

НЕРІВНОМІРНИЙ РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУР В ЦИЛІНДРИЧНОМУ РІДИННОМУ ОБ'ЄМІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено нерівномірний розподіл температур в циліндричному рідинному об'ємі за умов охолодження і нагрівання соняшникової олії в процесі нестационарного теплообміну в системі «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – дослідне рідинне середовище в циліндричному об'ємі». Експериментально встановлено, що коефіцієнт нерівномірного розподілу температур практично сталий $\bar{\psi} \approx \text{const}$.

Ключові слова: регулярний тепловий режим, темп нагрівання, нестационарний теплообмін, нерівномірний розподіл температури.

Abstract

The uneven distribution of temperatures in a cylindrical liquid volume under the conditions of cooling and heating of sunflower oil in the process of non-stationary heat exchange in the system "water in an annular volume - a thin cylindrical metal wall – experimental liquid medium in a cylindrical volume" was studied. It is experimentally established that the coefficient of uneven temperature distribution is almost constant $\bar{\psi} \approx \text{const}$.

Keywords: regular heat regime, sugar solution, heating rate, non – stationary heat exchange, uneven temperature distribution.

Вступ

При дослідженні регулярного теплового режиму автором [1] для системи «рідина – тверде тіло» встановлені умови його виконання. Однією із основних умов є сталість коефіцієнта нерівномірного розподілу температур в дослідному тілі ψ . В роботі перевірено дану умову для системи «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – дослідне рідинне середовище в циліндричному об'ємі». Для названих умов авторами встановлено сталість темпу охолодження (нагрівання) $m = \text{const}$ для цієї системи [2].

Мета роботи: дослідити коефіцієнт нерівномірного розподілу температур в дослідному рідинному середовищі в циліндричному об'ємі в процесі нестационарного теплообміну.

Результати дослідження

Досліджується рафінована соняшникова олія марки ПДСТУ 4492:2005. Дослідна рідина в циліндричному об'ємі нагрівається за методом [3], а потім охолоджується. Аналізується нерівномірність розподілу температур в циліндричному рідинному об'ємі. Термічний опір металевої тонкої циліндричної стінки $\delta_{ст}/\lambda_{ст} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; термічний опір теплообміну між водою і металевою циліндричною стінкою $1/\alpha_1 = 1 \cdot 10^{-3} \dots 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, а отже $\delta_{ст}/\lambda_{ст} \ll 1/\alpha_1$.

Коефіцієнт нерівномірності розподілу температур в циліндричному рідинному середовищі знаходиться із залежності $\psi = \vartheta_f / \vartheta_v$, де ϑ_v – надлишкова середньооб'ємна температура зовнішнього теплоносія (води) $\vartheta_v = |\bar{t}_1 - \bar{t}_2|$, °С; \bar{t}_1 – середньооб'ємна температура води в кільцевому об'ємі установки, °С; \bar{t}_2 – середньооб'ємна температура дослідного рідинного середовища в циліндричному об'ємі, °С; ϑ_f – надлишкова середньооб'ємна температура зовнішнього теплоносія по відношенню до середньої температури стінки $\vartheta_f = |\bar{t}_1 - \bar{t}_{ст}|$ [3].

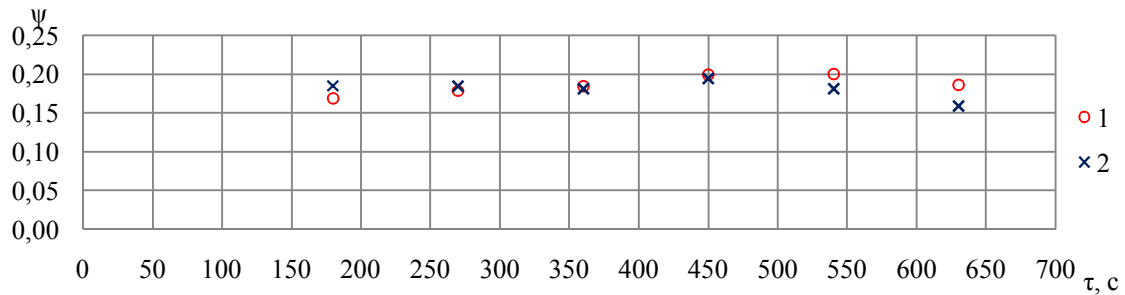


Рис. 1. Значення коефіцієнта ψ в процесі охолодження (нагрівання) в часі: 1 – нагрівання; 2 – охолодження.

На рис. 1 наведені значення коефіцієнта ψ в часі при охолодженні і нагріванні соняшникової олії. Відхилення значень ψ , визначених в певний час, від середнього значення ψ , за весь період охолодження і нагрівання, знаходиться в межах 5 – 15%.

Коефіцієнт нерівномірності зв'язаний з критерієм Біо наступним чином [4]

$$\Psi = (1 + 1,414 \cdot Bi_e + Bi_e^2)^{-1/2}, \quad (1)$$

Значення коефіцієнта Ψ заходиться в межах $0 \leq \Psi \leq 1$.

Критерій Біо

$$Bi_e = \frac{\alpha_1 \cdot R_{ц}}{\lambda_e}, \quad (2)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі між зовнішнім середовищем (водою) та циліндричною металеву стінкою, Вт/(м²·К); $R_{ц}$ – радіус циліндричної ємності, м; λ_e – еквівалентний коефіцієнт теплопровідності рідинного середовища, Вт/(м·К).

Метод регулярного теплового режиму використовується для визначення в твердих тілах теплопровідності, температуропровідності, коефіцієнта тепловіддачі, тощо. Наші результати для системи «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – дослідне рідинне середовище в циліндричному об'ємі», по значенням ψ і темпу охолодження (нагрівання) m , дозволяють визначити еквівалентний коефіцієнт теплопровідності λ_e в рідкому циліндричному об'ємі.

Висновки

Досліджений нерівномірний розподіл температур в циліндричному рідинному об'ємі за умов охолодження і нагрівання соняшникової олії в процесі нестационарного теплообміну в системі «вода в кільцевому об'ємі – тонка циліндрична металева стінка – дослідне рідинне середовище в циліндричному об'ємі». Відхилення ψ , визначених в часі, від середнього значення ψ , знайденого для всього діапазону часу охолодження (нагріву), не перевищує 15%.

Проведені експерименти в області регулярного теплового режиму дають можливість визначення еквівалентного коефіцієнта теплопровідності λ_e в рідкому циліндричному об'ємі з застосуванням методики обробки експериментальних результатів нестационарного режиму теплообміну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим / Г.М. Кондратьев. –М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. –408 с.
2. Ткаченко С. Й. Дослідження темпу нагрівання гетерогенного рідкого середовища / С. Й. Ткаченко, О. В. Власенко. – Науково-технічний журнал «Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві» – 2019. – №1. – 127 – 133 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. – 148 с.
4. Календер'ян В. О. Методи дослідження процесів теплообміну. Експериментальні методи. Навчальний посібник. Частина 2 / В. О. Календер'ян. – Одеса: ОДАХ, 2006. – 75 с.

Ткаченко Станіслав Йосипович – д-р. техн. наук, професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Степанов Дмитро Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, stepanovdv@ukr.net.

Власенко Ольга Володимирівна – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olgakysak7@gmail.com.

Tkachenko Stanislav Y. - Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: stahit6937@gmail.com.

Stepanov Dmytro V. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, stepanovdv@ukr.net.

Vlasenko Olga V. – postgraduate student of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olgakysak7@gmail.com.