

ТЕОРІЯ ПОДІБНОСТІ ТА РЕГУЛЯРНИЙ ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуто використання теорії подібності в конвективному теплообміні. Наведено визначення коефіцієнтів тепловіддачі через розрахунково-експериментальний метод та метод регулярного теплового режиму.

Ключові слова: теорія подібності; коефіцієнт тепловіддачі; розрахунково-експериментальний метод; регулярний тепловий режим.

Abstract

The use of the similarity theory in convective heat exchange is considered. The determination of heat transfer coefficients using the calculation-experimental method and the regular thermal mode method is given.

Keywords: similarity theory; heat transfer coefficient; calculation and experimental method; regular thermal mode.

Вступ

Конвективний теплообмін – складне явище, яке описується системою диференціальних рівнянь. Беручи до уваги незначну складність диференціальних рівнянь конвективного теплообміну і умов однозначності, які містять велику кількість змінних, аналітичний розв'язок не можна отримати для загального випадку. Вирішення даного питання можливе із застосуванням теорії подібності. Теорія подібності широко використовується в інженерії для розв'язання задач, пов'язаних з теплообміном, гідродинамікою, масообміном та іншими процесами. Вона дозволяє використовувати результати вимірювань або досліджень в одній системі для прогнозування поведінки аналогічних систем з іншими параметрами чи умовами [1].

Теорія подібності не дає розв'язку, а тільки дає змогу узагальнювати експериментальні дані. Теорія подібності є теорією експерименту, і тому її значення особливо велике для наукових областей, основою яких є експеримент чи цифрове рішення. До такої області відноситься і конвективний теплообмін.

Метою роботи є дослідження методики визначення регулярного теплового режиму в рідиннах.

Основна частина

Математичний опис процесів конвективного теплообміну складається з повної системи диференціальних рівнянь, додаються умови однозначності, додається диференціальне рівняння тепловіддачі. Теорію подібності застосовуємо для визначення регулярного теплового режиму (РТР) - процесу теплопровідності, під час якого поле надлишкової температури залишається подібним при зміні часу. Поняття регулярного теплового режиму обґрунтовано тільки для твердого тіла та систем твердих тіл [2,3]. Для рідин, нам невідомі джерела інформації, в яких виявлено та встановлено існування регулярного теплового режиму в процесі нестационарного теплообміну.

Розглянемо методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі. Перший метод - розрахунково-експериментальний. Він базується на визначенні коефіцієнта тепловіддачі за допомогою критеріальних рівнянь. Достовірність визначення експериментальних коефіцієнтів тепловіддачі α_2 , залежить від правильного вибору критеріальної залежності, яка описує умови теплообміну в цій конкретній установці, тобто залежить від правильності визначення α_1 . Важливим фактором є правильність визначення режиму течії, визначальної температури та лінійного розміру та вибору

критеріального рівняння у відповідності до діапазону.

В залежності від режиму течії, визначаємо критерій Нуссельта за [4]

при $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$ (ламінарний режим)

$$Nu = 0.76 \cdot (Gr \cdot Pr_p)^{0.25} \cdot \frac{Pr_p^{0.25}}{Pr_{ст}}$$

при $Gr \cdot Pr > 10^9$ (турбулентний режим)

$$Nu = 0.15 \cdot (Gr \cdot Pr_p)^{0.33} \cdot \frac{Pr_p^{0.25}}{Pr_{ст}}$$

де Gr_2 – критерій Грасгофа;

Pr_{p2} – критерій Прандтля для середньої температури досліджуваного рідинного;

$Pr_{ст}$ – критерій Прандтля для досліджуваного рідинного середовища по температурі стінки

Далі знаходимо коефіцієнт тепловіддачі α_2

$$\alpha_2 = \left(\frac{1}{\kappa_{експ}} - \frac{l}{Nu \cdot \lambda} - \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} \right)^{-1}$$

де l – визначальний розмір;

$\lambda_{ст}$ – теплопровідність стінки теплообмінної поверхні;

$\delta_{ст}$ – товщина стінки теплообмінної поверхні;

$\kappa_{експ}$ – експериментальний коефіцієнт теплопередачі.

Важливим аспектом при розрахунку коефіцієнта тепловіддачі є правильне визначення температури стінки. Раніше для визначення температури стінки, обов'язковою умовою було вмонтування термопари в середину стінки. При монтажі термопари потрібно було дотримуватися низки вимог.

Розглянемо другий метод визначення коефіцієнтів тепловіддачі - метод регулярного теплового режиму. Визначення коефіцієнта тепловіддачі відбувається через темп охолодження (нагріву). Темп, являє собою відносну швидкість зміни температури у тілі.

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_2 = \left(\frac{1}{\kappa_{експ}} - \frac{mCp}{F\Psi} \right)^{-1}$$

де Ψ – коефіцієнт нерівномірності розподілу температур;

F – площа циліндричної посудини, м² ;

m – темп охолодження (нагрівання) дослідного рідинного середовища;

C – теплоємність рідинного середовища, Дж/(кг·К).

Використання методу РТР в розрахунках спрощує конструкцію установки, підвищує її надійність роботи та розширює можливості експериментальних досліджень.

Висновки

Розглянуто методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі розрахунково-експериментальним методом та методом регулярного теплового режиму. Застосування методів регулярного теплового режиму дає змогу прогнозувати коефіцієнти тепловіддачі, визначати еквівалентні коефіцієнти

теплопровідності в реальних умовах теплообміну, що поглиблює знання про механізми теплообміну у в'язких рідинних середовищах, підвищує точність оцінки інтенсивності теплообміну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теплопередача елементами масообміну (теорія і практика процесу) [Електронний ресурс] : електронний посібник / В. Р. Кулінченко, С. Й. Ткаченко. – Режим доступу: <http://posibnyku.vntu.edu.ua/tep/index.htm>. — Дата звернення: 18.11.20223.
2. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим / Г. М. Кондратьев. – М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. – 408
3. Теплопередача : учебн. для вузов / В. П. Исаченко . – 3-е изд. доп. – М. : Энергия, 1975. – 488 с.
4. М. А. Міхеєв, І. М. Міхеєва, Основи теплопередачі, изд. 2-е, стереотип: Энергия, 1977, 344 с.

Горовенко Яна Сергіївна – аспірантка кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: yanagorovenko98@gmail.com.

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

Horovenko Yana S. – postgraduate student, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yanagorovenko98@gmail.com

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