

## ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ В УМОВАХ ВИМУШЕНОЇ КОНВЕКЦІЇ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Досліджено нестационарний теплообмін в об'ємі рідини в циліндричній посудині за умов вимушеної і природної конвекції.

**Ключові слова:** нестационарний теплообмін, вимушена конвекція, інтенсивність теплообміну.

### Abstract

Nonstationary heat exchange in the volume of liquid in a cylindrical vessel under conditions of forced and natural convection has been studied.

**Keywords:** non-stationary heat transfer, forced convection, heat exchange intensity.

### Вступ

Перемішування є поширеним процесом в хімічних і суміжних з нею галузях промисловості, а також у повсякденному житті. Перемішування може проходити мимовільно, наприклад за рахунок дифузії компонентів системи, або ж примусовим шляхом внаслідок підведення до системи ззовні механічної енергії, наприклад за допомогою мішалок. [1].

### Результати дослідження

Виконується уточнення критеріальної залежності для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі внаслідок вимушеної конвекції. Для цього проведений експеримент на цукровому розчині 3-х масових концентрацій  $c=50\%$ ,  $60\%$ ,  $70\%$  і соняшникової олії при швидкості пропелерної мішалки  $n = 26, 34, 54$  об/хв на експериментальній установці, розробленої на кафедрі теплоенергетики ВНТУ. Методика проведення досліду наведена в [2, 3].

Інтенсивність тепловіддачі у разі в'язкісно-гравітаційного режиму теплообміну в круглих трубах описується критеріальним рівнянням [4]

$$Nu = C \cdot Re^{n_1} \cdot (Gr_2 \cdot Pr_p)^{n_2} \cdot Pr_p^{n_3} \cdot \left(\frac{Pr_p}{Pr_{ст}}\right)^{n_4} \quad (1)$$

де  $C$  – константа критеріального рівняння;  $Re$  – критерій Рейнольдса;  $Gr_H = (g \cdot \beta \cdot \overline{\Delta t} \cdot H^3) / \nu^2$  – критерій Грасгофа;  $Pr_p = \mu \cdot C_p / \lambda$  – критерій Прандтля;  $n_1, n_2, n_3, n_4$  – показники степені.

В даній роботі авторами для обробки експериментальних результатів прийнято залежність (1).

Критерій Рейнольдса для наших умов знаходимо за формулою [4]

$$Re = \frac{\bar{w} \cdot 2\delta}{\nu}, \quad (2)$$

де  $2\delta = (D_b - d_m)$  – визначальний розмір, м;  $D_b = 0,1$  – діаметр внутрішньої ємності, м;  $d_m = 0,08$  – діаметр пропелерної мішалки, м;  $\nu$  – кінематична в'язкість рідини за  $\bar{t}$ , м<sup>2</sup>/с. Визначальна температура  $\bar{t}$  – середньоарифметична температура дослідної рідини, °С. Умовна характерна швидкість руху рідини  $\bar{w} = 0.5 \cdot w_{max}$  м/с,  $w_{max} = (2 \cdot \pi \cdot n \cdot d_m) / 60$ .

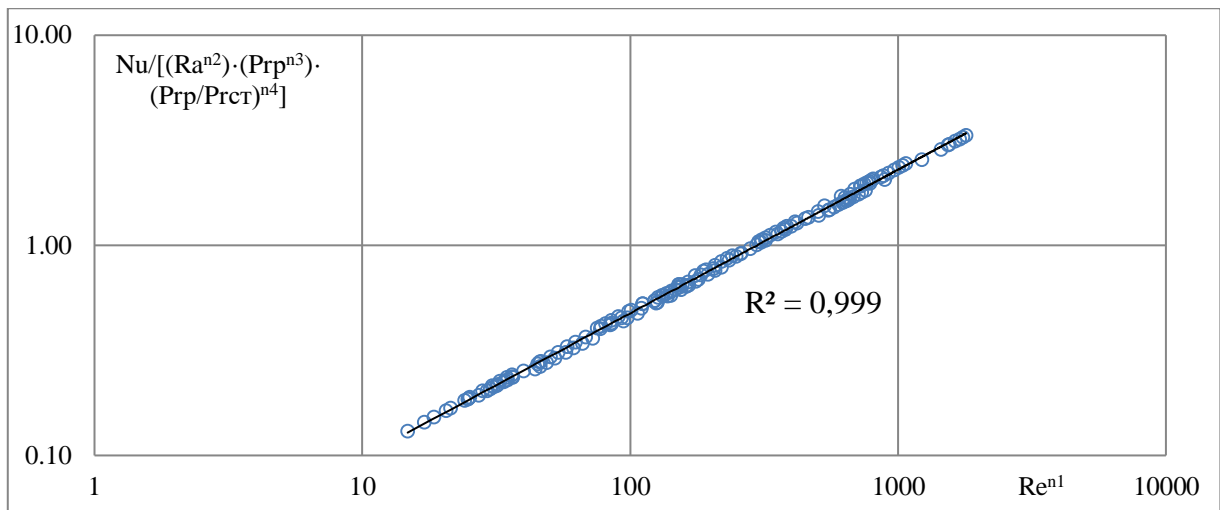


Рис. 1 – Уточнення критеріального рівняння при нагріванні і охолодженні дослідних рідин в умовах вимушеної конвекції

Результати обробки експериментів у вигляді залежності (1) дозволило отримати рівняння для дослідних рідин

$$\overline{Nu}_2 = 0,055 \cdot Re^{0,591} \cdot (Gr_2 \cdot Pr_p)^{0,099} \cdot Pr_p^{0,232} \cdot \left(\frac{Pr_p}{Pr_{ct}}\right)^{0,249}, \quad (3)$$

для таких умов  $15 < Re_{2\delta}^* < 1800$ ,  $2,1 \cdot 10^6 < (Gr_H \cdot Pr_p) < 2,6 \cdot 10^8$ ,  $21,1 < Pr_p < 1,3 \cdot 10^3$

Для використання критеріального рівняння (1) при знаходженні коефіцієнта тепловіддачі при вимушеній конвекції, проведено уточнення константи С та показників степені  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ,  $n_4$ . Критеріальне рівняння (3) отримано з коефіцієнтом детермінації  $R^2=0,999$ .

### Висновки

Досліджено нестационарний теплообмін в об'ємі рідини в циліндричній посудині за умов вимушеної і природної конвекції. В результаті дослідження статистичної обробки експериментальних даних отримано критеріальне рівняння для визначення інтенсивності теплообміну.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. Польша, 1971. Пер. с польск. под ред. Щупляка И. А. Л., «Химия», 1975. – 384с.
2. Пішеніна Н. В. Теплообмін в складних сумішах в умовах природної конвекції / Н. В. Пішеніна // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2011. – № 2. – С. 140-148.
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. Исаченко В. П. Теплопередача : учебн. для вузов / В. П. Исаченко [и др.]. – [3-е изд. доп.]. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.

**Ткаченко Станіслав Йосипович** – д-р. техн. наук, професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com).

**Власенко Ольга Володимирівна** – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [olgakytsak7@gmail.com](mailto:olgakytsak7@gmail.com).

**Задоян Владислав Олегович** – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [Vlad.zadoian@gmail.com](mailto:Vlad.zadoian@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](mailto:stahit6937@gmail.com).

**Vlasenko Olga V.** – postgraduate student, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [olgakytsak7@gmail.com](mailto:olgakytsak7@gmail.com).

**Vladislav O. Zadoyan**– student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Vlad.zadoian@gmail.com](mailto:Vlad.zadoian@gmail.com).