

С.Г. Кислиця¹, Н.В. Єрмілова¹, Г.М. Кожушко²

¹ Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

² Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава

МЕТАЛОГАЛОГЕННІ ЛАМПИ: ДОСЯГНУТИЙ РІВЕНЬ ТА ШЛЯХИ ПОДАЛЬШОГО ПІДВИЩЕННЯ СВІТЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

В роботі аналізуються сучасні конструкції та параметри комерційних зразків металогалогенних ламп провідних світових виробників, їх переваги та недоліки перед іншими енергоекономічними джерелами світла та проведено аналіз можливих шляхів подальшого підвищення світлових параметрів цих ламп.

Ключові слова: енергоекономічні джерела світла, металогалогенна лампа, керамічний пальник, кварцовий пальник, безелектродна лампа, світлова віддача, кольоропередача, строк служби.

Вступ

Металогалогенні лампи (МГЛ) є одними з найбільш ефективних джерел світла. Основними сферами використання МГЛ для загального освітлення є освітлення приміщень промислових, торговельних, громадських та інших об'єктів, де потрібні джерела світла з великими світловими потоками, хорошою якістю кольоропередачі та високою стабільністю світлових і колірних параметрів при великій тривалості горіння.

Перші МГЛ, які були створені в середині 60-х років минулого століття, конструктивно були подібні до ртутно-кварцових ламп високого тиску. Принципіальною різницею було те, що при виготовленні пальників ламп в них крім дозованої кількості ртуті та запалюючого газу, переважно аргону, вводили деякі елементи у вигляді галогенних сполук. Принцип дії ламп наступний: після розгоряння розряду і випаровування ртуті в пальнику лампи утворюється дуговий розряд високого тиску в парах ртуті. Галогенні сполуки при високій температурі кварцового пальника випаровуються і дифундують та вносяться конвективними потоками парів ртуті в зону розрядного каналу з температурою кілька тисяч градусів де вони розкладаються на атоми галогену та металів. При цьому метали частково іонізуються, збуджуються і випромінюють спектри характерні для цих металів. Для того, щоб лампа працювала тривалий час необхідно, щоб атоми, що входять в склад добавок, дифундуючи за межі розрядного каналу в зону з більш низькою температурою, знову з'єднувались в початкові хімічні сполуки не досягаючи колби і електродів і не створюючи хімічних сполук з матеріалами колби і електродів. Тобто протягом строку служби повинен підтримуватись замкнутий фізико-хімічний цикл добавок.

Існує багато металів, котрі у вигляді галогенидів можуть бути використані як випромінюючі до-

бавки МГЛ. Аналіз літератури по МГЛ [1-6] показує, що найбільший вплив на збільшення світлової віддачі ламп дає введення галогенидів Na, Tl, Dy, Sc. Сполуки інших елементів не приводять до суттєвого збільшення світлової віддачі і вводяться для корекції кольоропередачі або для стабілізації дуги. Дещо спростивши картину, можна сказати, що на сьогоднішній день в світовій практиці використовуються чотири основних типи наповнень для освітлювальних МГЛ.

1. Лампи, випромінювання яких складається з невеликої кількості інтенсивних спектральних ліній і слабого континуума. Найбільш типовими для цієї групи є лампи з добавками йодидів Na, Tl, In.

2. Лампи, випромінювання яких складається з порівняно великої кількості інтенсивних спектральних ліній і слабого континуума. До цієї групи відносяться, головним чином, лампи з добавками йодидів Na, Sc.

3. Лампи, випромінювання яких складається з великої кількості тісно розміщених спектральних ліній, що заповнюють практично весь видимий спектр, і створюють враження безперервного спектру. Найбільш типовими представниками цієї групи ламп є лампи з добавками галогенидів рідкоземельних металів (Dy, Ho, Tm та ін.).

4. Лампи, що дають дійсно безперервний спектр випромінювання. До цієї групи відносяться лампи з галогенидами олова, а також галогенидами індію (за умови високого тиску їх парів) і деякі інші.

Найбільш повно фізичні основи роботи МГЛ та їх параметри викладено в [1-6].

