збереження та відновлення джерел енергії, а також застосування енергозберігаючих технологій. В наслідок чого постає актуальне питання оптимізації застосування ламп для штучного освітлення, а саме енергозберігаючих ламп.

### 2. Літературний огляд

Першу електричну лампочку винайшов Гемфрі Деві ще в 1802 [2]. Це була дугова електрична лампа. Майже одночасно явище електричної дуги, що світиться, досліджував в 1812 р. англійський учений Деві та академік В. В. Петров.

Найраніша за часом лампа розжарювання була створена французьким вченим Деларю в 1820 р.

Удосконаленням ламп розжарювання займалися американський технік-винахідник Т. Едісон та російський винахідник А. Н. Лодигіна.

У сучасній лампі розжарення використовується ефект нагрівання провідника або нитки розжарювання при протіканні через нього електричного струму [3]. Нитка випромінює електромагнітне випромінювання. Для отримання видимого випромінювання необхідно, щоб температура була порядку декількох тисяч градусів. Чим менша температура, тим менша частка видимого світла і тим більше «червоним» здається випромінювання. Частина спожитої електричної енергії лампа розжарення перетворює у випромінювання, частину – на виділення тепла. Лише мала частка випромінювання лежить в області видимого світла, основна частка припадає на інфрачервоне випромінювання.

Для підвищення ККД лампи та отримання «найбілішого» світла необхідно підвищувати температуру нитки розжарювання, яка у свою чергу обмежена властивостями матеріалу нитки – температурою плавлення. Ідеальна температура (6000 К) недосяжна, оскільки при такій температурі будь-який матеріал плавиться, руйнується і перестає проводити електричний струм. У сучасних лампах розжарювання застосовують матеріали з найвищими температурами плавлення – вольфрам (3410 С) і, дуже рідко, осмії (3045 С) [4, 5].

Лампи розжарювання випускають світло, яке здається більш «жовто-червоним», ніж денне світло. У звичайному повітрі при таких температурах вольфрам миттєво перетворився б на оксид. З цієї причини вольфрамова нитка захищена скляною колбою, заповненою нейтральним газом (найчастіше аргон). Перші лампочки робилися з вакуумованими колбами. Проте у вакуумі при високих температурах вольфрам швидко випаровується, роблячи нитку тоношою і затемнюючи скляну колбу осадом. Пізніше, для запобігання випаровування, колбу стали заповнювати хімічно нейтральними газами. Так виникли галогенні лампи – лампи розжарення, в балон якої додавався буферний газ: пару галогенів (бromу або йоду). Це підвищило тривалість життя лампи до 2000–4000 годин, і дозволило підвищити температу-

ру спіралі. При цьому робоча температура спіралі становить приблизно 3000 К [6, 7].

Більш досконалими та економічними є люмінесцентні лампи або лампи денного світла.

Першим предком лампи денного світла були газорозрядні лампи. Вважається, що перша газорозрядна лампа винайдена в 1856 році. Генріх Гайсслер отримав сине свічення від заповненої газом трубки, яка була збуджена за допомогою соленоїда. 23 червня 1891 року Микола Тесла запатентував систему електричного освітлення газорозрядними лампами, яка складалася з джерела високої напруги високої частоти і газорозрядних аргонівих ламп запатентованих ним раніше. Аргоніві лампи використовуються і нині. У 1893 році на всесвітній виставці в Чикаго, Томас Едісон показав люмінесцентне свічення. У 1894 році М. Ф. Моор створив лампу, в якій використовував азот і вуглекислий газ, що випромінює рожево-біле світло. Ця лампа мала помірний успіх. У 1901, Пітер Купер Хьюїтт демонстрував ртутну лампу, яка випромінювала світло синьо-зеленого кольору, і таким чином була непридатна в практичних цілях. Проте, її конструкція була дуже близька до сучасної, і мала набагато вищу ефективність, ніж лампи Гайсслера і Едісона. У 1926 році Едмунд Гермер і його співробітники запропонували збільшити операційний тиск в межах колби і покривати колби флуоресцентним порошком, який перетворює ультрафіолетове світло, що випромінюється збудженою плазмою в однорідніше біло-кольорове світло. Е. Гермер в даний час визнаний як винахідник лампи денного світла. General Electric пізніше купила патент Гермера, і під керівництвом Джорджа Е. Інмана довела лампи денного світла до широкого комерційного використання до 1938 року [7].

