

приміщеннях, тоді як метод лінійних ізолюкс є оптимальним для складних проєктів, де необхідна висока точність та рівномірність освітлення.

Список використаних джерел

1. Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М. Електричне освітлення та опромінення. Харків : Планетапрінт, 2018. 332 с.
2. Мардзявко В. А. Електричне освітлення. Миколаїв : МНАУ, 2024. 106 с.

Abstract. *The paper analyzes two methods for calculating electric lighting: the method of luminous flux utilization coefficients and the method of linear isolux. Their efficiency, accuracy, and feasibility of use in different conditions are compared. The method of coefficients turned out to be easier to use, while the method of linear isolux provides higher accuracy and uniformity of lighting. The results obtained can be used in lighting design to increase energy efficiency and comfort in rooms.*

Keywords: *electric lighting, method of coefficients, method of linear isolux, luminous flux, illumination, energy efficiency, lighting calculations, uniformity of lighting*

Науковий керівник:

Мардзявко В.А.,

асистент

кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Миколаївський національний аграрний університет

УДК. 621.327

Моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання

Дмитро Тіщенко,

здобувач вищої освіти спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. *У роботі досліджується процес вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання шляхом математичного моделювання. Розглянуто термічні та електричні аспекти деградації нитки, включаючи зміну маси, температури та опору в процесі експлуатації. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення конструкції ламп та підвищення їхньої довговічності.*

Ключові слова: *вольфрамова нитка, лампа розжарювання, моделювання, термічні процеси, електричний опір, випаровування, термодинаміка, енергоефективність.*

Вступ. Лампочки розжарювання є одним із найпоширеніших джерел світла, проте їх ефективність залишається низькою через значні теплові втрати. Основним елементом лампи розжарювання є вольфрамова нитка, яка при нагріванні до високих температур починає світитися. Водночас, процес її вигорання визначає термін служби лампи. Дослідження фізичних процесів, що відбуваються у вольфрамовій нитці під час роботи лампи, є актуальним для покращення її характеристик та розробки енергоефективних технологій освітлення [1]. Моделювання цих процесів дозволяє прогнозувати зміни електричних і термічних параметрів нитки, а також оцінити вплив різних факторів на її деградацію.

Метою даного дослідження є моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання з урахуванням термічних і електричних аспектів.

Результати дослідження. Моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання є складним завданням, яке потребує врахування багатьох фізичних та хімічних процесів. В основі моделі можуть бути як термічні, так і електричні аспекти [1].

При подачі електричного струму через вольфрамову нитку виникає нагрівання [2]:

$$P = I^2 \cdot R, \quad (1)$$

де P - потужність, що виділяється на нитці (Ват); I - струм (ампер); R - опір нитки (Ом).

Температура вольфрамової нитки зростає до точки, де вона починає світитися. Температура може бути розрахована за допомогою формули [2]:

$$T = T_0 + \frac{P}{A \cdot k}, \quad (2)$$

де T_0 - початкова температура; A - площа поперечного перерізу нитки (м^2); k - коефіцієнт теплопровідності вольфраму ($\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$).

Враховуючи зазначені складові процес вигорання вольфрамової нитки включає фізичні зміни, які відбуваються під час тривалого нагрівання. Процес вигорання вольфрамової нитки включає фізичні зміни, які відбуваються під час тривалого нагрівання.

З часом вольфрамова нитка втрачає масу через випаровування, що можна змоделювати за допомогою рівняння [2]:

$$\frac{dm}{dt} = -k_m \cdot A \cdot (T - T_{\text{subl}}), \quad (3)$$

де m - маса нитки (кг); k_m - константа випаровування (залежить від температури); T_{subl} - температура сублімації вольфраму.

З часом, внаслідок зменшення маси, опір нитки зростає:

$$R(t) = R_0 \left(1 + \frac{(m_0 - m(t))}{m_0} \right), \quad (4)$$

де R_0 - початковий опір нитки; m_0 - початкова маса нитки.

В результаті для опису процесу вигорання вольфрамової нитки можна створити систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dm}{dt} = -k_m \cdot A \cdot (T - T_{subl}) \\ P = I^2 \cdot R \\ T = T_0 + \frac{P}{A \cdot k} \\ R(t) = R_0 \left(1 + \frac{(m_0 - m(t))}{m_0} \right) \end{cases}, \quad (5)$$

Щоб виконати моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання, будемо використовувати наведені раніше рівняння. Для спрощення ми скористаємося чисельними методами для розв'язання системи диференціальних рівнянь.

