

УДК 536.2

О. П. Піддубняк 

ТЕМПЕРАТУРНЕ ПОЛЕ В КРУГОВОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ КАНАЛІ СКІНЧЕНОЇ ДОВЖИНИ, ЗАПОВНЕНОМУ ДИСПЕРГОВАНОЮ МАСОЮ, ЯКА ПЕРЕНОСИТЬСЯ ВНАСЛІДОК ОБЕРТАННЯ ІНДУКЦІЙНО НАГРІТОЇ ГЕЛІСИ

Проведено аналіз розподілу температурного поля в циліндричному круговому каналі скінченної довжини, заповненому дисперсною масою, яка рухається в осьовому напрямку з постійною швидкістю внаслідок обертання індукційно нагрітої геліси. Припускається, що вздовж геліси неперервним чином розподілені точкові джерела тепла. Вважається, що бічна поверхня каналу теплоізована, а на його вході і на виході виконуються граничні умови третього роду для температури. Для розв'язування відповідної задачі теплопровідності застосовано метод розвинень шуканої функції в ряди Фур'є – Бесселя за кутовою і радіальною змінними, а також інтегральне перетворення Лапласа за часом. Послідовність диференціальних рівнянь у трансформантах розв'язано шляхом заміни невідомих функцій таким чином, щоб неоднорідні звичайні диференціальні рівняння перейшли в однорідні. Внаслідок переходу до оригіналів одержано точний розв'язок задачі, який з практичних міркувань обчислювального характеру замінюється наближеним розв'язком. Виконано детальний числовий аналіз просторових і часових характеристик температурного поля. Показано, що в цій задачі тривалість перехідного процесу є обернено пропорційною до квадрата швидкості руху маси, а амплітуди коливань температури у квазістаціонарному режимі досить слабкі. Проте ці коливання чітко проявляються тоді, коли їх аналізувати в певних напрямках, а особливо в умовах просторово-часового резонансу при відповідно підібраних швидкостях обертання геліси і прямолінійного руху диспергованої маси. Також встановлено ефект локального підвищення температури при малих швидкостях руху маси.

Ключові слова: шнековий реактор, геліса, електричне нагрівання, нестационарне температурне поле, математичне моделювання, числовий аналіз.

TEMPERATURE FIELD IN A CIRCULAR CYLINDRICAL CHANNEL OF FINITE LENGTH FILLED WITH A DISPERSED MASS TRANSFERRED AS A RESULT OF THE ROTATION OF AN INDUCTION HEATED HELIX

Analysis of the temperature field distribution in a cylindrical circular channel of finite length, filled with a dispersed mass moving in the axial direction at a constant velocity due to the rotation of an induction heated helix, is performed. It is assumed that the point heat sources are continuously distributed along the helix. It is supposed that the lateral surface of the channel is thermally insulated, and boundary conditions of the third kind for temperature are fulfilled at its inlet and outlet. To solve the corresponding heat conduction problem, the method of Fourier–Bessel series expansions of the unknown function into angular and radial variables, as well as the integral Laplace transform over time, is used. The sequence of differential equations in transforms is solved by replacing the unknown functions in such a way that inhomogeneous ordinary differential equations turn into homogeneous ones. As a result of the transition to the field of the originals, an exact solution of the problem is obtained, which is replaced by an approximate one for practical reasons of a numerical nature. A detailed numerical analysis of the spatial and temporal characteristics of the temperature field is performed. It is shown that in this problem, the duration of the transient process is inversely proportional to the square of mass velocity motion, and the amplitudes of temperature oscillations in the quasi-stationary regime are rather weak. However, these oscillations are clearly appear when they are analyzed in certain directions, and especially in the

 piddub@wp.pl

conditions of space-time resonance appropriately selected velocities of rotation of the helix and rectilinear motion of the dispersed mass. The effect of local temperature increase at low velocities of mass movement is also established.

Key words: screw reactor, helix, electric heating, non-stationary temperature field, mathematical modeling, numerical analysis.

Ін-т прикл. проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів

Одержано
10.10.23