Люмінесцентна лампа – газорозрядне джерело світла, в якому видиме світло випромінюється в основному люмінофором, який, в свою чергу, світиться під впливом ультрафіолетового випромінювання розряду; сам розряд також випромінює видиме світло, але в значно меншій мірі. Світлова віддача люмінесцентної лампи у декілька разів більше, ніж ламп розжарювання аналогічної потужності. Термін служби люмінесцентних ламп може в 10 разів перевищувати термін служби ламп розжарювання за умови забезпечення достатньої якості електроживлення, баласту і дотримання обмежень по числу включень і виключень.

Найбільш поширені газорозрядні ртутні лампи високого і низького тиску. Лампи високого тиску застосовують в основному у вуличному освітленні і в освітлювальних установках великої потужності, тоді як лампи низького тиску застосовують для освітлення житлових і виробничих приміщень.

Найбільш сучасними є світлодіодні лампи. Почалося все в далекому 1907 році, коли англійський інженер Генрі Раунд, вимкнувши освітлення в лабораторії, випадково помітив сяйво навколо діодного контакту, що знаходився під напругою. Він вирішив, що світіння викликано якоюсь помилкою в розрахунках і не надав цьому особливої уваги, хоча й зазначив цей факт у звіті [8, 9].

Через 16 років після цієї події радянський фізик Олег Лосєв зайнявся дослідженням дивного світла, що виникає в місці пайки контактів діода з карбїду кремнію (карборунда). Лосєв так і не з'ясував природу світіння, зазначивши, що нагріву до високих температур при цьому не було – причина світіння таїлася в якомусь електронному процесі, не відомий науці тих років. Результати досліджень Лосєва особливого інтересу не викликали. Звичні лампи з ниткою розжарювання на початку ХХ століття вважалися цілком достатніми і незамінними – винаходити щось нове не було потреби.

В другій половині минулого століття, коли американський інженер Рубін Браунштейн заявив про своє відкриття – діоди з арсенїду галїю (GaAs) при підключенні живлення випромінюють інфрачервоні промені. Точно таке ж випромінювання було помічено у діодів з фосфїду індїю (InP), антимонїду галїю (GaSb) і складаються з кремнево-германїєвого сплаву.

Перший інфрачервоний діод був запатентований в 1961 році – американськими дослідниками Гарї Питманом і Робертом Б'ярдом. Але використовувати такі діоди для освітлення приміщень було неможливо, оскільки інфрачервоні промені знаходяться за межами спектру, видимого людським оком [10].

«Батьком» світлодіодних ламп вважається Нік Холоньяк – молодший, який створив в 1962 році повноцінний LED-світлодіод, який випромінює видиме червоне світло. Через 10 років його учень Джордж Крафорд створив перший світлодіод, який випромінює жовте світло, а також десятикратно посилив яскравість червоних і помаранчево-червоних світлодіодів.

Впровадженням в електроніку світлодіоди зобов'язані компанії «Hewlett-Packard», першої яка оцінила значення світлодіодів для електроприладів і активно закупляла їх у «Монсанто» [11].

У 1970 році монополія «Монсанто» на ринку світлодіодів була припинена – використовуючи напівпровідникові чіпи доктора Жана Ерні, американська компанія «Fairchild Semiconductor» налагодила випуск дешевих світлодіодів вартістю в п'ять центів кожен [8].

Десятиліття світлодіоди активно використовувалися в побутовій та промисловій електроніці, але ніяк не для освітлення приміщень. Ідея створення повноцінних світлодіодних ламп, здатних висвітлювати наші будинки краще, ніж будь-які старі лампи, виникла у Сюдзі Накамура, який працював на японську компанію «Nichia Corporation» – саме під його керівництвом інженери компанії створили в 1993 році перший синій світлодіод високої яскравості.

Перший світлодіод, що випускає яскраве біле світло, був створений не так давно – в 1997 році, його творцем став американський інженер Фред Шуберт.

### 3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – шляхом аналізу існуючих електричних ламп знайти перспективі рішення у вирішенні проблем освітлення із застосуванням енергозберігаючих технологій

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

1. Проведений аналіз існуючих видів електричних ламп.

2. На основі загальних технічних та економічних характеристик зроблені висновки щодо перспективності розвитку та застосування енергозберігаючих електричних ламп.

#### 4. Енергозберігаючі лампи: типи і особливості

Енергозберігаючі лампи відрізняються від звичайних з вольфрамової ниткою зниженим енергоспоживанням (про що говорить сама їх назва), великим терміном служби і гарантії.

