

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РЕГУЛЯРНОГО ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛООБМІНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Показано застосування методу регулярного теплового режиму для дослідження інтенсивності теплообміну в системі «циліндричний об'єм заповнений водою – металева стінка – суміш».

Ключові слова: регулярний тепловий режим, теплообмін в органічних сумішах, темп охолодження, надлишкова температура.

Abstract

The application of the method of the regular thermal mode for the study of heat exchange intensity in the system “cylindrical volume, filled with water-metal wall-mixture” is shown.

Key words: regular thermal mode, heat-exchange in organic mixtures, cooling rate, excess temperature.

Вступ

Охолодження та нагрівання тіл – нестационарні процеси, які поширені в природі і техніці. Вони досить складні та різноманітні. Досліджуються в теорії теплопровідності (регулярний тепловий режим) і теплопередачі.

Теорія регулярного теплового режиму розглядає охолодження або нагрівання твердих тіл на стадії, коли початковий стан тіла вже не впливає на процес. Основною задачею регулярного теплового режиму є встановлення залежності між темпом охолодження або нагрівання системи і середнім коефіцієнтом тепловіддачі між твердим тілом і зовнішнім середовищем; при цьому встановлюються загальні закономірності і вирішується ряд практичних задач [1].

Задачі регулярного режиму, які вирішувалися в роботах [1 – 3] обмежені наступними умовами: 1) розглядаються лише тверді тіла; 2) розглядається тільки просте охолодження (нагрівання) тіл, тобто процеси які характеризуються постійними зовнішніми умовами, тобто температура навколишнього середовища коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні α_2 тіла є постійними. (залишаються сталими).

Дана робота ставить за мету застосувати метод регулярного теплового режиму для визначення інтенсивності теплообміну в сумішах з обмеженою інформацією про теплофізичні властивості в системі «циліндричний об'єм заповнений водою – металева стінка – суміш».

Основна частина

Схема дослідної установки показана в [4] і містить наступні складові: циліндричну ємність з гарячим теплоносієм – водою висотою $h_m = 88$ мм, діаметром $d_m = 72$ мм і товщиною стінки $\delta_{ст} = 0,5$ мм та зовнішню ізольовану циліндричну ємність, яка утворює із внутрішньою ємністю кільцевий канал товщиною $\Delta = 64$ мм. Тонкостінна оболонка має незначний термічний опір $R_{ст} = 1,1 \cdot 10^{-4}$ ($m^2 \cdot K$)/Вт. Температури теплоносіїв вимірювались термопарами в трьох точках по висоті циліндричного об'єму і кільцевого каналу, а також лабораторним ртутним термометром (ціна поділки $0,1$ °С) в центрі об'єму та каналу. В кільцевий канал заливався холодний теплоносієм – органічна суміш, в якій досліджувалась інтенсивність теплообміну. В якості дослідних сумішей використовувалися субстрати ВРХ відносною вологістю 86%, 90% та 94%. Діапазон температур гарячого теплоносія $t_b = 72 \dots 50$ °С, холодного – $t_c = 20 \dots 40$ °С. Температура навколишнього

середовища за межами системи $t_{н.с} = 20...22$ °С. Температури t_c, t_b , температурний напір $\bar{\Delta t} = \bar{t}_b - \bar{t}_c$ змінювалися за часом $\bar{t}_c, \bar{t}_b, \bar{\Delta t} = f(\tau)$. Також змінювався за часом тепловий потік від циліндричного об'єму до суміші $Q = f(\tau)$. За умов загального температурного напору менше 5 °С досліди закінчували, оскільки обробка таких результатів недоцільна через велику похибку.

Коефіцієнти тепловіддачі від стінки до органічної суміші α_2 визначались методом регулярного теплового режиму в системі «циліндричний об'єм заповнений водою – металева стінка – суміш», за умов розміщення суміші у зовнішньому кільцевому каналі.

За результатами експерименту побудовано розподіл надлишкових температур дослідного тіла у вигляді залежності

$$\ln(\vartheta) = f(\tau), \quad (1)$$

де $\ln(\vartheta)$ – натуральний логарифм надлишкової температури органічної суміші $\vartheta = |t_1'' - t_2''|$, °С; τ – поточний час експерименту, с.

Виявлено, що залежність $\ln(\vartheta) = f(\tau)$ для охолодження системи «циліндричний об'єм заповнений водою – металева стінка – суміш» характерна для регулярного теплового режиму, який спостерігається у твердих тілах різної форми [1, 3].

Темп регулярного охолодження системи m

$$m = \frac{\ln \vartheta' - \ln \vartheta''}{\tau' - \tau''}, \quad (2)$$

де ϑ', ϑ'' – надлишкові локальні температури тіла в початковий τ' та кінцевий τ'' момент часу відповідно, $\vartheta = t_1'' - t_{cr}$, де t_1'', t_{cr} визначаються для двох моментів часу τ' і τ'' .

Враховуючи результати отримані за (1) та (2) визначаємо коефіцієнти тепловіддачі з рівняння [1, 6, 7]:

$$\alpha_2 = \frac{m \cdot C_p}{F \cdot \psi}, \quad (3)$$

де C_p – повна теплота тіла, кДж/К, F – площа поверхні циліндричного об'єму, м²; $\psi = (t_1'' - t_{cr}) / (t_1'' - t_2'')$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу температур в тілі.

Результати експериментів представлено як залежність темпу охолодження від коефіцієнта тепловіддачі $m = f(\alpha_2)$. Розташування експериментальних точок, відповідає якісній кривій, яка описана в [6] для твердих тіл.

Висновки

За результатами досліджень встановлено, що на дослідному проміжку витримується співвідношення для надлишкової температури $\ln(\vartheta) = f(\tau)$ для охолодження системи «циліндричний об'єм заповнений водою – металева стінка – суміш», яке характерне для регулярного теплового режиму у твердих тілах різної форми.

Залежності темпу охолодження $m = f(\alpha_2)$, які отримані експериментально, описуються кривою яка схожа за структурою до описаної в літературі.

Отримані експериментальні дані підтверджують можливість використання методу регулярного теплового режиму для дослідження інтенсивності тепловіддачі до в'язких рідин та органічних сумішей, які зброджуються в реакторі біогазової установки. Використання методів регулярного теплового є перспективним напрямком дослідження процесів теплообміну у в'язких рідинах із відомими теплофізичними властивостями та органічними сумішами з обмеженою інформацією про теплофізичні властивості.

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. Тепломассообмен. 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. Теплообмін в системах біоконверсії / С. Й. Ткаченко, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 124 с.
5. Ткаченко С. Й. Нові аспекти застосування теорії подібності в теплотехнічних розрахунках систем біоконверсії [Електронний ресурс] / С. Й. Ткаченко, Н. В. Резидент // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2009. – № 2. – Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/4423>
6. Осипова В. А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена / В. А. Осипова – М.: Энергия, 1979. – 320 с.
7. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев.– М.: Энергоатомиздат, 1977 – 344 с.

Ткаченко Станіслав Йосипович – д. т. н., професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: stahit6937@gmail.com

Резидент Наталія Володимирівна – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rezidentnv1@ukr.net

Денесяк Дмитро Іванович – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: doc13energee@gmail.com

Stanislav Tkachenko – Dc. Sc., Professor, Heat of the power system, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: stahit6937@gmail.com

Nataliya Rezydent – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rezidentnv1@ukr.net

Denesyak Dmitriy –Post-graduate student of the Department of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsya, e-mail: doc13energee@gmail.com