

## КОЕФІЦІЄНТ НЕРІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУР ПІД ЧАС НАГРІВАННЯ РІДИННОГО ТІЛА

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

### *Анотація*

*Проведені експериментальні дослідження нестационарного теплообміну в системі «навколишнє середовище – тонка металева циліндрична посудина – досліджувана рідина». Встановлено, що в системі, яке складається із рідини і тонкостінної металевої оболонки, мають місце ознаки регулярного теплового режиму, одна з яких коефіцієнт нерівномірності розподілу температур практично сталий  $\psi \approx \text{const}$ .*

**Ключові слова:** коефіцієнт тепловіддачі, регулярний тепловий режим, нестационарний теплообмін.

### *Abstract*

*Experimental studies of nonstationary heat transfer in the system «environment - a thin metal cylindrical vessel - test fluid» were carried out. It is established that in a system consisting of a liquid and a thin-walled metal shell, there are signs of a regular thermal regime, one of which is the coefficient of non-uniform temperature distribution almost constant  $\psi \approx \text{const}$ .*

Key words: heat transfer coefficient, regular heat regime, non - stationary heat exchange.

### Вступ

Для дослідження інтенсивності теплообміну в багатокомпонентних середовищах становлять цікавість методи нестационарного теплообміну, зокрема метод регулярного теплового режиму. В своїх роботах Г.М. Кондратьєв досліджуючи регулярний тепловий режим обмежив задачу наступним чином: 1) розглядається процес нагрівання лише твердих тіл; 2) розглядається процес простого охолодження (нагрівання), яке характеризується сталістю умов навколишнього середовища – температура навколишнього середовища з часом залишається сталою  $t_1 = \text{const}$ , коефіцієнт тепловіддачі між навколишнім середовищем і циліндричною стінкою  $\alpha_1 = \text{const}$ ; 3) коефіцієнт нерівномірності розподілу температур в твердому тілі  $\psi = \text{const}$ . За таких умов відношення середньої по поверхні надлишкової температури до середньої по об'єму надлишкової температури твердого тіла  $\psi$  змінюється від 0 до 1. Мета роботи – експериментально визначити коефіцієнт нерівномірності розподілу температур  $\psi$  і дослідити його змінення за часом під час охолодження (нагрівання) рідинного середовища в циліндричній посудині, порівняти отримані результати досліджень з результатами для твердих циліндричних тіл.

### Результати дослідження

Експериментальні результати одержані на стенді, який є складовою експериментально-розрахункового методу [1–3] і являє собою два вертикальних коаксіальних циліндри, що утворюють внутрішній циліндричний об'єм та кільцевий канал, автоматизовану систему збирання, накопичення і виведення на ПК інформації з термопар. Внутрішній циліндр є тонкостінним і виготовлений з теплопровідного матеріалу. Експериментальну установку можна формалізувати як систему «навколишнє середовище I – тіло II». Навколишнім середовищем є вода, яка заливається в кільцевий канал з температурою  $T_1$ , а у внутрішню циліндричну посудину – досліджувана рідина з температурою  $T_2$ . В процесі експерименту температури фіксуються в десяти точках: 5 термопар розміщені по висоті внутрішньої циліндричної посудини і 5 по висоті кільцевого каналу. В якості досліджуваної рідини вибрано цукровий розчин з масовою концентрацією сухих речовин  $C=50\%$ . Досліджується нестационарний теплообмін – охолодження (нагрівання) цукрового розчину з  $C=50\%$  за умов вільної конвекції в обмеженому циліндричному об'ємі.

Коефіцієнт нерівномірності розподілу температур в системі «навколишнє середовище – тонка металева циліндрична посудина – досліджувана рідина» визначається за співвідношенням  $\psi = \vartheta_f / \vartheta_v$ , де  $\vartheta_v$  – надлишкова температура досліджуваної рідини по відношенню до температури навколишнього середовища,  $\vartheta_v = |\bar{T}_1 - \bar{T}_2|$ , °C;  $\vartheta_f$  – надлишкова температура стінки по відношенню до температури  $\bar{T}_1$ ,  $\vartheta_f = |\bar{T}_1 - T_{ст}|$ ;  $\bar{T}_1$ ,  $\bar{T}_2$  – середньоінтегральна температура навколишнього середовища (води) і досліджуваної рідини за часом відповідно.

З використанням експериментальних результатів і вище вказаного рівняння визначені коефіцієнти нерівномірності розподілу температур  $\psi$  під час охолодження (нагрівання) цукрового розчину з  $c = 50\%$ . Виявлено, що в дослідній системі «навколишнє середовище – тонка металева циліндрична посудина – дослідна рідина» коефіцієнт нерівномірності розподілу температур практично сталий  $\psi \approx \text{const}$ . Таким чином встановлено, що під час охолодження (нагрівання) рідинного середовища в циліндричній посудині виконується умова притаманна для металевих тіл досліджуваних в [4], а саме  $\psi \approx 1$ .

## Висновки

Експериментально встановлено, що в дослідній системі «навколишнє середовище – тонка металева циліндрична посудина – дослідна рідина» коефіцієнт нерівномірності розподілу температур практично сталий  $\psi \approx \text{const}$ , під час охолодження (нагрівання) рідинного середовища в циліндричній посудині виконується умова притаманна для металевих тіл  $\psi \approx 1$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й., Резидент Н. В., Денесяк Д. І. Експериментальне дослідження нестационарного теплообміну в суміші. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2018. № 1. ISSN 2307-5376 (on-line). Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/562/538>
2. Ткаченко С. Й., Пішеніна Н. В. *Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів: моногр.* Вінниця: ВНТУ, 2017. 148 с.
3. Tkachenko S. I., Pishenina N. V., Rumyantseva T. Yu. Processes of Heat Transfer in Rheologically Unstable Mixtures of Organic Origin has now been published in the following paginated issue. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2014. Vol. 87, Is. 3. P. 721–728.
4. Кондратьев Г. М. *Регулярный тепловой режим*. Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. 408 с.

**Резидент Наталія Володимирівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: [rezidentnv1@ukr.net](mailto:rezidentnv1@ukr.net);

**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: [olgakysak7@gmail.com](mailto:olgakysak7@gmail.com).

**Степанов Дмитро Вікторович** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри теплоенергетики, e-mail: [stepanovdv@ukr.net](mailto:stepanovdv@ukr.net);

**Степанова Наталія Дмитрівна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua).

**Resident Natalia V.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: [rezidentnv1@ukr.net](mailto:rezidentnv1@ukr.net);

**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: [olgakysak7@gmail.com](mailto:olgakysak7@gmail.com).

**Stepanov Dmytro V.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net) ;

**Stepanova Natalia D.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: [Stepanovand@i.ua](mailto:Stepanovand@i.ua).