
I. ТОВАРОЗНАВСТВО ПРОМИСЛОВИХ ТОВАРІВ

УДК 628.931

ПРОГНОЗУВАННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ СВД-ЛАМП ЗА СПАДОМ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ

Г. М. Кожушко, доктор технічних наук; Ю. О. Басова; В. І. Давиденко

Розширення світлодіодного освітлення до недавня стримувалося не тільки технологічними проблемами та високими цінами, але і такою проблемою як визначення строку служби світлодіодних (СВД) ламп і світильників [1]. Декларація виробників про строк служби в десятки тисяч годин (до 100 тис. год) без підтвердження протоколами випробувань викликає недовіру споживачів. Головна складність цієї ситуації полягає в тому, що не існувало стандартних методик тестування СВД на строк служби. Перші рекомендації щодо оцінки цього параметра СВД були розроблені в США [2]. У міжнародних стандартах МЕК [3, 4] також рекомендується оцінювати строк служби СВД-ламп за спадом світлового потоку. При цьому строк служби визначається як період часу, протягом якого джерело світла забезпечує задану величину світлового потоку.

Для загального освітлення критичним зменшенням світлового потоку вважається величина, більша ніж на 30 % від початкового значення. Для декоративного, де рівень освітлення є не таким критичним, граничний спад світлового потоку допускається до 50 %. Отже, тривалість горіння (в годинах) до зменшення світлового потоку до 70 % початкового

значення і є корисним строком служби СВД для загального освітлення.

Мета статті – оцінити строк служби партії СВД-ламп потужністю 10 Вт за результатом дослідження спаду світлового потоку за 5000 год.

Згідно з [2–4] термін випробувань СВД-модулів і ламп рекомендовано не менше 6 тис. год. При цьому перша тисяча може не враховуватися, оскільки результати вимірювань світлового потоку на першій тисячі годин можуть внести суттєві похибки в прогноз [1]. Для прогнозу використовуються наступні 5 тис. годин. Випробування СВД джерел світла на спад світлового потоку рекомендується проводити при температурі р-п переходу, що дорівнює 55 °С або 85 °С. Рекомендований обсяг вибірки ламп – 20 шт. (в разі зменшення обсягу вибірки зростає похибка прогнозу). Прогноз спаду світлового потоку при вибірці 20 модулів не може бути тривалішим, ніж на шестикратну тривалість випробувань, тобто 6 D (де D – тривалість випробувань). При вибірці 10 модулів величину світлового потоку можна прогнозувати не більше як 5,5 D [1], що стосується СВД-ламп, то згідно з [3] прогноз строку служби СВД-ламп за спадом світлового потоку не поширюється на час, який переви-

щує чотирьохкратну тривалість випробувань, тобто за результатами 6000 год випробувань при позитивному результаті можна зробити висновок, що партія ламп має строк служби не менший за 24000 год.

Розглянемо методику прогнозування спаду світлового потоку СВД, яка описана у [1]. Рекомендованим методом прогнозування строку служби за спадом світлового потоку є підбір емпіричної експоненційної кривої для опису отриманих даних про спад світлового потоку окремо для кожної умови випробування. Подальша екстраполяція цієї підбраної функції до моменту часу, де світловий потік зменшується до мінімального прийняттого рівня (наприклад, 70 % початкового світлового потоку) дозволяє оцінити величину корисного строку служби. Цю крива також можна використовувати для того, щоб оцінити величину світлового потоку для заданих майбутніх моментів часу (наприклад, 25000 год або 35000 год).

Експериментальні дані, які використовуються для описуваної екстраполяції, спочатку нормалізуються до одиниці (100 %) при 0 год горіння для кожного зразка в межах даної вибірки і потім усереднюються в кожній точці вимірювань спаду світлового потоку.

