

ЛОКАЛЬНІ ЗА ЧАСОМ КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОВІДДАЧІ МІЖ РІДИНОЮ І ПОВЕРХНЕЮ МЕТАЛЕВОГО ЦИЛІНДРА

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано експериментальні дослідження тепловіддачі між внутрішньою поверхнею тонкого металевго циліндра і досліджуванним рідинним середовищем з відомою інформацією про теплофізичні властивості.

Ключові слова: коефіцієнт тепловіддачі, регулярний тепловий режим, нестационарний теплообмін, темп охолодження (нагрівання).

Abstract

Experimental studies of heat transfer between the inner surface of a thin metal cylinder and the investigated liquid medium with known information about thermophysical properties were performed.

Key words: heat transfer coefficient, regular heat regime, non - stationary heat exchange, cooling rate (heating).

Вступ

Кількість досліджень інтенсивності теплообміну за умов вільної та вимушеної конвекції між багатокомпонентними рідинними сумішами і твердими стінками в посудинах з обмеженими розмірами явно недостатня, якщо до уваги прийняти запити існуючих технологій [1]. Інформації про теплофізичні властивості таких сумішей вкрай мало, до того ж їх характеристики змінюються залежно від складу та за часом витримування перед охолодженням (нагріванням). Тому існуючі методи для визначення інтенсивності теплообміну в таких багатокомпонентних рідинних середовищах на основі критеріальних рівнянь вимагають значної кількості експериментальних досліджень теплофізичних властивостей, що на нашу думку не є доцільним. Варто зазначити, що існуючі експериментальні установки для визначення інтенсивності теплообміну багатокомпонентних рідинних середовищ, в яких умови наближені до реальних умов експлуатації теплообмінників, є громіздкими [2–4]. Авторами запропоновано експериментально-розрахунковий метод визначення інтенсивності теплообміну, який передбачає портативну експериментальну установку та порівняно прийнятну методика обробки результатів. В попередніх роботах [5–6], які виконані на портативній установці, експериментально встановлені ознаки регулярного теплового режиму в рідинному середовищі, яке знаходиться в тонкостінному металевому циліндрі кінцевих розмірів. В даній роботі показана методика визначення локальних за часом коефіцієнтів тепловіддачі до досліджуваної рідини з відомим теплофізичними властивостями в обмеженому циліндричному об'ємі.

Результати дослідження

Дослідження проведені на експериментальній установці, яка показана в [1, 7] і являє собою два коаксіальних циліндри обмежених розмірів. Авторами вибрано наступну формалізацію об'єкта досліджень: рідина в кільцевому вертикальному циліндричному каналі (вода) – тіло *I*, рідинні середовища, у внутрішньому вертикальному циліндрі – тіло *II*. Інтенсивність тепловіддачі визначається до рідинних середовищ, тобто вивчається теплообмін в системі «навколишнє середовище *I* – тіло *II*». Для тарування установки виконані експериментальні дослідження інтенсивності теплообміну під час нагрівання (охолодження) рідин з відомими теплофізичними

властивостями – «модельних рідин»: рафінованої соняшникової олії, дистильованого гліцерину, цукрового розчину концентрацією 50 %, 60 %, 70 %.

Аналіз одержаних експериментальних результатів охолодження (нагрівання) «модельних рідин» в тонкостінному циліндрі кінцевої висоти показав існування регулярного теплового режиму, який характерний наявністю закономірностей [8]

$$\ln\theta = m \cdot \tau + C, m = \text{const}, \bar{\alpha}_1 = \text{const}, \psi = \text{const}, \quad (1)$$

де m – темп охолодження (нагрівання), $с^{-1}$;

$\bar{\alpha}_1$ – коефіцієнт тепловіддачі від води до тонкостінного циліндра, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

ψ – коефіцієнт нерівномірності розподілу температур в тілі II

Темп охолодження визначається за відомим рівнянням

$$m = (\ln \vartheta_1 - \ln \vartheta_2) / (\tau_1 - \tau_2) = \text{const}, \quad (2)$$

де ϑ_1, ϑ_2 – надлишкова середньооб'ємна температура досліджуваного рідинного середовища в циліндричній посудині зі сторони води відповідно в моменти часу τ_1 і τ_2 , $\vartheta = |\bar{T}_1 - \bar{T}_2|$, $^{\circ}С$.