Спочатку розрахуємо площу поперечного перерізу нитки:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0,0002)^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2, \quad (6)$$

Обчислимо початкову масу нитки:

$$V = A \cdot L = (3,14 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1) = 3,14 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3, \quad (7)$$

$$m_0 = \rho_w \cdot V = 19250 \cdot 3,14 \cdot 10^{-9} = 6,04 \cdot 10^{-5} \text{ кг}, \quad (8)$$

Далі ми можемо моделювати процес вигорання за допомогою чисельних методів (наприклад, методу Ейлера). Виконаємо розрахунки для даної системи рівнянь, відстежуючи зміни маси, температури, опору і т.д. протягом певного часу.

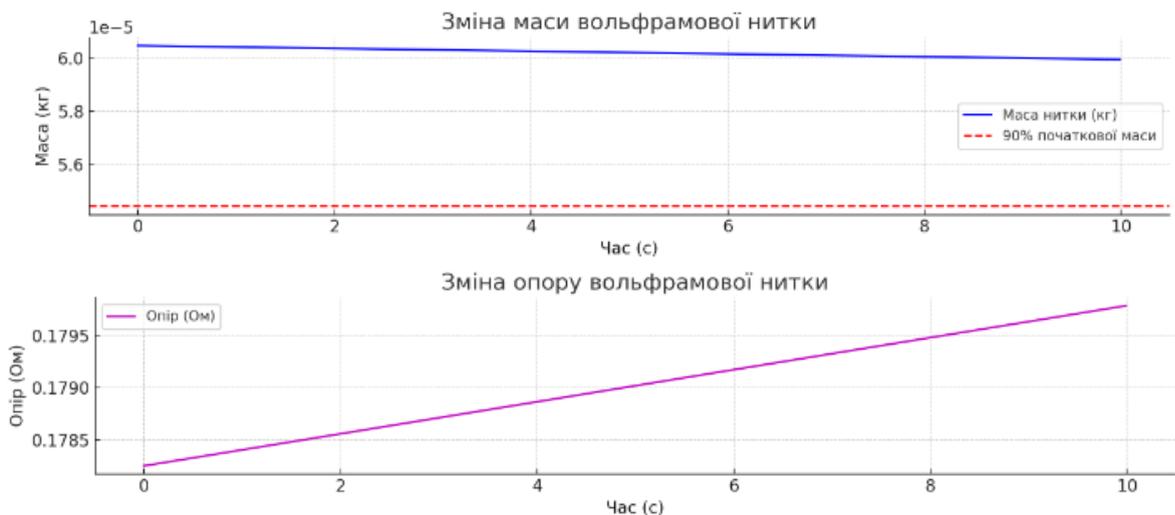


Рис. 1 – Результати моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання

Графік показує, як з часом зменшується маса нитки. Червона пунктирна лінія вказує на рівень 90% від початкової маси. Це важливий критерій, оскільки

коли маса зменшується до цього рівня, нитка може почати зазнавати значних змін, включаючи руйнування.

Опір нитки зростає внаслідок втрати маси. Оскільки опір залежить від довжини та площі поперечного перерізу, зменшення маси призводить до збільшення опору.

Висновки. Моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки може бути здійснено за допомогою системи рівнянь, яка описує термічні та електричні аспекти роботи лампочки. Для отримання точних результатів можна використовувати чисельні методи, такі як метод Ейлера або метод Рунге-Кутти.

Моделювання показує, як вольфрамова нитка втрачає масу і нагрівається до високих температур. Ці дані важливі для розуміння термодинамічних процесів у лампочках розжарювання та можуть допомогти у вдосконаленні їх дизайну для зменшення втрат та підвищення ефективності.

Список використаних джерел:

1. Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М. Електричне освітлення та опромінення. Харків : Планетапрінт, 2018. 332 с.
2. Smith J., Brown K. Tungsten Filament Degradation in Incandescent Lamps // Journal of Electrical Engineering. 2020. 45, 3. P. 112-125.

Abstract. *The paper investigates the process of tungsten filament burnout in an incandescent light bulb by mathematical modeling. Thermal and electrical aspects of filament degradation are considered, including changes in mass, temperature, and resistance during operation. The results obtained can be used to improve the design of lamps and increase their durability.*

Keywords: *tungsten filament, incandescent lamp, modeling, thermal processes, electrical resistance, evaporation, thermodynamics, energy efficiency.*

Науковий керівник:

Руденко А.Ю.,

асистент

*кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Миколаївський національний аграрний університет*

UDC. 539.3

Study of bending vibrations of a thin elastic circular insert and their effect on stress concentration in an unconfined environment

Vitalii Timoshenko

student of higher education, specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

Mykolaiv National Agrarian University

Mykolaiv, Ukraine