

УДК 66.023:519.86

І. Лучейко, Р. Коцюрко, В. Коваль

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

РОЗРАХУНОК ДОПУСТИМОЇ ТОВЩИНИ НАКИПУ ЗА ВІДНОСНИМ ЗБІЛЬШЕННЯМ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ПОТОКУ РІДИНИ В ТРУБЧАСТОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ

Утворення на теплообмінних поверхнях шару накипу є однією з головних проблем теплоенергетики.

Крім збільшення термічного опору, через зменшення поперечного перерізу $A = \pi r^2$ ($r = r_0 - \delta$ – внутрішній радіус r_0 труби з накипом товщиною δ) трубопроводу збільшується (при заданій об'ємній витраті $v = \bar{w}A = \text{const}$) середня лінійна швидкість \bar{w} потоку, що веде до росту гідравлічного опору і додаткових затрат потужності N на подолання сил внутрішнього тертя в рідині.

Для усталеного ламінарного режиму потоку виконується закон Пуазейля

$$v = \frac{\pi r^4}{8\mu} \frac{\Delta p}{l}, \quad (1)$$

де μ – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини; $\Delta p / l$ – лінійний перепад тиску, створюваний, зокрема, помпою.

Тоді затрачувана потужність

$$N = -\int_1^2 v dp = v(p_1 - p_2) \equiv v \Delta p = \frac{\pi r^4 l}{8\mu} \left(\frac{\Delta p}{l} \right)^2. \quad (2)$$

Із (1) і (2) лінійна потужність (Вт/м)

$$N/l = \frac{8\mu}{\pi r^4} v^2 \propto r^{-4}, \quad (3)$$

звідки відносна різниця опорів як критерій оцінки допустимої товщини накипу

$$\varepsilon_N = (N/N_0) - 1 = (1-x)^{-4} - 1 \leq (\varepsilon_N)_{\text{max}}^{\text{доп}} \quad (v = \text{const}), \quad (4)$$

де $x = \delta / r_0$ – симплекс товщини накипу та внутрішнього радіусу труби.

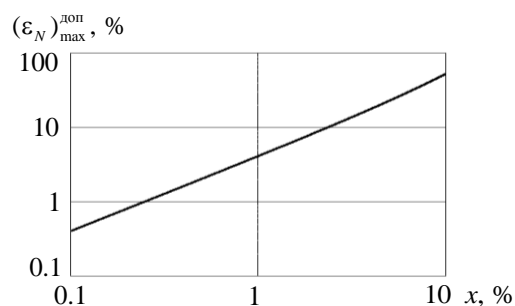


Рисунок. Номограма для визначення можливої відносної товщини x накипу в трубці колового перерізу за максимально-допустимою величиною $(\varepsilon_N)_{\text{max}}^{\text{доп}}$ збільшення гідравлічного опору потоку рідини

Як видно з рисунка, вже при $x = 1\%$ $(\varepsilon_N)_{\text{max}}^{\text{доп}} \approx 4\%$, тобто товщина накипу суттєво впливає на енергоефективність теплообміну.