

17.1. Промислова теплоенергетика

Голова підсекції – проф. С.М. Василенко
Секретар підсекції – асистент В.О. Бойко

Ауд. Б-407

1. Теплообмін в плівкових течіях в роторно-плівкових випарних апаратах

Андрій Кібкало, Сергій Василенко

Національний університет харчових технологій

Вступ. Перспективним методом інтенсифікації процесів випарювання харчових розчинів є їх реалізація в плівках розчинів, що стікають під дією сили тяжіння в роторно-плівкових випарних апаратах. Випарні апарати цього типу максимально задовольняють основні теплотехнологічні вимоги, в тому числі, апарати цього типу прості конструктивно, технологічні у виготовленні, процеси в них надійно автоматизуються, вони перспективні для створення багатокорпусних випарних апаратів та розроблення на їх базі високоефективних технологічних комплексів.

Методи та матеріали. Традиційно для аналізу процесів перенесення у вільно стікаючих плівках рідини використовують модель двовимірного плоского приграничного шару. Було проаналізовано адекватність двовимірної моделі при аналізі плівок рідини в роторно-плівкових випарних апаратах.

Тому як базову модель для аналізу використали двовимірну модель стаціонарного руху турбулентної квазістабільної плівки, що стікає по вертикальній плоскій поверхні за наявності міжфазної дотичної напруги на поверхні розділу «пара-рідина».

Двовимірне рівняння руху (диференціальне рівняння збереження механічної енергії в плівці) (1.5) в рамках нуссельтових припущень набуває одновимірного вигляду

$$\frac{d}{dy^+} (1 + e_y^+) \frac{dv_x^+}{dy^+} + g \text{Нн}_*^{-3} = 0;$$

за граничних умов

$$v_x^+ = 0 \text{ при } y^+ = 0, \quad (1 + e_y^+) \frac{dv_x^+}{dy^+} = 1 - g \text{Нн}_*^{-3} \text{Д}^+ \text{ при } y^+ = \delta^+,$$

де $v_x^+ = v_x/v_*$; $y^+ = yv_*/H$; $e_y^+ = e_y/H$ – відповідно безрозмірні швидкість, координата і кінематичний коефіцієнт турбулентного переносу кількості руху; $v_* = \sqrt{\phi_{cr}/c}$ – динамічна швидкість (швидкість тертя).

Рівняння перенесення теплоти (диференціальне рівняння збереження внутрішньої енергії) для випадку випаровування запишеться у вигляді

$$\left(\frac{1}{Pr} + \frac{e_y^+}{Pr_t} \right) \frac{dT^+}{dy^+} = 1,$$

за граничних умов

$$T^+ = 0 \text{ при } y^+ = 0,$$

де $T^+ = (T_{cr} - T)c_p\rho v_*/q$ - безрозмірна температура.

Безрозмірна форма коефіцієнта тепловіддачі для випадку випаровування з поверхні плівки визначалась таким чином

$$St^{-1} = \int_0^{d^+} \left(\frac{1}{Pr} + \frac{e_y^+}{Pr_t} \right)^{-1} dy^+;$$

Результати. Вираз для безрозмірного кінематичного коефіцієнта турбулентної в'язкості з використанням поняття довжини шляху зміщення набуде вигляду

$$e_y^+ = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \left(1 + \ell^{+2} \frac{\phi}{\phi_{cr}} \right)^{1/2},$$

де $\lambda^+ \approx 0,4y^+[1 - \exp(-y^+/26)] [1 - \exp(-\tau_i)]$ - безрозмірна довжина шляху змішування.

Було проведене порівняння значень коефіцієнта тепловіддачі, розрахованих за результатами експериментального дослідження, і значень цього коефіцієнта, розрахованих по запропонованій методиці. Можна зробити висновок про задовільну відповідність експериментально визначених і розрахованих по запропонованій методиці значень безрозмірного коефіцієнта тепловіддачі.

Висновок. Запропонована модель механізму турбулентного перенесення імпульсу та енергії в плівці, що враховує особливості механізму турбулентного перенесення в перехідному режимі течії в умовах динамічної взаємодії ротора та плівки розчину.

Література

Miyara Akio. Flow Dinamics and heat transfer of wavy condensate film // Transactions of ASME. J. of Heat Tranfer. – 2001. – V. 123. – P. 492 – 500