Перші покоління МГЛ з кварцовими пальниками хоч і мали досить високу світлову віддачу (70-90 лм/Вт) та якість кольоропередачі ($R_a \sim 65-90$) при можливостях регулювання колірної температури в діапазоні 2700~6500 К через ряд недоліків не знаходили широкого застосування для внутрішнього загального освітлення. Основними недоліками МГЛ з

кварцовими пальниками перш за все були: низька стабільність світлових та колірних параметрів в процесі строку служби, великий розкид світлових та колірних параметрів між окремими лампами через розкид геометричних розмірів кварцових пальників, зміна колірності ламп в залежності від положення горіння, напруги живлення, теплового режиму ламп в світильнику. Вони також не могли конкурувати з натрієвими лампами високого тиску у зовнішньому освітленні, так як мали меншу світлову віддачу, стабільність світлового потоку і строк служби.

Метою даної роботи є аналіз сучасного технічного рівня МГЛ та дослідження шляхів подальшого підвищення світлової ефективності цих ламп.

Матеріал і результати дослідження

Одним з найбільш суттєвих вдосконалень, що дало поштовх для подальшого розвитку МГЛ відбулось на початку 90-х років минулого століття – були створені лампи з керамічними пальниками [7]. Пальники з полікерамічного оксиду алюмінію (ПКА) мають три ключові переваги над пальниками з кварцового скла (КС): більш висока робоча температура, що забезпечує високу світлову віддачу і покращені колірні характеристики; значно менша втрата натрію із пальника в процесі строку служби, що підвищує строк служби і стабільність колірних характеристик; пальники із ПКА можна виготовляти з більшою точністю їх геометричних розмірів, що зменшує розкид світлових і колірних параметрів між лампами.

Кінетика хімічної взаємодії між ПКА і деякими галогенідами така, що пальники можуть функціонувати при температурах близько 1150 °С в порівнянні з КС – 950 °С. Але перші розробки МГЛ з пальниками на основі ПКА мали проблеми з герметизацією та захистом електричних ввідів. Запобігання швидкого хімічного руйнування вакуумного впаю при високих температурах була вирішена в середині 90-х років шляхом використання для захисту спаю молібдену і натрію рідкоземельного алюмосилікатного скла. Хімічні реакції між захисним покриттям із скла практично відсутні через відносно низьку температуру ввідів.

Застосування пальників із ПКА дозволило уже в середині 90-х років досягти для комерційних зразків ламп потужністю 150 Вт світлової віддачі більше 93 лм/Вт при $R_a > 80$ та середній тривалості горіння більше 6000 год. Стабільність колірних параметрів протягом строку служби стала достатньо високою, а розкид цих параметрів між лампами настільки несуттєвим, що за цими показниками МГЛ наблизилась до галогенних ламп розжарювання (ГЛР). При цьому ефективність МГЛ значно вища ніж у ГЛР.

В першому поколінні МГЛ з керамічними пальниками використовувалась та ж технологія výro-

бництва, що і для натрієвих ламп високого тиску (НЛВТ). Пальники виготовлялись із тонкостінної прозорої трубки із оксиду алюмінію, а для струмоводів використовувались керамічні шайби, через які пропускались вмонтовані в капіляри електроди. Герметизація електродних вузлів в капілярах здійснювалась скляним припоєм.

Одним із недоліків пальників із ПКА першого покоління була неоптимальна для МГЛ форма пальника. Наступне покоління МГЛ з ПКА з'явилося, перш за все тому, що пальнику вдалося надати округлену форму. Це дозволило оптимізувати тепловий режим пальника і зменшити термомеханічні напруження в місцях переходів від шайби до капілярів і запобігти утворенню мікротріщин, підвищити надійність та строк служби МГЛ. Рівномірна товщина стінок по всьому пальнику і оптимальна його форма дозволяє повніше використовувати потенціал розряду з випромінюючими добавками з врахуванням фізичних і хімічних процесів в пальнику. За останнє десятиріччя найбільш популярними об'єктами для вдосконалення серед розрядних ламп високого тиску стали МГЛ, перш за все МГЛ з пальниками на основі ПКА та малопотужні МГЛ. Створення цілого ряду серій малопотужних МГЛ дозволило їм конкурувати з люмінесцентними лампами (ЛЛ) та ГЛР у внутрішньому освітленні. Для малопотужних МГЛ, як правило, використовувались електронні пускорегулювальні апарати (ЕПРА). Світлова віддача таких ламп складає більше 90 лм/Вт, а строк служби 10-15 тис.годин. Лампи використовуються для освітлення торгових залів, вітрин, громадських та офісних приміщень. Номенклатура ламп складає десятки типорозмірів, в тому числі ламп спрямованого світла з кутами випромінювання від 8° до 60° та осью силою світла до 40 тис кд.

