

6. ДО ПИТАННЯ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КИПІННІ НАНОРІДИН

С.В. Сидоренко, В.Н. Морару,

О.В. Снігур, Д.В. Комиш

Інститут газу НАН України

А.В. Копиленко, А.І. Маринін

Національний університет харчових технологій

О.М. Тимонін

Національний технічний університет України «КПІ»

Інтенсифікація процесів теплообміну — одна з найважливіших проблем сучасної промисловості і енергетики. Один із шляхів вирішення цієї проблеми

(інтенсивного відведення тепла) — це використання як теплоносіїв нанорідин, що здатні працювати при високих питомих теплових потоках (ПТП)[1]. Такі потоки досягаються завдяки інтенсивному теплообміну, що характеризується високими значеннями коефіцієнтів тепловіддачі. (КТВ).

В представленій роботі застосовувався ніхромовий дріт (нагрівач), що розглядався як суцільний циліндр ($d \ll l$), тепловіддача від якого здійснювалась в граничних умовах першого роду. В цьому випадку виникала необхідність визначення температури зовнішньої поверхні дроту ($t_{ст}$) і температури по осі циліндра ($t_{ос}$). Для знаходження цих невідомих: були застосовані дві залежності:

Рівняння теплового балансу для нагрівача циліндричної форми:

$$V \cdot C_v \cdot \rho_v \cdot t_v^{poz} = \int_0^{r_{cm}} 2\pi r_{cep_i} \cdot l \cdot C_i \cdot \rho_i \frac{t_i + t_{i+1}}{2} \quad (1)$$

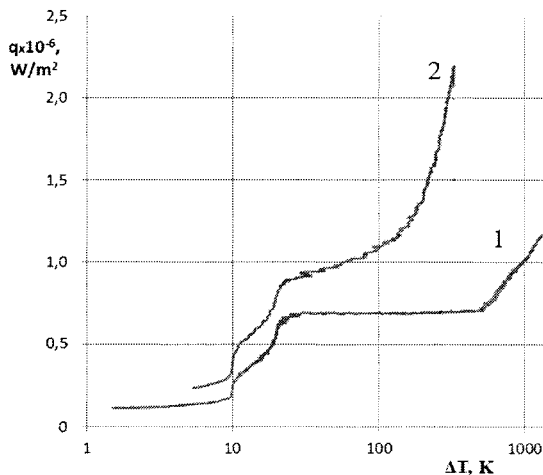
Рівняння розподілу температур (t_i, t_{i+1}, t_{i+2} і т.д.) для однорідного циліндричного стержня ($d \ll l$) за рівнянням

$$t_{i+1} = t_i + q_v \left(\frac{r_{cm}^2}{4\lambda} \right) \left[1 - \left(\frac{r_{i+1}}{r_i} \right)^2 \right]. \quad (2)$$

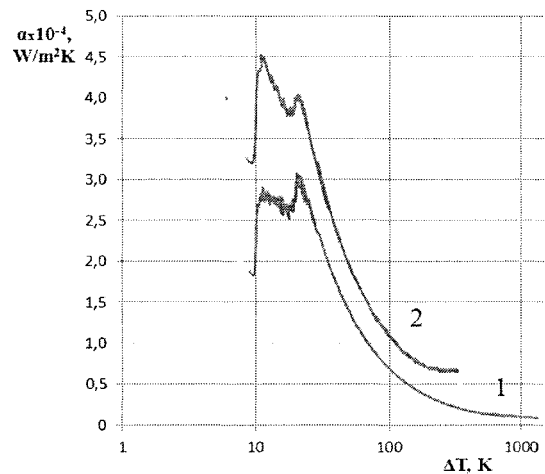
Розв'язок цих рівнянь здійснювався ітераційним методом. Останнє ітераційне значення $t_{ст}$ приймалось для наступних розрахунків і побудови графіків. Таким

чином КТВ розраховувався за рівнянням: $\alpha = \frac{q}{t_{ст}} - t_{pid}$ (Вт/(м²·К))

В вище приведених рівняннях використовувались наступні позначення $t_{ст}$ (°С) температура зовнішньої стінки нагрівача; λ, c, ρ — відповідно коефіцієнт теплопровідності (Вт/м·К), теплоємність (кДж/кг·К) та густина (кг/м³) ніхрому; r_i — поточний радіус нагрівача; t_i (°С) — температура нагрівача на відповідному радіусі r_i ; t_{pid} (°С) — температура киплячої рідини. На рис. 1 і 2 представлені графічні залежності між ПТП і КТВ від температурного напору ΔT .



а



б

Рис. 1. Залежність питомого теплового потоку (а) і коефіцієнта тепловіддачі (б) нанорідини AlSi (крива 2) та дистильованої води (крива 1) від ΔT

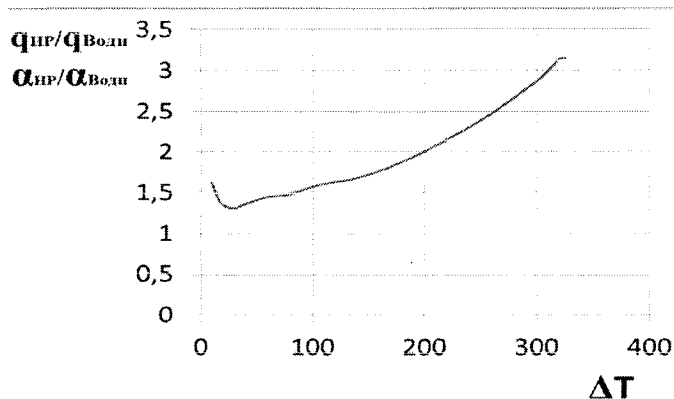


Рис. 2. Співвідношення між тепловими потоками та коефіцієнтами тепловіддачі для нанорідини AlSi і дистильованої води

Аналіз цих залежностей показує, що числові значення КТВ для НР вище таких для дистильованої води в 1,3 — 3 рази (рис. 2) в інтервалі зміни $\Delta T = 30 — 300$ К. Це пояснюється тим, що зберігається бульбашковий режим кипіння, але вже на пористій поверхні, що утворена шаром наночастинок. А так, як при бульбашковому режимі кипіння тепловідвід найбільш інтенсивний, то температура ніхрому при кипінні НР буде значно менше температури ніхрому при перехідному режимі кипіння дистильованої води.

Слід також зазначити, що при кипінні НР, коли вже утворився шар осаду, відсутні як перша так і друга кризи кипіння. У цьому випадку слід очевидно говорити лише про «кризові явища». До них слід віднести падіння інтенсивності відводу тепла, тобто зменшення КТВ при збільшенні питомого теплового потоку, зростання товщини і зміну структури шару осаду, що врешті речт призводить до росту температури нагрівача і його перепалу.