

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ У ВІЛЬНО СТІКАЮЧИХ ЛАМІНАРНИХ ПЛІВКАХ З РОЗВИНУТОЮ ХВИЛЬОВОЮ СТРУКТУРОЮ В РЕЖИМІ ВИПАРОВУВАННЯ З ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ

к.т.н. Валентин Петрович Петренко, Олександр Миколайович Рябчук,
Марія Миколаївна Мирошник

*Національний університет харчових технологій, кафедра
теплоенергетики та холодильної техніки, Київ, Володимирська, 68, т.
+38044 287-92-66, 050-556-50-44, e-mail: Petrenkovp@ukr.net*

Мета – дослідити тепло-гідродинамічні процеси в плівках води та цукрових розчинів в режимі випаровування з вільної поверхні методами математичного та фізичного моделювання на модельних установках з відтворенням реально плинних процесів теплообміну в трубах при концентруванні розчинів .

Результати. В довгих вертикальних кип'ятільних трубах тепло-гідродинамічні процеси в плівках протікають в режимі циклічного її перемішування великими хвилями, що не відображено в існуючих моделях теплообміну в плівках. Розроблена модель теплообміну в ламінарних догрітих до температури насичення плівках рідини з розвинутою хвильовою структурою, як циклічного процесу релаксації нестационарного температурного поля після проходження великих хвиль. Математична модель описує процес розвитку двовимірного температурного поля залежно від числа Пекле та характеристики хвильового руху – довжини великих хвиль. На основі запропонованої моделі отримані кореляції, які пропонуються для узагальнення даних з теплообміну в догрітих до температури кипіння плівках в режимі випаровування з вільної поверхні. Надано узагальнююче рівняння для розрахунку інтенсивності тепловіддачі до насичених плівок цукрових розчинів, яке містить хвильові характеристики плівкової течії, в діапазоні зміни режимних параметрів, характерних для роботи випарних установок цукрової промисловості , а саме – концентрації від 0 до 70 % , щільності зрошення від $0,01 \cdot 10^{-3}$ до $0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$, чисел Пекле від 400 до 25000. Математична модель циклічної релаксації температурного поля виявилась ефективною для узагальнення даних з теплообміну не тільки ламінарних, а і турбулентних плівок, незважаючи на відсутність в рівняннях перенесення параметрів турбулентності.

Висновки. Встановлено зв'язок хвильової структури плівки з інтенсивністю теплообміну на основі моделі теплообміну з циклічною релаксацією температурного поля в результаті проходження великих хвиль, надані відповідні розрахункові співвідношення. Надана модель теплообміну може бути застосована для кореляції даних по тепловіддачі до стікаючих плівок рідин та розчинів в умовах випаровування з вільної поверхні.

MODELING OF HEAT TRANSFER IN FREE DOWN FLOWING LAMINAR LIQUID FILMS WITH DEVELOPMENT WAVY STRUCTURE AT THE REGIME OF EVAPORATION FROM THE INTERFACE

Valentyn Petrenko, Oleksandr Riabchuk, Mariya Miroshnyk

National University of Food Technologies, 68 Volodymyrska Str. Kyiv, 01601, Ukraine tel. +38044 287-92-66, 050-556-50-44, e-mail: Petrenkovp@ukr.net

Work objective: the heat transfer and hydrodynamic processes that take place in down flowing film of water and sugar solutions at the regimes of evaporation from the interface have been studied. There were developed mathematical models, which then were compared with the result of direct experimentation of heat transfer in tubes at the regimes of solutions concentrations.

Results. Within long vertical boiling tubes thermohydrodynamic processes in liquid film take place at a regime with cycling mixing of the film by the powerful waves. The existing Heat Transfer models of such phenomena do not take into account such processes. A mathematical model of heat transfer in laminar, heated to the saturation temperatures liquid films with the developed wavy structures on the free interface have been developed. The model takes into consideration cyclic relaxation of transient temperature field which happens right after the passage of a powerful big wave. The developed mathematical model describes the time history of the two dimensional temperature fields as a function of the Peclet number and the core characteristic of the wavy motion (the length of big waves). Based upon the proposed model a set of correlations have been obtained. These are proposed as a means for the generalization of heat transfer experimental data, obtained within the experimental studies of liquid films, heated to the saturation temperatures and evaporating from the interface. A generalized equation has been derived, which can be used for the calculations of Heat Transfer Coefficients (HTC) to the saturated sugar solutions liquid films. This equation contains wavy characteristics of down flowing films and valid within the range of parameters characteristic for the sugar industry evaporators, namely: concentrations – 0...70 % dry matter; liquid mass flow rate density – $0.01 \times 10^{-3} \dots 0.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$, the Peclet number range – 400...25000. The mathematical model of the temperature field cyclic relaxation turned out efficient for generalization of heat transfer experimental data not only laminar, but turbulent liquid films either, despite of the fact that the transport equations do not contain turbulent characteristics.

Conclusions. A correlation between the liquid film wavy structure with the heat transfer has been established. The correlation is based upon the model of temperature field cyclic relaxation after passage of big waves. The respective correlations have been presented. It has been proven that the proposed model can be successfully applied the generalization of experimental data of heat transfer to the down flowing liquid films of water and viscose water solutions at a regime of evaporation from the free surface.