Провідними виробниками світлотехнічної продукції, такими як Philips, Osram уже подоланий рубіж світлової віддачі в 100 лм/Вт. Строк служби малопотужних МГЛ перевищує 15 тис. годин (при збереженні світлового потоку 80%, $T_{кол} = 3000$ К, $R_a > 90$). Інформація про конструктивні виконання і досягнуті параметри для МГЛ наведена в [8-10].

Компанія LUXIM (США) виробляє компактні безелектродні МГЛ з інтегрованими ЕПРА під торговою маркою «LiFi», які характеризуються високими значеннями параметрів табл. 1 [11].

Лампи «LiFi» володіють багатьма перевагами світлодіодних джерел світла, (СД), хоч і відрізняючись від них в деяких аспектах. Спільними для цих двох типів джерел світла є надійність напівпровідникових електронних пристроїв, спрямованість світлового потоку і можливість миттєвої зміни потужності. Відмінності полягають у тому, що лампи «LiFi» мають більші одиночні світлові потоки при малих габаритах суцільний спектр випромінювання, високий

індекс кольоропередачі ($R_a=94$) і високу світлову віддачу ($\eta > 100$ лм/Вт). І якщо світильники з СД краще всього підходять для сфер застосування, що вимагають малих і середніх світлових потоків, то лампи

«LiFi» підходять для сфер застосування, які вимагають великих світлових потоків, таких наприклад, як вуличне освітлення, освітлення приміщень з високими стелями та ін.

Таблиця 1

Порівняльні параметри енергоекономічних джерел світла

Джерело світла	Світлова віддача, лм/Вт	Індекс кольоро-передачі	Строк служби
Безелектродні лампи «LiFi»	115	80	50000
Кварцові металогалогенні лампи	85	75	10000
Керамічні металогалогенні лампи	100	90	15000
Світлодіоди	120	80	50000
Натрієві лампи високого тиску	125	20	24000

Лампи «LiFi» мають спільні особливості з іншими безелектродними джерелами світла, такими як індукційні лампи низького тиску: вони не потребують електродів для підведення енергії в колбу лампи і тим самим мають повністю герметизовані довговічні пальники. У той же час, лампи «LiFi» мають принципові відмінності від існуючих безелектродних ламп низького тиску, в яких для генерації світла зазвичай використовуються люмінофори.

Проведемо аналіз можливих шляхів підвищення світлової віддачі МГЛ. Світловіддачу ламп можна виразити через ККД кожної спектральної лінії:

$$\eta_{\text{л}} = 683 \sum k_{\lambda} \cdot \eta(\lambda) = -683 \left(1 - \frac{U_{\text{ак}}}{U_{\text{л}}} \right) \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{ІТ}}}{P_{\text{ІСТ}}} \right) \cdot \sum k_{\lambda} c_{\lambda}, \quad (1)$$

де $\eta_{\text{л}}$ - світлова віддача лампи; k_{λ} - відносна спектральна ефективність монохроматичного випромінювання для денного зору; $P_{\text{ІСТ}}$ - питома електрична потужність розрядного стовпа; $P_{\text{ІТ}}$ - питомі теплові втрати розрядного стовпа; $U_{\text{ак}}$ - розрахункове значення величини падіння анодно-катодного потенціалу; $U_{\text{л}}$ - напруга на лампі; c_{λ} - коефіцієнти для різних спектральних ліній або ділянок спектру, що визначаються тиском випромінюючих домішок і буферного газу, діаметром трубки.

З виразу (1) можна зробити висновок, що для підвищення світлової віддачі розрядної лампи високого тиску необхідно: намагатися досягти максимального значення $\sum k_{\lambda} c_{\lambda}$ шляхом вдалого вибору складу композиції випромінюючих добавок та тиску буферного газу; зменшувати питомі теплові втрати розрядного стовпа $P_{\text{ІТ}}$; збільшувати питому потужність стовпа $P_{\text{ІСТ}}$; збільшувати $U_{\text{л}}$.

Щодо зменшення $P_{\text{ІТ}}$ можливо досягти шляхом вибору буферного пару або газу з мінімальною теплопровідністю. Так як у більшості поширених конструкцій металогалогенних ламп як буферний газ

використовуються ртутні пари під тиском декілька атмосфер, то можливості зменшити питомі теплові втрати за рахунок теплопровідності буферного газу практично не існує. При використанні в якості буферного газу Хе світлова віддача МГЛ знижується.