Коштують вони, зрозуміло, дорожче, але ці витрати окупаються в рази.

Головне – робити вибір з урахуванням передбачуваних умов експлуатації. В іншому випадку можливі розчарування.

Енергозберігаючі лампи краще для приміщень, де щодня потрібно штучне світло протягом трьох безперервних годин мінімум. Тільки тоді вони окупаються і призводять до помітної економії.

Іншими словами, якщо у вас невеличка родина, а світло вечорами горить майже в кожній кімнаті по декілька годин, якщо це офісне чи виробниче приміщення що потребує штучного освітлення на протязі робочого дня – без сучасних економічних ламп не обійтись.

В даний час існують наступні види енергоефективних джерел світла:

- люмінесцентні;
- світлодіодні (LED);
- галогенні.

Розглянемо їх окремо.

Галогенні лампи в два рази економічніші, ніж лампи розжарювання та відрізняються від них вдвічі більшим терміном служби.

Витратити гроші на галогенні лампи буде доцільно при організації локальної підсвічування і реалізації цікавих дизайнерських рішень.

Подібні вироби не містять шкідливих речовин (як наприклад ртуть у люмінесцентних лампах), у них компактні розміри і висока якість світло передачі. Вони забезпечують яскравий вузькоспрямований світловий потік.

При необхідності галогенні лампи можуть використовуватися на пару з диммером. Правда, в даному випадку термін їх експлуатації скорочується і прирівнюється до працездатності простих лампочок.

Люмінесцентна лампа споживає в 5 разів менше енергії, ніж звичайна, її робочий ресурс розрахований на 10000–15000 годин (4–7 років).

Через принцип дії (при подачі напруги між електродами утворюється електрострум) лампа загоряється з 0,5–1,5-секундною затримкою, поступово нарощуючи яскравість.

За характером освітлення 100-ватної стандартної лампи відповідає 20-ватна люмінесцентна лампочка (в 5 разів менше за потужністю). Якщо ж потрібно збільшити освітленість в приміщенні, потрібно вибрати товар з більшою потужністю.

Але люмінесцентні лампи мають суттєві недоліки:

– через вміст ртуті потрібно дбайливе поводження і утилізація в спеціальних місцях;

– термін служби скорочують перепади напруги в мережі, часті включення-виключення і підвищена вологість, наприклад, у ванних;

– до кінця терміну служби яскравість зменшується приблизно на 25%;

– внаслідок виходу назовні невеликої кількості ультрафіолетового випромінювання, яке шкідливо для зору, подібні лампи краще не вкручувати в нічники і настільні лампи.

Світлодіоди – справжній прорив в області освітлення. Популярність світлодіодних ламп стрімко зростає з кожним роком.

Світлодіодні лампи характеризуються надзвичайно високою енергетичною ефективністю (споживають в 8–10 разів менше енергії, ніж звичайні лампи), розраховані служити 30 000–50 000 годин, що в середньому прирівнюється до 20 років експлуатації

Незважаючи на те, що світлодіоди з'явилися на вітчизняному ринку порівняно недавно, вони вже встигли завоювати свою нішу шанувальників і в цілому є дуже перспективним варіантом для домашнього застосування.

Світло відтворюється напівпровідниками при впливі електроструму. Ртуті та ніяких інших небезпечних речовин не міститься, забезпечують досить хороший світловий потік.

Незаперечні «плюси» світлодіодних ламп:

- абсолютно нешкідливі;
- не нагріваються;
- можуть бути викинуті після закінчення терміну служби в сміттєвий бак;
- миттєво включаються і відразу ж горять на повну, на відміну від люмінесцентних.

З недоліків можна зазначити їх більшу вартість у порівнянні з іншими енергозберігаючими лампами (що з часом буде нивелюватися) і несумісність зі звичайними диммерами. Для регулювання яскравості знадобляться спеціальні пристрої більшої вартості.

Правильний вибір енергозберігаючих ламп неможливий без розуміння технічних характеристик.

Тому коротко розберемо технічні характеристики.

#### Потужність.

У різних моделей цей показник варіюється в межах від 1 до 125 Вт.

Для спрощення можна скористуватися наступним математичним прийомом: потрібну потужність лампи розжарювання розділіть на 5 (для люмінесцентних) або 10 (для світлодіодних).

