

УДК 536.2

О. П. Піддубняк[✉], Н. Г. Піддубняк

НЕСТАЦІОНАРНИЙ РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ В ТЕРМОІЗОЛЬОВАНОМУ КОНЦЕНТРИЧНОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ КАНАЛІ З БІОМАСОЮ, ЩО РУХАЄТЬСЯ ПІД ВПЛИВОМ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНО НАГРІТОЇ ГЕЛІСИ

Розглядається нестационарна задача визначення температури у круговому концентричному циліндричному каналі безмежної довжини з термоізольованими поверхнями, заповненому рухомим середовищем, під впливом індукційного нагрівання провідника у вигляді циліндричної гвинтової лінії (геліси), що синхронно обертається навколо осі симетрії каналу. Подібні задачі зустрічаються в процесі термічної переробки біоматеріалів із використанням реакції піролізу, коли гвинтова поверхня шнека, що пересуває матеріальну суміш, індукційно нагрівається електромагнітним полем. Задачу розв'язано з використанням інтегрального перетворення Лапласа за часом та інтегрального перетворення Фур'є за осью координатою, а також розкладів Фур'є – Бесселя за кутовою і радіальною координатами. Показано, що температура в каналі характеризується головним чином лінійним зростанням у часі. На цю складову накладаються слабкі коливання, спричинені обертанням нагрітої геліси. Низькоамплітудні коливання температури описуються подвійними рядами Фур'є – Бесселя, коефіцієнти яких визначаються через корені трансцендентного рівняння, що містить перехресні добутки похідних функцій Бесселя і Неймана. Ці корені визначаються чисельно за допомогою методу «regula falsi». Числовий аналіз виявив істотний вплив радіуса, кроку та кутової швидкості обертання геліси, а також лінійної швидкості руху середовища в каналі, на формування просторових і часових характеристик мікроструктури температурного поля. Зокрема, встановлено умови, за яких виникає резонансне підсилення амплітуди квазімонохроматичних коливань температури в каналі.

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

NON-STATIONARY TEMPERATURE DISTRIBUTION IN A THERMALLY INSULATED CONCENTRIC CYLINDRICAL CHANNEL WITH BIOMASS MOVING UNDER THE INFLUENCE OF ROTATION OF ELECTRICALLY HEATED HELIX

The nonstationary problem of determining of the temperature in a circular concentric cylindrical channel of infinite length with thermally insulated surfaces filled with a moving medium under the influence of induction heating of a conductor in the form of a cylindrical helical line (helix) rotating synchronously around the axis of symmetry of the channel is considered. Similar problems arise in the thermal processing of biomaterials using a pyrolysis reaction, when the helical surface of the auger moving the material mixture is heated inductively by electromagnetic field. The problem is solved using the Fourier and Laplace integral transforms over the axial coordinate and time, respectively, as well as the Fourier – Bessel expansions in the angular and radial coordinates. It is shown that the temperature in the channel is characterized mainly by a linear increase over time. Weak oscillations caused by the rotation of the heated helix are superimposed on this component. The low-amplitude temperature oscillations are described by double Fourier – Bessel series, the coefficients of which are determined by the roots of a transcendental equation containing the cross-wise products of derivatives of the Bessel and Neumann functions. These roots are determined numerically using the “regula falsi” method. Numerical analysis revealed a significant effect of radius, pitch and angular velocity of rotation of the helix, as well as the linear velocity of the medium in the channel, on the formation of spatial and temporal characteristics of the microstructure of the temperature field. In particular, the conditions under which there is a resonant amplification of the amplitude of quasi-monochromatic fluctuations of the temperature in the channel are determined.

Keywords: auger reactor, helical screw equipment, electric heating, non-stationary temperature field, mathematical modeling, numerical analysis.

Нац. ун-т «Львів. політехніка», Львів

Одержано
22.11.20

[✉]piddub@wp.pl