Вважається, що питомі теплові втрати стовпа практично не залежать від умов розряду. Для ртутного розряду це дійсно так, оскільки теплові втрати пропорційні різниці температур каналу розряду й стінки, а інтенсивність випромінювання та електропровідність плазми експоненціально залежать від температури плазми. Однак, в металогалогенних лампах в значних межах змінюється діаметр розрядного каналу і, відповідно, товщина зони теплопровідності. Тому слід більш уважно розглянути питомі теплові втрати стовпа таких ламп з урахуванням діаметра розрядного каналу.

Якщо зробити спрощення, що в зоні теплопровідності відсутнє поглинання випромінювання, температура в каналі розряду постійна й дорівнює T_0 , а коефіцієнт, теплопровідності χ не залежить від температури, то тепловий потік через циліндричну поверхню з радіусом r одиничної висоти дорівнює:

$$P_{\text{ІТ}} = -\bar{\chi} \frac{dT}{dr} 2\pi r \quad (2)$$

Інтеграл від цього виразу має вигляд:

$$P_{\text{ІТ}} = \frac{2\pi\bar{\chi}(t_0 - t_{\text{СТ}})}{\ln(r_{\text{р}}/r_{\text{еф}})}, \quad (3)$$

де $t_{\text{СТ}}$ - температура внутрішньої стінки пальника; $r_{\text{еф}}$ - ефективний радіус розрядного каналу; $r_{\text{р}}$ - внутрішній радіус трубки; $\bar{\chi}$ - середній коефіцієнт теплопровідності ртуті в температурному діапазоні t_0 - $t_{\text{СТ}}$.

При зміні ефективного радіуса каналу в межах $r_{\text{еф}}/r_{\text{р}} < 0,4-0,5$ значення величини $P_{\text{ІТ}}$, змінюються помірно і лише при $r_{\text{еф}}/r_{\text{р}} > 0,5-0,6$ починається його різке зростання. Таким чином, з метою підвищення

$\eta_{\text{ЛС}}$ в металогалогенних лампах потрібно забезпечувати умови розряду з радіусом розрядного каналу, що задовольняють вимозі $\Gamma_{\text{сф}}/\Gamma_{\text{ТР}} < 0,5$.

Відносно збільшення питомої потужності стовпа можна констатувати, що, з незначним зростанням питомих теплових втрат, воно підвищує ККД лампи. Є два шляхи збільшення $P_{\text{ЛСТ}}$: за рахунок збільшення градієнту потенціалу та за рахунок сили струму. Порівнюючи ці шляхи, можна дійти висновку, що збільшення градієнта потенціалу має ряд переваг, перед збільшенням сили струму:

- збільшення градієнта потенціалу можливо досягти шляхом підвищення тиску парів буферного газу (ртуті), яке в свою чергу підвищує вихід випромінювання за рахунок збільшення ширини резонансних ліній випромінюючих домішок;

- збільшення градієнта потенціалу за умови, що підвищення напруги в мережі не обмежується, дозволяє при тих же або й менших геометричних розмірах збільшити напругу на лампі $U_{\text{Л}}$ що зменшує частку електродних втрат $U_{\text{ак}}/U_{\text{Л}}$;

- збільшення сили струму розряду, крім збільшення частки електродних втрат, призводить також до збільшення кількості вільних зарядів у дузі, а отже підвищує ступінь іонізації випромінюючих домішок, що може знизити вихід випромінювання з розряду металогалогенних ламп.

В залежності від характеру задачі можливо змінювати питому потужність, геометрію пальника, кількість ртуті й випромінюючих домішок, силу струму в лампі. Інші параметри (температура пальника, тиск парів випромінюючої домішки і ртуті, радіус розрядного каналу та ін.) є залежними, тому, зі зміною $P_{\text{ЛСТ}}$ одночасно змінюється декілька факторів від яких в різній мірі залежить $\eta_{\text{Л}}$.