#### Яскравість (світловий потік).

Цей параметр враховується в першу чергу, поряд з потужністю. Вимірюється в люменах (Lm), безпосередньо впливає на інтенсивність освітлення. Чим вище потужність лампи, тим вище значення світлового потоку, тим більше світла видає лампочка.

Колірна температура вимірюється в кельвінах (К). Чим вище значення, тим більш холодний відтінок набуває видається лампою світло.

Для спальні і кухні ідеальні зразки з колірною температурою 2700 К. Від них виходить приємний для ока теплий білий світ, дуже схожий на той, що створює звичайна лампа. У вітальні можна встановити модель на 4200 К (нейтральний білий, близький до природного). В офісі, кабінетах, торгових приміщеннях та салонах знадобляться лампочки з холодним білим світлом з домішкою блакиті (6000–6500 К).

Кут розсіювання світла (для світлодіодних ламп) також буває різним.

Маленький кут говорить про те, що лампочка буде світити пучком в одне місце. Таке рішення оптимально для підсвічування картин і невеликих декоративних елементів.

150 градусів підійде для "закритих" світильників, а якщо лампа в світильнику "відкрита", потрібно орієнтуватися на показники не менше 270 градусів. Така лампа дає найбільш відповідне освітлення в кімнаті.

#### Тип цоколя.

Основна частина енергоефективних ламп проводиться зі стандартним цоколем E27 (діаметр цоколя – 27 мм). Вони підходять для більшості сучасних світильників та люстр.

Для бра і торшерів з патроном меншого діаметра знадобляться джерела світла з цоколем E14. При виборі продукції для габаритних освітлювальних приладів орієнтуйтеся на маркування E40.

Крім нарізного цоколя Едісона "E", також існують лампи зі «штирьковим» цоколем (G), цоколем з утопленими контактами (R) та інші.

#### Напруга.

Одні лампи працюють від 220В, інші – від 12В. Другі виділяють мінімум тепла, призначені для вбудованих в стелю і меблі освітлювальних приладів.

#### Зовнішній вигляд.

Сьогодні випускають енергозберігаючі джерела світла наступних форм: класична груша, U-подібна/лотос, спіраль, гриб, свічка, куля/сфера, лінійна/трубка, точка/фара; інші.

Форма лампи, так само як і її розміри, ніяк не впливає на роботу і характер освітлення. Вибір зовнішніх параметрів здійснюється, виходячи з естетичних міркувань і особливостей дизайну інтер'єру.

Колір колби впливає на відтінок вихідного світла і зорові відчуття. Зв'язки з якістю освітлення тут ніякої немає.

Матові лампи мають велику площу випромінювання світла, видають більш м'який і рівномірне світло, який не ріже око. Подібні моделі добре підходять для установки в дитячій і спальні, зокрема у відкритих світильниках.

Прозорі моделі підійдуть для кришталевих люстр з безліччю підвісок і світильників з закритими плафонами.

Для досягнення потрібного естетичного ефекту можливо придбати енергозберігаючі джерела світла з колбою інших кольорів: зеленого, червоного, жовтого та ін.

#### Не завадить також знати

Серед величезного асортименту зустрічаються і такі моделі ламп: рефлекторні, акумуляторні, філаментні, диско-лампи.

Енергоефективні лампочки рефлекторного типу відрізняються наявністю дзеркального покриття всередині колби, внаслідок чого характеризуються збільшеною світловіддачею, забезпечують спрямований потік світла. Вони вважаються ідеальними для декоративних підвісних стель, застосовуються для освітлення торгових та виставкових залів.

Акумуляторні лампи стануть незамінними при аварійному відключенні світла, також можуть бути використані в якості ручного переносного ліхтарика. Час їх автономної роботи може досягати 6 годин.

Філаментні лампочки – новий напрямок в області світлодіодного освітлення. Зовні вони нагадують звичайні лампи розжарювання, але при цьому вдвіть економічніше їх. Ілюзію вольфрамової нитки створює філаментна світлодіодна нитка. Дану інновацію в першу чергу оцінять консерватори, яким важко переходити на щось нове.

Світлодіодні диско-лампи допоможуть створити в приміщенні особливу святкову атмосферу і просто піднімуть настрій. За рахунок невеликого двигуна можуть обертатися навколо своєї осі, опромінюють кімнату різнокольоровими вогниками або образами. Любителі вечірок оцінять такий пристрій гідно.