Під час випробування тривалістю 6–10 тис. год для прогнозування слід використовувати дані лише останніх 5 тис. год. Під час випробувань тривалістю понад 10 тис. год для підбору емпіричної кривої необхідно використовувати дані лише останніх 50 % часу повної тривалості випробування. Отже, слід використовувати всі експериментальні точки між $D/2$ і D . Наприклад, якщо тривалість випробування становила 13 тис. год, використовуються всі експериментальні точки від 6,5 тис. до 13 тис. год. Якщо експериментальної точки при $D/2$ немає, то в апроксимацію даних необхідно включити найбільш близький момент часу. Тобто в цьому випадку (для тривалості досліджень 13-ти тис. год) для даних, які отримані через кожну тисячу годин, використовуються експериментальні точки від 6-ти до 13-ти тис. год.

Підбір емпіричної експоненційної кривої спаду світлового потоку $\Phi(t)$, представлений у формулі (1):

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

здійснюється знаходженням величини B – прогнозованої початкової постійної, і α – постійної швидкості спаду світлового потоку за методом найменших квадратів. Після розрахунку постійних B та α , шукане значення часу (строку служби L_p), необхідного для досягнення заданого рівня світлового потоку, розраховується за формулою (2):

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

де p – деякий заданий рівень від початкового світлового потоку.

Отже, при рекомендованому критичному рівні 0,7 від початкового потоку маємо:

$$L_{70} = \frac{\ln\left(\frac{B}{0,7}\right)}{\alpha}. \quad (3)$$

Підбір за методом найменших квадратів здійснюється так: взявши логарифм від обох частин співвідношення (1) маємо:

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

Тоді, позначаючи $y = \ln \Phi(t)$, $m = -\alpha$, $b = \ln B$, отримуємо рівняння прямої лінії:

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

Для набору n експериментальних точок на графіку $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, де n – загальна кількість усереднених експериментальних точок $x_k = t_k$, $y_k = \ln \Phi_k$, де $k = 1, 2, \dots, n$, метод найменших квадратів для величин m та b дасть, відповідно:

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}; \quad (7)$$

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{n}. \quad (8)$$

Провівши необхідні розрахунки та проводячи зворотні перетворення, знаходимо $V = \exp(b)$, $\alpha = -m$.

Ми дослідили спад світлового потоку в процесі горіння партії СВД-ламп потужністю 10 Вт в обсязі 10 шт. Випробування проводили при максимальній температурі поверхні радіатора СВД-модуля в лампі, яка не перевищує 80–85 °С. Вимірювання світлового потоку проводили через кожні 1000 год горіння лампи.

Параметри лампи при вимірюванні світлового потоку були стабілізовані – протягом останніх 5 хв горіння перед вимірюваними значеннями потужності та світлового потоку не відрізнялися більше ніж на 1 %. Напруга живлення під час вимірювання світлового потоку в фотометричній кулі діаметром 1 м підтримувалась з точністю $\pm 2\%$. Результати вимірювання світлового потоку через 1000 год і результати розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати вимірювання світлового потоку та розрахунків у ході підбирання емпіричної кривої методом найменших квадратів

Час, год	Відносний світловий потік, %	$\ln \Phi(t)$	x	y	xy	x ²
100	1,0					
1000	0,98643	-0,01366	1000	-0,014	-13,7	1000000
2000	0,96866	-0,03184	2000	-0,032	-63,7	4000000
3000	0,95804	-0,04287	3000	-0,043	-128,6	9000000
4000	0,94873	-0,05263	4000	-0,053	-210,5	16000000
5000	0,93046	-0,07208	5000	-0,072	-360,4	25000000
6000	0,92451	-0,07849	6000	-0,078	-470,9	36000000
Суми		-0,29157	21000	-0,2916	-1247,8	91000000
m						-0,0000129
b						-0,0031337
a						-0,0000129
V						0,9968712
Расчетный L ₇₀						53123,3

Отриманий прогноз корисного строку служби за стабільністю світлового потоку, тобто до зниження світлового потоку на 30 %, для досліджуваної партії СВД-ламп становить 53 тис. год.

За джерелом [3], прогноз строку служби за результатами випробувань становить до 6 тис. год. Отже, ми можемо стверджувати, що дослідження партії ламп має корисний строк служби не менший, ніж чотирикратний час випробувань, тобто 24000 год. Для отримання більш точного прогнозу й оцінки потрібно проводити випробування до 0,25 задекларованого його значення. Так як для даної партії ламп виробник задекларував середній строк служби – 40 тис. год, то випробування доцільно продовжити до 10 тис. год.

