

УДК 621.327

Анатолій Семенов, к.ф.-м.н.; Григорій Кожушко, д.т.н.; Тамара Сахно, д.х.н.  
Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна

### ПРОГНОЗУВАННЯ КОРИСНОГО СТРОКУ СЛУЖБИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИХ ЛАМП ЗА СТАБІЛЬНІСТЮ ПРОМЕНЕВОГО ПОТОКУ

В роботі представлені результати прогнозування корисного строку служби ультрафіолетових розрядних ламп низького тиску за спадом променевого потоку.

*Ключові слова:* строк служби, ультрафіолетова лампа, променевий потік.

**Anatoliy Semenov; Grigory Kozhushko; Tamara Sakhno**

### THE PREDICTION OF THE USEFUL LIFETIME OF THE ULTRAVIOLET LAMPS FOR STABILITY THE RADIATION FLUX

The paper presents the results of the prediction of the useful lifetime of ultraviolet discharge lamps at low pressure for reducing the radiation flux.

*Key words:* service life, ultraviolet lamp, radiation stream

Для проектування опромінювальних установок з використанням УФ-С важливо знати як змінюється променевий потік джерела в процесі строку служби. Сьогодні, як джерела УФ-С випромінювання, широко використовуються ртутні розрядні лампи низького тиску в колбах із кварцевого та увіолевого скла [1, 2]. Відомо, що в процесі строку служби відбувається зниження потоку ультрафіолетового випромінювання через окислення ртуті в лампі і осіданням продуктів реакції на внутрішню поверхню колби, напилення матеріалів електродів на колбу і утворення амальгам, зниження прозорості кварцевого та увіолевого скла під дією УФ-випромінювання та інших факторів [3]. Зниження променевого потоку також може відбуватися через зміну в процесі строку служби електричних параметрів ламп, наприклад через зниження потужності.

Механізм і ступінь впливу, вище вказаних факторів, для різних конструкцій ламп, режимів живлення, а також умов експлуатації не достатньо вивчені, тому дослідження зміни променевого потоку в процесі експлуатації ультрафіолетових ламп та прогнозування їх корисного строку служби є питаннями актуальними.

Метою даної роботи було експериментальне дослідження спаду променевого потоку ртутних розрядних ламп низького тиску в процесі горіння та вибір математичної моделі спаду УФ-С потоку на основі якої можна прогнозувати корисний строк служби.

Корисний строк служби - це час протягом якого променевий потік лампи при певних режимах живлення і умовах експлуатації не зменшується нижче встановленого рівня, наприклад 70% початкового значення.

Математичну модель спаду променевого потоку УФ-С розрядної лампи низького тиску можна побудувати використовуючи метод математичної екстраполяції. Як приклад прогнозування корисного строку служби за спадом світлового потоку можна взяти методики для світлодіодних модулів [4].

Нами була взята за основу методика прогнозування спаду світлового потоку світловипромінюючих діодів, описана в [5, 6]. Методом прогнозування корисного

строку служби за спадом світлового потоку є підбір емпіричної експоненціальної кривої для кожної умови випробувань. Подальша екстраполяція цієї підбраної функції до моменту часу, де світловий потік зменшується до певного прийнятого рівня (наприклад до 80, 70 або 60 % від початкового потоку) дозволяє оцінити величину корисного строку служби. Експоненціальна крива спаду променевого потоку  $F(t)$  за час  $t$ , яка має загальний вигляд:

$$F(t) = B \exp(-\alpha t), \quad (1)$$

Знаходження величини  $B$  - початкової постійної, і  $\alpha$  - постійної швидкості спаду променевого потоку здійснюється за методом найменших квадратів. Після розрахунку постійних  $B$  та  $\alpha$  шукане значення тривалості горіння (строку служби  $\tau_p$ ) протягом якого відбувається зменшення променевого потоку до заданого рівня розраховується із виразу:

$$\tau_p = \frac{\ln\left(100 \cdot \frac{B}{p}\right)}{\alpha} \quad (2)$$

де  $p$  – заданий рівень від початкового значення променевого потоку.