Ряд енергозберігаючих лампочок передбачає наступні можливості:

– бездротове управління через ПДУ або смартфон, планшет за допомогою спеціальних додатків (розумний будинок);

– автоматичне включення/вимикання при виявленні/відсутності руху в певній зоні (наявність спеціального датчика призводить до ще більшої економії);

– зміна колірної температури;

– плавне регулювання рівня освітленості.

#### 5. Результати дослідження

Сучасні світлодіодні лампи впевнено завойовують визнання споживачів. Фактор ціни відходить на другий план. Ті, хто підходить до вибору товарів раціонально, віддають перевагу світлодіодним лампам через реальну економії енергії за рахунок мінімізації рівня електроспоживання, відсутності УФ-випромінювання, екологічної безпеки і підвищеного терміну експлуатації. До переваг світлодіодних лампочок також варто віднести миттєвий розігрів (до 1 секунди), високу міцність і незначне виділення тепла.

Ще одна перевага вибору або причина використовувати світлодіодних ламп – це їхня безпека і екологічна чистота. Такий фактор пояснюється тим, що природа світіння світлодіоду полягає в природному властивості переходу катод – напівпровідник, з'єднаний з анодом. Тому світлодіодні лампочки працюють як простий напівпровідник що випромінює світловий потік. Завдяки такій будові, конструкція джерела світла може витримувати важкі умови експлуатації. А саме вібрації, попадання вологи, невеликі удари, низькі температури, а також підвищення тиску. Простота

конструкції дозволяє використовувати світлодіодні лампи, без будь-якого додаткового обладнання або приладів перетворення електричної енергії, як це необхідно в разі застосування ламп денного світла.

#### 6. Висновок

Проведений аналіз існуючих на теперішній момент електричних ламп показав, що найбільш

функціональними є світлодіодні лампи. За ними, за словами експертів, майбутнє. Сукупність загальних технічних та економічних характеристик дає змогу говорити про те що, прорив світлодіодної технології в даний час, можливо, найбільша подія в технології освітлення за багато десятиліть, отже є найперспективнішим рішенням у освітленні із застосуванням енергозберігаючих технологій.

#### Література

1. Електрична лампа [Електронний ресурс]. – Вікіпедія. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Електрична\\_лампа](https://uk.wikipedia.org/wiki/Електрична_лампа)
2. Freeberg, E. The Age of Edison: Electric Light and the Invention of Modern America [Text] / E. Freeberg. – New York: The Penguin Press, 2013. – P. 187–214.
3. How Light Bulbs Work [Electronic resource]. – Available at: <http://home.howstuffworks.com/light-bulb2.htm>
4. Лампа розжарення [Електронний ресурс]. – Вікіпедія. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Лампа\\_розжарення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Лампа_розжарення)
5. Osram Airfield Lamps, Philips Airfield Lamps, Thorn Airfield Lamps [Electronic resource]. – Airfield Ground Lighting. – Available at: <http://www.airfieldgroundlighting.com/airfieldlamps.html>
6. Галогенова лампа [Електронний ресурс]. – Вікіпедія. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Галогенова\\_лампа](https://uk.wikipedia.org/wiki/Галогенова_лампа)
7. Люмінесцентна лампа [Електронний ресурс]. – Вікіпедія. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Люмінесцентна\\_лампа](https://uk.wikipedia.org/wiki/Люмінесцентна_лампа)
8. Історія світлодіодних ламп [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cre8tivatez.org/uncategorized/svitlodiodni-energozberigayuchi-lampi/>
9. Корпуси для світлодіодів малої та великої потужності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/25946/5/%D0%A7%D0%90%D0%A1%D0%A2%D0%AC10-11.pdf>
10. Шуберт, Ф. Светодиоды [Текст] / Ф. Шуберт; под ред. А. Э. Юновича. – М.: Физматлит, 2008. – С. 335–357.
11. Zukauskas, A. Introduction to solid-state lighting [Text] / A. Zukauskas, M. S. Shur, R. Caska. – NY: John Willey & Sohn, 2002. – P. 14–16.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Гуць В. С.  
Дата надходження рукопису 26.12.2016*

**Бабіч Оксана Вікторівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології харчування та ресторанного бізнесу, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

E-mail: [yeliseyeva2008@ukr.net](mailto:yeliseyeva2008@ukr.net)

**Москаленко Вікторія Миколаївна**, кафедра технології харчування та ресторанного бізнесу, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

E-mail [vikulenko.91@yandex.ua](mailto:vikulenko.91@yandex.ua)