Нами проведено аналіз факторів, які мають впливати на світлотехнічні параметри МГЛ. У трубчастих металогалогенних лампах, що працюють у вертикальному положенні, уздовж стовпа часто спостерігається нерівномірний розподіл випромінювання по кольору і яскравості. Відомо, наприклад, що розподіл сили випромінювання ліній видимого спектру розряду високого тиску з добавками йодидів Na, Tl, In уздовж дуги вертикально працюючої лампи для окремих елементів значно відрізняється [12-14]. Жовте випромінювання резонансної лінії натрію концентрується в нижній частині пальника і різко убуває догори, у той час як сили випромінювання ліній Tl ($\lambda=535$ нм) і In ($\lambda=451$ нм) майже не змінюються по довжині.

Експериментально встановлено, що для ламп із йодидами Na і Sc (потужність 1000 Вт, довжина дуги 90 мм) світлова віддача дуги у верхній частині складає менш 60% від світлової віддачі в нижній її частині. В результаті цього світлова віддача лампи знижується на 17%. При цьому нерівномірний роз-

поділ випромінювання має місце і для Na і Sc. Якби вдалося досягти інтенсивності випромінювання ліній рівномірної по всій довжині розряду, причому рівної інтенсивності випромінювання в максимумі, то можна було б не тільки вирівняти колір світла вздовж дуги, але й істотно підняти світлову віддачу [13]. Дослідження показали, що розшаруванню піддаються добавки з невеликою атомною вагою і високим ступенем іонізації в дузі. З досліджуваних нами елементів Na найбільше змінює свою осьову концентрацію. Збільшення в дузі концентрації добавки, що піддана розшаруванню, чи введення більш легке іонізованої, що служить донором електронів, послабляє цей процес. Для випромінюючих добавок, осьова концентрація яких залишається практично постійної (Tl, In), осьовий розподіл випромінювання залежить тільки від зміни температури розряду і його температурного профілю. Для добавок, концентрація яких істотно змінюється уздовж осі, розподіл променистості залежить також від концентраційного розширення і реабсорбції резонансних ліній. Для таких випадків осьовий розподіл променистості може не співпадати з осьовим розподілом концентрації.

Характер розшарування випромінюючих добавок (наприклад, Na) у вертикально працюючої МГЛ не залежить від стану пару добавки (насиченого чи ненасиченого), а також від місця розташування конденсату – у нижній частині дуги концентрація нормальних атомів Na завжди значно вище, ніж в верхній (в 3-5 разів для розміру дуги 50 мм).

При зменшенні струму розряду зменшується радіальний градієнт концентрації нормальних атомів Na і Sc і зменшується ступінь розшарування їхньої осьової концентрації. Це підтверджує теоретичні передумови про те, що одним з головних механізмів виведення добавок з розряду МГЛ є амбіполярна дифузія.

Зі збільшенням тиску пару ртуті градієнт осьової концентрації добавки Na і Sc зменшується, однак характер розподілу залишається незмінним. Так як збільшення тиску пар ртуті приводить до інтенсифікації конвекційних потоків у пальнику, за рахунок яких у значній мірі здійснюється перенос йодидів металів у розряд, то для добавок працюючих у насичених парах (і з конденсатом в холодній зоні) воно додатково збільшує їхню концентрацію в дузі і може додатково змінювати осьовий розподіл променистості за рахунок розширення і реабсорбції резонансних ліній.

Зміна геометричних розмірів дуги істотно не змінює градієнт концентрації у вертикальному напрямку, однак за рахунок довжини дуги концентрації добавок на кінцях пальника можуть відрізнятися: для довгих дуг різниця значно вище, ніж для коротких, отже, і різниця в променистості теж більше.

Концентрація випромінюючих атомів Na у нижній частині горизонтально розташованої дуги більше, ніж у верхній. Вимірами променистості і спектрів ліній Tl і In по вертикальному перерізі дуги встановлено, що, як і у вертикально працюючих дугах, ці добавки практично не піддаються розшаруванню. За інших рівних умов – (температури холодної зони пальника, тиску буферної пари, градієнта потенціалу, довжини дуги) – у горизонтально працюючій дузі потенційні втрати світлового потоку за рахунок розшарування добавок менше, ніж у вертикальній.