При рекомендованому рівні  $p = 0,7$  маємо:

$$\tau_{70} = \frac{\ln\left(100 \cdot \frac{B}{0,7}\right)}{\alpha} \quad (3)$$

Взявши логарифм від обох частин (1) маємо

$$\ln F(t) = \ln B \exp(-\alpha t) \quad (4)$$

Позначивши  $\ln F(t) = y$ ,  $-\alpha = m$ ,  $b = \ln B$ , отримуємо рівняння прямої

$$y = mx + b \quad (5)$$

Для набору  $n$  експериментальних точок на графіку  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...,  $(x_n, y_n)$  метод найменших квадратів для величин  $m$  та  $b$  дасть відповідно:

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (6)$$

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{n} \quad (7)$$

де  $n$  – загальна кількість усереднених експериментальних точок  $x_k = t_k$ ,  $y_k = \ln F_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ .

Провівши необхідні розрахунки і зворотні перетворення знаходимо  $B = \exp b$ ,  $\alpha = -m$ .

Нами проведені дослідження зниження променевого потоку УФ-С в процесі горіння розрядних ламп низького тиску потужністю 20 Вт типу ZW20D15W(Y) в схемі з електронним ПРА торгівельної марки «Tridonic». Колби ламп виготовлені із

кварцевого скла. Випробування ламп проводили при напрузі живлення 220В, в режимі 3-х разового вимикання протягом доби на час по 15 хв. Вимірювання потоку випромінювання в діапазоні довжин хвиль УФ-С проводили з використанням радіометра енергетичної освітленості ультрафіолетового діапазону (Тензор-31) згідно з [7] після 100 год., 500 год. і далі через кожні 500 год. до 6000 год.

В роботі наведені результати вимірювання променевого потоку через 500 год. (у відносних одиницях) та розрахунок  $m$ ,  $b$ ,  $\alpha$ ,  $B$  для  $p=0,8$  та  $p=0,7$ .

Отриманий прогноз корисного строку служби досліджених УФ-ламп за зниженням променевого потоку до рівня 0,8 початкового значення становить 4,6 тис. год., а рівня 0,7 початкового значення – 8,3 тис. год.

Розрахунки проводили за результатами вимірювання до 3000 год. Для оцінки точності прогнозу випробування продовжили до 6000 год. і оцінили відносну похибку прогнозу від експериментальних даних в точках вимірювання. Похибка не перевищувала  $\pm 3$  %.

Висновки:

1. Корисний строк служби УФ-ламп в діапазоні спектру УФ-С можна оцінювати по незавершених випробуваннях після 2500-3000 год. За результатами спаду променевого потоку з точністю до  $\pm 3$  %.

2. Корисний строк служби (при зниженні променевого потоку до 70 % початкового) для досліджених ламп складає 8,3 тис. год.

Література:

1. Сарычев, Г. С. Облучательные светотехнические установки / Г. С. Сарычев. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.

2. Вассерман, А. Л. Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний / А. Л. Вассерман, М. Г. Шандала, В. Г. Юзбашев. - М.: Медицина, 2003. – 208 с.

3. Мещеряков Ю. А. Причины проявления «тусклых» энергоэкономичных люминесцентных ламп и рекомендации по их устранению / Ю.А. Мещеряков, А.С. Федоренко, И. Ф. Голикова, В.И. Уварова, А.А. Прытков // Расчет параметров и конструирование источников света. Труды ВНИИИС. – Саранск, 1989. – Вып. 21. С. 61-72.

4. Модулі світлодіодні загального освітлення - Вимоги щодо характеристик – LEDmodulesforgenerallighting – Performancerequirements [Електронний ресурс] : ІЕС/PAS 62717:2011. - Режим доступу к журн. : [webstore.iec.ch/publication/20755](http://webstore.iec.ch/publication/20755). – (оприлюднені технічні умови МЕК).

5. Мальков М. Спад светового потока светодиодных сборок и долгосрочное прогнозирование их срока службы / Михаил Мальков // Lumen&expertunion. – 2012. – 01 июня. – С. 123–136.

6. Кожушко Г.М. Прогнозування строку служби СВД-ламп за спадом світлового потоку / Г.М. Кожушко, Ю.О. Басова, В.І. Давиденко / Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки. – Полтава: ПУЕТ, 2013. – № 1(57). – С. 8-11.

Джерела ультрафіолетового випромінювання. Методика виконання вимірювань параметрів ультрафіолетового випромінювання. МВУ 11-038-2007, від 1 квітня 2007р.