

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ В КОРПУСІ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено підхід до математичного моделювання розподілу температур в корпусі установки для утилізації відходів в процесу теплообміну. Отримано результати моделювання процесу теплообміну, а саме розподіл температури на поверхні корпусу установки для утилізації відходів.

Ключові слова: теплообмін, температура, утилізація відходів, різницева схема, математична модель.

Abstract

An approach to mathematical modeling of temperature distribution in the body of the installation for waste disposal in the heat exchange process has been developed. The results of modeling the heat exchange process, namely the temperature distribution on the surface of the body of the waste disposal unit, were obtained.

Keywords: heat exchange, temperature, waste disposal, differential scheme, mathematical model.

Вступ

Процес піролізної утилізації відходів супроводжується виділенням великої кількості теплової енергії, яка призводить до нагріву елементів установки, охолодження яких відбувається за допомогою спеціальної охолоджувальної системи [1]. Робота установки для утилізації відходів багато в чому залежить від наявного електромеханічного обладнання, яке по своїм технічним характеристикам не повинно працювати при високих температурах [2], а отже потребують відповідного охолодження [3].

Мета дослідження. Основною метою статті є визначення розподілу температури в корпусі установки для утилізації відходів за допомогою розробленої математичної моделі теплообміну.

Результати дослідження

При неоднорідному розподілі температури в середовищі потік тепла через одиницю площі, перпендикулярну градієнту температури, в одиницю часу визначається законом Фур'є [1,4]. У разі однорідного розподілу температури, наприклад уздовж осі x , тепловий потік визначається співвідношенням:

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (1)$$

При відсутності теплообміну з навколишнім середовищем, і джерел, і стоків тепла однорідне рівняння теплопровідності [2] має вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}. \quad (2)$$

Спосіб розв'язку диференціальних рівнянь, заснований на заміні диференціальних операторів їх наближеними значеннями в окремих точках, і називається методом кінцевих елементів [5].

Розглянемо метод для розв'язку простої задачі теплопровідності з граничними умовами першого роду:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial \xi^2} + Q(\xi, \tau), \quad (3)$$

де $\vartheta(\xi, t)$ – безрозмірна температура; $Q(\xi, t)$ – функція розподілу джерел тепла; $\vartheta(\xi, 0) = \vartheta_0$; $\vartheta(0, \tau) = \vartheta_1$; $\vartheta(1, \tau) = \vartheta_2$; $0 \leq \xi \leq 1$; $\tau > 0$.

Задані початкова температура, температура на лівій ϑ_1 і правій межі ϑ_2 . Область зміни шуканої функції $\vartheta(\xi, t) : G \in [0 \leq \xi \leq 1, \tau \geq 0]$.

Щоб знайти розв'язок задачі (3) методом кінцевих елементів перейдемо від вихідної диференціальної задачі до різницевої. Для цього замінимо область безперервної зміни шуканої функції $\vartheta(\xi, t)$, $[0 \leq \xi \leq 1, \tau \geq 0]$ дискретною множиною точок G_{ht} . Нехай дискретна множина точок G_{ht} така, що однорірно покриває всю область (рис. 1), і їх координати визначаються виразами $\xi_k = kh$; $k=0, 1, 2, \dots, K$; $\tau^n = n\Delta\tau$; $n=0, 1, 2, \dots$, де h – крок сітки по простору, $\Delta\tau$ – крок сітки за часом.

Набір вузлів (ξ_k, τ^n) , відповідний фіксованому моменту часу називається n -часовим шаром.

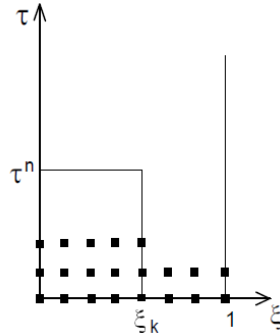


Рис. 1. Область зміни шуканої функції

Якщо припустити, що значення сіткових функцій збігаються з відповідними значеннями безперервних у вузлах сітки, $\vartheta_k^n = \vartheta(\xi_k, \tau^n)$, то розв'язок диференціальної задачі (3) зводиться до визначення таблиці ϑ_k^n числових значень її точного розв'язку $\vartheta(\xi_k, \tau)$ в точках сітки G_{ht} . Цю задачу можна розв'язати наближено, якщо перейти від диференціальної задачі (3) до апроксимуючого її різницевого рівняння. Для цього замінимо похідні, що містяться в рівнянні, різницевиими відношеннями.

