

РЕГУЛЯРНИЙ ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ В ТВЕРДОМУ ТІЛІ, АНАЛІТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація: наведено опис регулярного теплового режиму, аналітичне та експериментальне його обґрунтування та результати експериментальних досліджень на стенді в системі «металева циліндрична посудина досліджувана рідина».

Ключові слова: регулярний тепловий режим, теплопровідність, нагрівання, охолодження, логарифм надлишкової температури, темп охолодження.

Abstract: the description of the regular thermal regime, its analytical and experimental substantiation and the results of experimental researches on the stand in the system "metal cylindrical vessel of the investigated liquid" are given.

Key words: regular thermal regime, thermal conductivity, heating, cooling, logarithm of excess temperature, cooling rate.

Вступ

Теорію та методику використання регулярного теплового режиму було наведено в [1]. Основною характеристикою регулярного режиму є лінійний характер залежності процесу нагрівання (охолодження) тіла. Суть регулярного режиму нагрівання (охолодження) тіла полягає в тому, що з проходженням певного часу після початку нагрівання (охолодження) настає режим відмінністю якого є те, що логарифм різниці між температурою в будь-якій точці тіла та температурою навколишнього середовища змінюється з плином часу за лінійним законом, при цьому швидкість зміни логарифму темпу охолодження для всіх точок однакова.

Основна частина

Аналіз отриманих рішень [2] для тіл різної геометричної форми показав, що всі вони мають однакову структуру тобто, представляють собою суму безкінечного ряду, елементи якого розміщені по швидко спадаючим експоненціальним функціям. Наприклад, для безрозмірної пластини при нагріванні (охолодженні) її в середовищі з постійною температурою t_p та постійним коефіцієнтом тепловіддачі α на її поверхні отримано:

$$\vartheta = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(\mu_n \frac{x}{\delta}) e^{-\mu_n^2 \frac{a\tau}{\delta^2}}, \quad (1)$$

В даному рівнянні A_n – постійний коефіцієнт, свій для кожного елемента ряду (не залежить від координат та часу), знайдений з початкових умов.

Множник $(\mu_n \frac{x}{\delta})$ являється функцією тільки координати x і його можна позначити U_n . Величина експонента буде зменшуватись пропорційно часу τ . Комплекс $\mu_n^2 \frac{a\tau}{\delta^2}$ – постійне додатне число, яке можна позначити m_n , при цьому m буде змінюватись в залежності від номера індексу так само як і μ :

$$m_1 < m_2 < m_3 < \dots < m_n, \quad (2)$$

Починаючи з деякого моменту часу $\tau > \tau_1$ початкові умови починають грати другорядну роль і процес повністю визначається тільки умовами нагрівання (охолодження) на межі тіла і середовища, фізичними властивостями тіла та його геометричною формою і розмірами. Температурне поле описується першим елементом ряду:

$$\vartheta = A_1 U_1 e^{-m_1 \tau}, \quad (3)$$

Це співвідношення показує, що зміна надлишкової температури як в просторі так і в часі не залежить від початкового розподілу температури. Логарифмуючи рівняння (3), отримаємо:

$$\ln \vartheta = \ln(AU) - m\tau, \quad (4)$$

або

$$\ln \vartheta = -m\tau + C(x, y, z), \quad (5)$$

З рівняння 4 виходить, що натуральний логарифм надлишкової температури для всіх точок тіла змінюється за лінійним законом. Описані вище аналітичні методи відносяться до регулярного теплового режиму в твердих тілах.

В результаті проведення експериментальних досліджень теплообміну на стенді [3] в системі «вода в кільцевому каналі – тонка циліндрична стінка – рідинне середовище» було отримано оригінальні результати (рис.) для аналізу яких вищенаведені методи являються дуже цінними. Викладений матеріал дозволяє проаналізувати результати досліджень та встановити наявність регулярного теплового режиму в експериментальній системі – «металева циліндрична посудина досліджувана рідина».

На рис. зображено залежність логарифму надлишкової температури від часу виявлений при охолодженні цукрового розчину масовою концентрацією 50%.

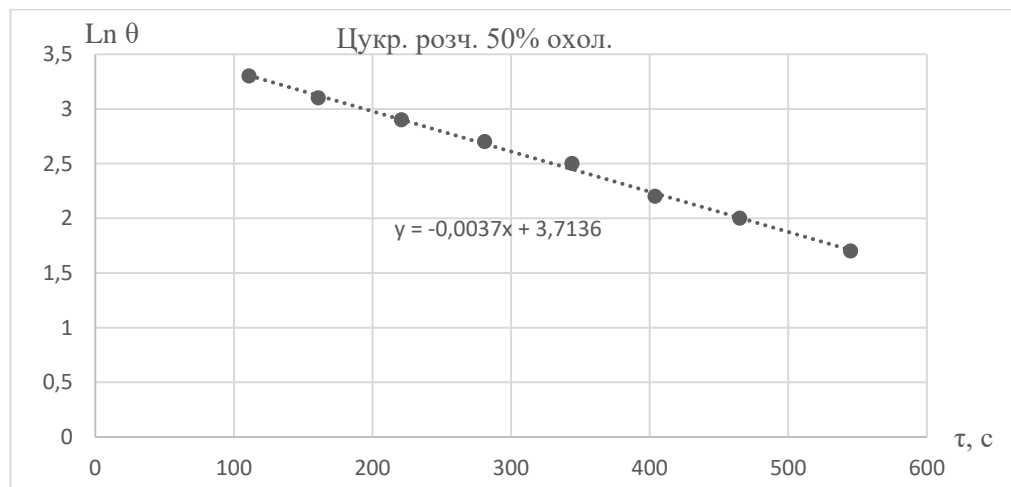


Рис. – залежність логарифму надлишкової температури від часу

На рисунку чітко простежується лінійний характер залежності, з чого можна зробити висновок про наявність регулярного режиму в експериментальній системі. Результати експериментальних досліджень потребують подальшого аналітичного дослідження.

Висновки

1. Регулярний тепловий режим в твердому тілі має експериментальне та аналітичне підтвердження [1, 2].
2. Регулярний тепловий режим в системі «металева циліндрична посудина – досліджувана рідина» на даному етапі встановлено лише експериментально та потребує аналітичного підтвердження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим / Г. М. Кондратьев. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. – 408 с.
2. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко и др. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.
3. Ткаченко С.Й. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів: монографія / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна. — Вінниця : ВНТУ, 2017. — 124 с.

Ткаченко Станіслав Йосипович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, stahit6937@gmail.com

Павлович Євгеній Олексійович, аспірант факультету будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, evgenijpavlovic3@gmail.com

Tkachenko Stanislav Yosypovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, stahit6937@gmail.com

Pavlovich Evgeniy Oleksiyovych, Postgraduate Student, Faculty of Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, evgenijpavlovic3@gmail.com