Висновки

На підставі проведених досліджень та аналізу можна рекомендувати для підвищення світлової ефективності МГЛ наступне:

обрати склад випромінюючих добавок з максимальним значенням $\sum K_{\lambda} C_{\lambda}$;

зменшувати питомі теплові втрати розрядного стовпа;

збільшувати питому потужність розрядного стовпа $P_{1ст}$;

збільшувати напругу на лампі $U_{л}$;

забезпечувати умови розрядного каналу, що задовольняють $\Gamma_{ЕФ}/\Gamma_{ТР} < 0,5$;

підвищувати тиск випромінюючих добавок та буферного газу;

знижувати ступінь іонізації добавки шляхом підвищення її концентрації чи введення інших легкоіонізуючих елементів;

знижувати струм лампи (при збереженні питомої потужності стовпа) за рахунок збільшення градієнта напруги;

зменшувати вертикальні розміри дуги, зберігаючи при цьому такі параметри, як питома потужність стовпа, та температура холодної зони пальника;

забезпечувати оптимальні концентрації випромінюючих добавок, при яких максимум променистості (з урахуванням реабсорбції ліній) приходить на геометричний центр пальника.

Список літератури

1. Рохлин Г.Н. Разрядные источники света. – М.: Энергоатомиздат, – 1991. 720 с.
2. Уэймаус Д. Газоразрядные лампы. – М.: Энергия. 1977. – 344 с.
3. Кулаков И.А. Металлогалогенные газоразрядные лампы за рубежом (Обзор) // Светотехника. 1975. №11. – С. 21-27.
4. Маришак И.С. Современные высокоинтенсивные источники света // Серия: "Итоги науки и техники". Светотехника и инфракрасная техника. – М. 1976. Т. 4. – С. 87.
5. Jark A.C., Koedam M. Energy balances for some high pressure gas discharge lamps//J. Illum. Eng. Soc. 1974. V.3. N4. -P. 323-328.
6. Keefe William M. Energy balance of the scandium-sodium iodide arc lamp//Light Des.and Appl. 1974. V.4. N6. - P. 32-35.
7. Маклджон С.А. Металлогалогенные лампы с керамической горелкой. Светотехника №5. 1997. – С.27-29.
8. Прикупец Л.Б. Источники света на выставке "Light+Bulding-2010" Светотехника 2010. - №6. С.69-72.
9. Новые безэлектродные компактные МГЛ с электронными ПРА. Светотехника 2011. - №5.- С.77-80.
10. Прикупец Л.Б. Источники света на выставке "Light+Bulding-2012" Светотехника 2012. - №4. С.47-51.
11. Прикупец Л.Б. Исключительное становится привычным! Источники света на международной выставке "Light+Bulding-2016" Светотехника 2016. - №6. – С.75-79.
12. Zollweg R.J. Reducing additive saegregation in metal halide high-intensity discharge lamps//J. Illum. Eng. Soc. 1975. 5. №1. – P. 12-18.
13. Zollwed R.G. Convection in vertical mercury and metal-halide arc lamps, - J.Illum. Eng.Soc. 1979, m14, p.126-131.
14. Намитокос К. К., Кожушко Г. М. Осевое расщепление излучения разряда высокого давления в многокомпонентной среде // Вісник національного технічного університету ХПІ. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2001. - №16.- С. 121-124.

Надійшла до редколегії 9.02.2018

Рецензент: д-р техн. наук, доц. О.В. Шульга, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава.

МЕТАЛЛОГАЛОГЕННЫЕ ЛАМПЫ: ДОСТИГНУТЫЙ УРОВЕНЬ И ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПОВЫШЕНИЯ СВЕТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

С.Г. Кислица, Н.В. Ермилова, Г.М. Кожушко

В работе анализируются современные конструкции и параметры коммерческих образцов металлогалогенных ламп ведущих мировых производителей, их преимущества и недостатки перед другими энергоэкономичными источниками света и проведен анализ возможных путей дальнейшего повышения световых параметров этих ламп.

Ключевые слова: энергоэкономичные источники света, металлогалогенные лампы, керамическая горелка, кварцевая горелка, безэлектродная лампа, световая отдача, цветопередача, срок службы.

METAL HALIDE LAMPS: THE ACHIEVED LEVEL AND WAYS TO FURTHER INCREASE THE LIGHT EFFICIENCY OF ENERGY-EFFICIENT LIGHT SOURCES

S.H. Kyslytsia, N.V. Yermilova, G.M. Kozhushko

The article analyzes modern designs and parameters of commercial samples of metal halide lamps from leading world manufacturers, their advantages and disadvantages over other energy-efficient light sources, and analyzes possible ways of further improving the light parameters of these lamps.

Key words: energy-efficient light sources, metal halide lamps, ceramic burner, quartz burner, electrodeless lamp, luminous efficiency, color rendition, service life.