Введемо позначення θ_k^n - наближений розв'язок диференціальної задачі $\theta_k^n = \theta(\xi_k, \tau^n) \approx \vartheta(\xi_k, \tau^n)$, маючи на увазі, що розв'язок різницевої задачі відрізняється від розв'язку вихідної диференціальної задачі через наближеного визначення похідних. З врахуванням введеного позначення (3) в різницевій формі запишеться у вигляді:

$$\frac{\theta_k^{n+1} - \theta_k^n}{\Delta\tau} = \frac{\theta_{k+1}^n - 2\theta_k^n + \theta_{k-1}^n}{h^2} + \theta_k^n, \quad (4)$$

де $k=0, 1, 2, \dots, K$; $n=0, 1, 2, \dots$.

Отже, вихідна диференціальна задача (3) зведена до різницевої задачі (4). Сукупність різницевих рівнянь і граничних умов, записаних у різницевої формі, називають кінцево-різницевою схемою [1].

Результатом моделювання процесу теплообміну в корпусі установки для утилізації відходів є розподіл температури (рис. 2).

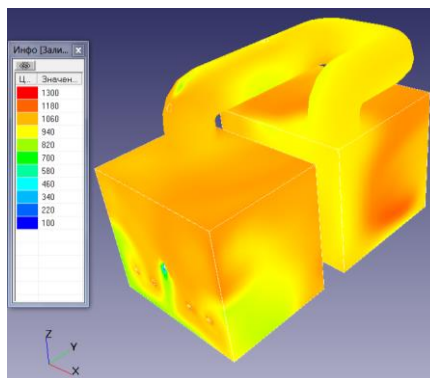


Рис. 2. Розподіл температури в корпусі установки для утилізації відходів

Висновки

Аналізуючи отримані, в програмному комплексі, результати чисельного моделювання розподілу температури на поверхні корпусу установки для утилізації відходів можна побачити, що в місці встановлення форсунок максимальна температура досягає 600 С°, що являється нормальною температурою для їх надійної роботи. Отриманий, в результаті чисельного моделювання, розподіл температур, показав переваги вибраного підходу до проектування, а також дозволив довести ефективність розробленої конструкції установки для утилізації відходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Застосування гібридного моделювання при розробці установок для утилізації відходів [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук, Д. В. Тесовський, Я. П. Веселовський // Технологічні комплекси. Науковий журнал – Луцьк: – 2012. – № 1,2 (5, 6). – С. 122 – 126.
2. Aksenov, A. A. Numerical Simulation of Car Tire Aquaplaning [Text] / A. A. Aksenov, A. A. Dyadkin, A. V. Gudzovsky // Computational Fluid Dynamics'96, J.-A. Desideri, C.Hirsch, P.Le Tallec, M.Pandolfi, J.Periaux eds, John Wiley&Sons. – 2006. – P. 815-820.
3. Egolfopoulos, F. N. An assessment of the lean flammability limits of CH₄/air and C₃H₈/air mixtures at engine-like conditions [Text] / F. N. Egolfopoulos, A. T. Holley, C. K. Law // Proceedings of the Combustion Institute. – 2007. – Vol.31.№ 2. – P.3015-3022.
4. Magnussen, B. F. On Mathematical Modelling of Turbulent Combustion with Special Emphasis on Soot Formation and Combustion [Text] / B. F. Magnussen, B. H. Hjertager // Sixteenth Symposium (International) on Combustion. – 1976. – P. 719-729.
5. Wilcox, D. C. Turbulence modeling for CFD [Text] / D. C. Wilcox // DCW Industries, Inc. – 1994. – 460 p.

Куш Ярослав Юрійович – аспірант кафедри комп'ютерних наук, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 1ki14b.kush@gmail.com.

Воловик Богдан Петрович – аспірант кафедри комп'ютерних наук, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: b.volovyk@gmail.com.

Іванчук Ярослав Володимирович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ivanchuck@ukr.net.

Kush Yaroslav Y. – graduate student of computer science department Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, email: 1ki14b.kush@gmail.com.

Volovik Bohdan P. – graduate student of computer science department Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, email: b.volovyk@gmail.com.

Ivanchuk Yaroslav V. – Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivanchuck@ukr.net.