

НЕСТАЦІОНАРНИЙ ТЕПЛООБМІН В ОБМЕЖЕНОМУ ОБ'ЄМІ РІДИНИ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі наводяться результати експериментального визначення тепловіддачі між внутрішньою поверхнею тонкого металевого циліндра і досліджуваним рідинним середовищем в обмеженому просторі для системи «навколишнє середовище I – тіло II». Встановлено вигляд критеріального рівняння для опису процесу нестационарного теплообміну.

Ключові слова: коефіцієнт тепловіддачі; дослідна рідина; теплообмін, обмежений об'єм.

Abstract

The paper presents the results of experimental determination of heat transfer between the inner surface of a thin metal cylinder and the investigated liquid medium in a limited space for the system "environment I - body II". The form of the criterion equation for the description of the process of nonstationary heat exchange is established.

Keywords: heat transfer coefficient; test fluid; heat exchange, limited volume.

Вступ

Відомо, що спосіб перенесення теплоти у твердих не пористих тілах – теплопровідність. Розрізняють стаціонарні і нестационарні процеси перенесення теплоти, тому під час вирішення задач важливо визначити вид процесу. Вивченням теплообміну у складних органічних сумішах, що можуть бути використані у процесах біоконверсії, займалися автори [1]. Особливістю дослідної установки є обмежений об'єм, в якому знаходиться досліджувана рідина. Процеси нагрівання або охолодження рідин – нестационарні. Експериментальні дослідження нестационарного теплообміну в умовах обмеженого об'єму нами не виявлені. Тому можливість використання стаціонарних методів розрахунку до нестационарних процесів є актуальною задачею.

Мета роботи – визначення коефіцієнта тепловіддачі до досліджуваних середовищ в умовах нагрівання і охолодження з використанням розрахунково-експериментального методу із застосуванням критеріального рівняння.

Результати дослідження

В роботі на базі експериментальної установки, описаної у [1, 2], проведені дослідження теплообмінних процесів під час нагрівання і охолодження таких рідких середовищ: цукрового розчину концентрації 50%, 60%; рафінованої соняшникової олії марки П ДСТУ 4492; дистильованого гліцерину. Дослідження виконувалися за умов вільної конвекції. Прийнята під час досліджень прийнята схема «навколишнє середовище (НС) I – тіло II», де досліджуване рідке середовище прийняте як «тіло II». За «навколошнє середовище» прийнято циліндричний об'єм, заповнений водою, умови теплообміну у ньому розраховувались як тепловіддача під час вільної конвекції у великому об'ємі.

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до досліджуваного рідинного середовища (α_2) визначався за розрахунково-експериментальним методом. Діапазон отриманих результатів показаний в табл. 1.

Показані у табл. 1 експериментальні результати відповідають діапазону $2,6 \cdot 10^6 < Gr \cdot Pr < 1,9 \cdot 10^8$, що практично в усьому діапазоні відповідає ламінарному режиму [3]. Тому прийнято рішення описати отримані значення α_2 за допомогою рівняння для стаціонарного режиму і «великого об'єму» із структурою

$$Nu_2 = \alpha_2 \cdot H / \lambda_2 = C \cdot (Gr_2 \cdot Pr_2)^m \cdot (Pr_2 / Pr_{ст})^n, \quad (1)$$

де Nu_2 – критерій Нуссельта; H – визначальний розмір (висота циліндра), м; λ_2 – коефіцієнт теплопровідності досліджуваної рідини, Вт/(м·К); Gr_2 – критерій Грасгофа для дослідного рідинного середовища; Pr_2 – критерій Прандтля – за середньооб’ємною температурою досліджуваної рідини; $Pr_{ст}$ – критерій Прандтля для досліджуваної рідини – по температурі стінки в процесі ітерацій; C , m , n – коефіцієнти.

Таблиця 1 – Експериментальні коефіцієнти тепловіддачі від стінки до досліджуваного рідинного середовища

Досліджуване рідинне середовище	Коефіцієнт тепловіддачі α_2 (Вт/м ² ·К) у процесі	
	нагрівання	охолодження
Цукровий розчин концентрацією 50%	288...424,9	221,6...340,7
Цукровий розчин концентрацією 60%	270,8...488,1	77,4...236,2
Соняшникова олія	126,5...212,9	70,8...120,7
Гліцерин дистильований	125,1...151,9	-

Отримані значення коефіцієнтів C , m , n для нагрівання дослідних рідинних середовищ з точністю до 11% подібні до аналогічних залежностей нев’язких рідин, показаних у [3], а для охолодження – суттєво відрізняються від показаних у [3].

Висновки

В роботі проведено аналіз результатів експериментального дослідження тепловіддачі в умовах нестационарного теплообміну у обмеженому об’ємі. Отримані критеріальні залежності теплообміну для внутрішньої порожнини експериментальної установки в умовах вільної конвекції при охолодженні та нагріванні цукрового розчину концентрації 50%, 60%; рафінованої соняшникової олії марки П ДСТУ 4492; дистильованого гліцерину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й., Пішеніна Н. В. *Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів : моногр.* Вінниця: ВНТУ, 2017. 148 с.
2. Ткаченко С. Й., Власенко О. В. Дослідження темпу нагрівання гетерогенного рідкого середовища. *Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві.* 2019. № 1. С. 127–133. ISSN 2311-1429 (print). ISSN 2311-1437 (on-line). doi: 10.31649/2311-1429-2019-1-127-133.
4. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. Изд. 2–е, стереотип. Москва : «Энергия», 1977. 344 с.

Степанова Наталія Дмитрівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: Stepanovand@i.ua.

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

Власенко Ольга Володимирівна – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olgakvtsak7@gmail.com.

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

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

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

Vlasenko Olga V. – postgraduate student, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olgakvtsak7@gmail.com.

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