З використанням отриманих експериментальних даних величини m розраховуються коефіцієнти тепловіддачі $\bar{\alpha}_2^{PTP}$ між внутрішньою поверхнею тонкостінного металевого циліндра і досліджуваним рідинним середовищем за умов охолодження (нагрівання) в разі встановлення регулярного теплового режиму (РТР). Коефіцієнт тепловіддачі згідно методу РТР визначається через різницю термічного опору теплопередачі $k_{ексн}$ і термічного опору тепловіддачі визначеного через темп охолодження m та коефіцієнт нерівномірності розподілу температур в тілі II – ψ . Експериментальний коефіцієнт теплопередачі $k_{ексн}$ змінюється за часом, а параметри m і ψ є постійними за часом.

Локальні за часом коефіцієнти тепловіддачі $\bar{\alpha}_2^{PEM}$ можна визначити розрахунково-експериментальним методом (РЕМ) із загальновідомого рівняння теплопередачі, як різницю термічного опору теплопередачі $k_{ексн}$, термічного опору тепловіддачі ($1/\alpha_i$) та термічного опору теплопровідності твердої стінки δ_{cm}/λ_{cm} . Такий спосіб визначення $\bar{\alpha}_2$ передбачає застосування методу послідовних наближень, що ускладнює математичну модель в разі обробки результатів з використанням комп'ютерної програми.

Проаналізовані відхилення значень $\bar{\alpha}_2^{PTP}$ та $\bar{\alpha}_2^{PEM}$. Розбіжність між значеннями $\bar{\alpha}_2^{PTP}$ та $\bar{\alpha}_2^{PEM}$ в основному не перевищує 10 %.

Висновки

Перевага визначення коефіцієнта тепловіддачі $\bar{\alpha}_2$ методом регулярного теплового режиму полягає в тому, що значно спрощується математична модель, підвищується її розрахункова надійність в разі обробки результатів з використанням комп'ютерної програми.

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. Jingjing Chen, Mikael Risberg, Lars Westerlund, Urban Jansson, Xiaohua Lu, Changsong Wang, Xiaoyan Ji, A high efficient heat exchanger with twisted geometries for biogas process with manure slurry, Applied Energy, 279 (2020) <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115871>
3. Бердыев О. Экспериментальное исследование теплообмена в установках по выработке биогаза: автореф. дис. на соиск уч. степ. канд. техн. наук : спец. 05.14.04 Промышленная теплоэнергетика; Научно-производственное объединение «Солнце» / Бердыев Овезмурад. – Ашхабад, 1989. – 24 с.
4. Богданов П. В. Система подогрева жидкого свиного навоза в технологиях анаэробного сбраживания : автореф. дис. на соиск уч. степ. канд. техн. наук : спец. 05.20.01 «механизация сельскохозяйственного производства»/ Богданов Павел

Викторович ; Всесоюзный научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства – Москва, ВИЭСХ, 1990. – 18 с.

5. Ткаченко С. Й., Резидент Н. В., Денесяк Д. І. Експериментальне дослідження нестационарного теплообміну в суміші. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2018. № 1.

6. Ткаченко С. Й., Власенко О. В. Дослідження темпу нагрівання гетерогенного рідкого середовища. Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. 2019. № 1. С. 127–133.

7. 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.

8. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. 408 с.

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

Резидент Наталія Володимирівна – канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: rezidentnv1@ukr.net

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

Ткачук Владислав Сергійович – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tmmlbpr@gmail.com

Rezydent Natalia V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: 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

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

Vladislav Tkachuk – Graduate student of heating, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, e-mail: tmmlbpr@gmail.com