

# СПРЯЖЕНА ЗАДАЧА ТЕПЛООБМІНУ ЧЕРЕЗ ЦИЛІНДРИЧНУ ТОНКУ МЕТАЛЕВУ СТІНКУ МІЖ РІДИНАМИ, РЕАЛІЗАЦІЯ РЕГУЛЯРНОГО ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ

Вінницький національний технічний університет, Україна

## **Анотація**

*Показано вплив спряженої задачі теплообміну на розрахунок багатокomпонентних багатофазних середовищ за умов регулярного теплового режиму.*

**Ключові слова:** теплообмін, конвекція, регулярний тепловий режим, спряжена задача.

## **Abstract**

*The influence of the coupled heat transfer problem on the calculation of multicomponent multiphase media under the conditions of regular thermal regime is shown.*

**Key words:** heat exchange, convection, regular thermal regime, conjugate problem.

## **Вступ**

Регулярний тепловий режим згідно [1,2] має місце за таких умов: охолоджується (нагрівається) тверде тіло в навколишньому середовищі, наприклад, у воді при цьому температура зовнішнього середовища  $t_1$  в процесі нагріву (охолодження) витримується сталою. В твердому тілі під час охолодження (нагріву) весь час змінюється температурне поле, коефіцієнт теплопровідності слабо змінюється зі зміною температури в окремих точках тіла.

Теорія регулярного теплового режиму розглядає охолодження (нагрівання) твердих тіл на етапі, коли початковий стан тіла вже не впливає на процес. Ознакою регулярного теплового режиму є сталість темпу охолодження (нагрівання) твердого тіла.[1,2].

Спряжена задача конвективного теплообміну має важливе значення для дослідження хіміко-технологічних процесів [2].

Мета роботи - експериментально показати, що за умов нестационарного теплового режиму нагріву рідкого середовища в тонкостінному металевому циліндричному об'ємі реалізується регулярний тепловий режим

## **Основна частина**

Постановка спряжених задач необхідна для оцінки граничних умов при вирішенні задач нестационарного теплообміну в трубопровідних комунікаціях, обґрунтування спрощених постановок задач теплообміну.

В задачах конвективного теплообміну між тілом і потоком рідини використовуються, як правило, граничні умови 3-го роду (закон Ньютона), тобто умови пропорційності теплового потоку біля стінки  $q_w$  різниці між температурами стінки  $T_w$  і набігаючого потоку  $T_\infty$  :

$$q_w = \alpha(T_w - T_\infty).$$

Коефіцієнт теплообміну  $\alpha$  має реальний фізичний зміст тільки для специфічних температурних розподілів на межі розділу, які точно невідомі. Тому: умови на поверхні розділу не завжди можуть задаватися, часто їх необхідно отримати шляхом вирішення рівнянь поширення тепла в твердому тілі і рідині спільно з рівняннями руху; на кордоні тіло - рідина повинні бути задані умови сполучення, тобто умови рівності температур і теплових потоків.

Така постановка задачі теплообміну називається спряженою[2].

Формулювання задач конвективного теплообміну як спряжених особливо важлива в нестационарному випадку, коли величина теплового потоку, а значить, і числа Нуссельта, на межі розділу тверде тіло – рідина залежить від часу і характеристик твердого тіла. У цьому полягає відмінність процесів нестационарного теплообміну від стаціонарного, де залежність процесу від властивостей потоку і тіла проявляється тільки в тому випадку, коли теплофізичні характеристики тіла і рідини не дуже помітно відрізняються[2].

Авторами проведено дослідження інтенсивності теплообміну в обмеженому об'ємі, заповненому в'язкою рідиною – соняшниковою олією. Умови проведення експерименту: природня конвекція в об'ємі, який має форму тонкостінного циліндра, дослідна рідина – соняшникова олія; в коаксiальному каналі знаходиться гарячий теплоносій – вода. Маса води знаходиться в межах 2,3 кг, дослідного рідкого середовища – 0,8 кг; зміна температур гарячої води в експерименті 88...55 °С, олії – 20...55 °С. Температура навколишнього середовища за межами системи 22...28 °С.

В рамках однієї серії дослідів нагріву циліндричного об'єму зі складним рідинним середовищем температура навколишнього середовища (води) зменшувалась, але з нижчим темпом ніж збільшувалась температура в циліндричному об'ємі (досліджуване рідинне середовище). Це суперечить умові Кондратьєва для нашої системи, в якій  $t_1$  не витримується сталою. Але регулярний тепловий режим в нашому експерименті існує, залежність  $\ln(\theta) = f(\tau)$  - лінійна.

На нашу думку, це завдяки тому, що в даному випадку має місце спряжена задача нестационарного теплообміну між рідинами через тонку циліндричну стінку.

## Висновки

За результатами досліджень авторів встановлено, що на дослідному проміжку витримується лінійне співвідношення логарифму надлишкової температури  $\ln(\theta) = f(\tau)$  для нагріву систем «вода в циліндричному об'ємі – тонка металева стінка – багатоконпонентне середовище в кільцевому об'ємі», яке характерне для регулярного теплового режиму у твердих тілах різної форми.

Отримані експериментальні дані підтверджують можливість використання методу регулярного теплового режиму для дослідження інтенсивності тепловіддачі до багатоконпонентних середовищ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим / Г. М. Кондратьев. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. – 408 с.
2. Лыков А. В. Теплообмен. Справочник / А. В. Лыков. – М.: «Энергия», 1971. – 560 с.
3. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко и др. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.
4. Ткаченко С.Й. Нові методи визначення інтенсивності теплообміну в системах переробки органічних відходів: монографія / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна. — Вінниця : ВНТУ, 2017. — 124 с.

**Ткаченко Станіслав Йосипович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com)

**Павлович Євгеній Олексійович**, аспірант факультету будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, [evgenijpavlovic3@gmail.com](mailto:evgenijpavlovic3@gmail.com)

**Tkachenko Stanislav Yosypovych**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [stahit6937@gmail.com](mailto:stahit6937@gmail.com)

**Pavlovich Evgeniy Oleksiyovych**, Postgraduate Student, Faculty of Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [evgenijpavlovic3@gmail.com](mailto:evgenijpavlovic3@gmail.com)