1. Корисний строк служби світлодіодних ламп можна оцінювати за результатами їх випробувань на спад світлового потоку, спричиненого деградацією матеріалів та раптовими виходами з ладу окремих СВД-модулів у лампах у процесі їх функціонування. Прогноз строку служби за результатами спаду світлового потоку стандартами МЕК рекомендується обмежувати чотирикратним часом випробувань.

2. Результати прогнозу строку служби досліджуваної партії ламп – до 6 тис. год. Дозволяють декларувати 24 тис. год.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мальков М. Спад светового потока светодиодных сборок и долгосрочное прогнозирование

- их строка службы / Михаил Мальков // Lumen & expertunion. – 2012. – 1 июня. – С. 123–136.
2. ASSIST recommends: LED life for general lighting, 1 (1–7). – N.Y. : LRC, 2005.
 3. Лампи світлодіодні загального освітлення, поєднані з допоміжними пристроями: Вимоги до характеристик Self-ballasted LED-lamps for general lighting services – Performance requirements [Електронний ресурс] : IEC/PAS 62612:2009. – Режим доступу: http://webstore.iec.ch/preview/info_iecpas62612%7Bed1.0%7Den.pdf. – (Оприлюднені технічні умови МЕК). – Назва з екрана.
 4. Світлодіодні модулі загального освітлення: Вимоги до характеристик – LED modules for general lighting – Performance requirements [Електронний ресурс] : IEC/PAS 62717:2011. – Режим доступу: http://webstore.iec.ch/preview/info_iecpas62717%7Bed1.0%7Den.pdf. – Назва з екрана.

УДК 544.54:678.743

АНТИФРИКЦІЙНІ ТА УЩІЛЬНЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ПОЛІТЕТРАФЛУОРЕТЕНУ

Т. В. Сахно, доктор хімічних наук;
С. А. Хатіпов, доктор фізико-математичних наук;
С. Т. Сичкова; О. М. Конова; Ю. Е. Сахно;
Н. В. Садовська, кандидат фізико-математичних наук

Полімерні матеріали антифрикційного й ущільнювального призначення на основі фторопластів, поліамідів, поліетену, полімиду, полікарбонату, поліефірів широко застосовуються у вітчизняній та світовій практиці для виготовлення деталей у машинобудуванні, авіаційній, космічній, автомобільній та іншій техніці. Перераховані класи полімерів мають свої обмеження при застосуванні, які пов'язані з низькою зносостійкістю або високим коефіцієнтом тертя, недостатньо високою температурою експлуатації, вологопоглинанням, хімічною нестійкістю, міцнісними, в'язко-пружними або діелектричними властивостями. Політетрафлуоретен (ПТФЕ, технічна назва фторопласт-4) є безумовним лідером для використання в деталях ковзання та забезпечення герметичності рухомих і нерухомих з'єднань [1].

Перспективними галузями застосування зверхзносостійкого ПТФЕ є також регулююча, зворотна, запірна, розподільна, змішувальна та інші види арматури для обладнання тепло-

мереж, нафто- і газопроводів. Мова йде про компресори, насоси, кульові крани, засувки, затвори, клапани. Рішення проблеми тертя та зносу в перерахованих виробках має колосальний економічний і екологічний ефект. Важливим напрямом у застосуванні ПТФЕ є мостобудування. Для забезпечення зворотньо-поступових і кутових переміщень опорного вузла прогонової будівлі (автомобільних і залізничних мостів, автодорожніх розв'язок, шляхопроводів, естакад та інших наземних споруд) в якості шару ковзання використовуються композиційні матеріали на основі ПТФЕ і останнім часом надвисокомолекулярного поліетену, які значно поступаються розробленій радіаційній модифікації ПТФЕ.

Безумовно, ще один дуже важливий напрям його застосування в гідроциліндрах, а це екскаватори, бульдозери, кар'єрні самоскиди, скрепери, автогрейдери, бетононасоси, крани, сільгоспмашини, гідроманіпулятори, гідропреси, гірничошахтне обладнання, верстатне