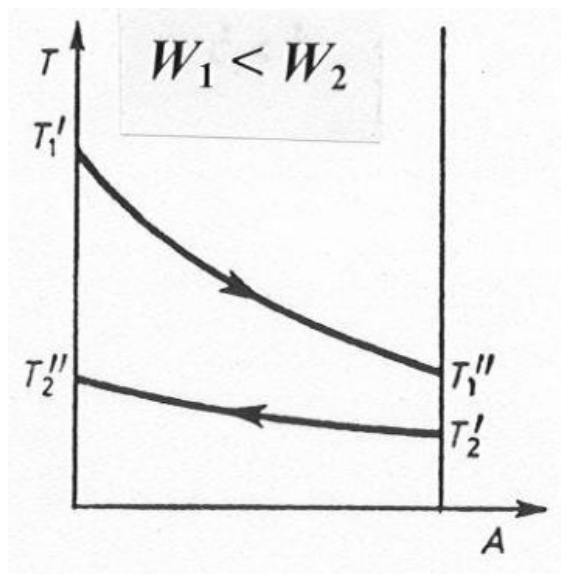


Metoda sprawnościowa obliczania wymienników ciepła

1. Sprawność wymiennika ciepła

Sprawność wymiennika ciepła można zdefiniować jako stosunek strumienia ciepła przekazywanego w wymienniku do maksymalnego możliwego do osiągnięcia strumienia przekazywanego ciepła w danym wymienniku, tzn. gdyby temperatura końcowa czynnika o mniejszej pojemności cieplnej zrównała się z temperaturą wlotową czynnika o większej pojemności cieplnej.



Rys. 1-1. Rozkład temperatury w przeciwprądowym wymienniku ciepła.

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max}} \quad (1.1)$$

$$Q = W_1(T_1' - T_1'') = W_2(T_2'' - T_2') \quad (1.2)$$

$$Q_{\max} = W_{\min}(T_1' - T_2') \quad (1.3)$$

gdzie W_{\min} jest mniejszą z pojemności cieplnych czynników.

Maksymalny strumień ciepła Q_{\max} mógłby być osiągnięty w wymienniku przeciwprądowym o nieskończenie dużej

powierzchni wymiany ciepła. Wprowadzimy teraz bezwymiarową liczbę charakteryzującą wymiennik ciepła, tzw. liczbę jednostek przenikania ciepła

$$N = \frac{1}{W_{\min}} \int_A k(A) dA = \frac{Ak_{sr}}{W_{\min}} \quad (1.4)$$

Wykazano, że sprawność wymiennika ciepła może być przedstawiona jako zależność

$$\varepsilon = f(N, W) \quad (1.5)$$

gdzie

$$W = \frac{W_{\min}}{W_{\max}} \quad (1.6)$$

2. Sprawność wymiennika współprądowego

W wykładzie „Średnia różnica temperatur” wykazaliśmy, że dla wymiennika współprądowego (równanie 1.12 w tym wykładzie)

$$\ln \left(\frac{T_1'' - T_2''}{T_1' - T_2'} \right) = - \left(\frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2} \right) kA \quad (2.1)$$

gdzie A jest całkowitą powierzchnią wymiany ciepła w wymienniku.

Równanie (2.1) można przedstawić w formie

$$\frac{T_1'' - T_2''}{T_1' - T_2'} = e^{-\frac{Ak}{W_1} \left(1 + \frac{W_1}{W_2} \right)} \quad (2.2)$$

Założmy, że $W_1 = W_{\min}$. Wówczas równanie (2.2) przyjmuje formę

$$\frac{T_1'' - T_2''}{T_1' - T_2'} = e^{-\frac{Ak}{W_{\min}} (1+W)} = e^{-N(1+W)} \quad (2.3)$$

a równanie (1.1)

$$\varepsilon = \frac{T_1' - T_1''}{T_1' - T_2'} \quad (2.4)$$

Układ równań (2.3) i (2.4) można sprowadzić do równania

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-N(1+W)}}{1+W} \quad (2.5)$$

Powtarzając analizę przy założeniu, że $W_2 = W_{\min}$ otrzymamy również wynik (2.5).

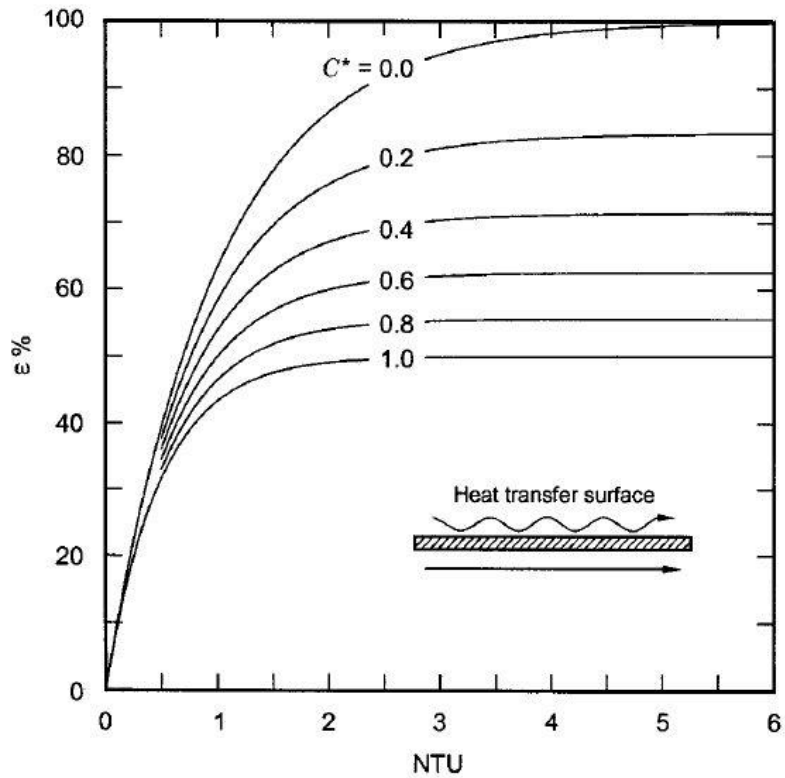
3. Sprawność wymienników różnych typów

Wymiennik przeciwprądowy

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-N(1-W)}}{1 - We^{-N(1-W)}} \quad (3.1)$$

Gdy jeden z czynników zmienia stan skupienia ($W = 0$), to sprawność wymiennika współprądowego i przeciwprądowego opisana jest tym samym równaniem

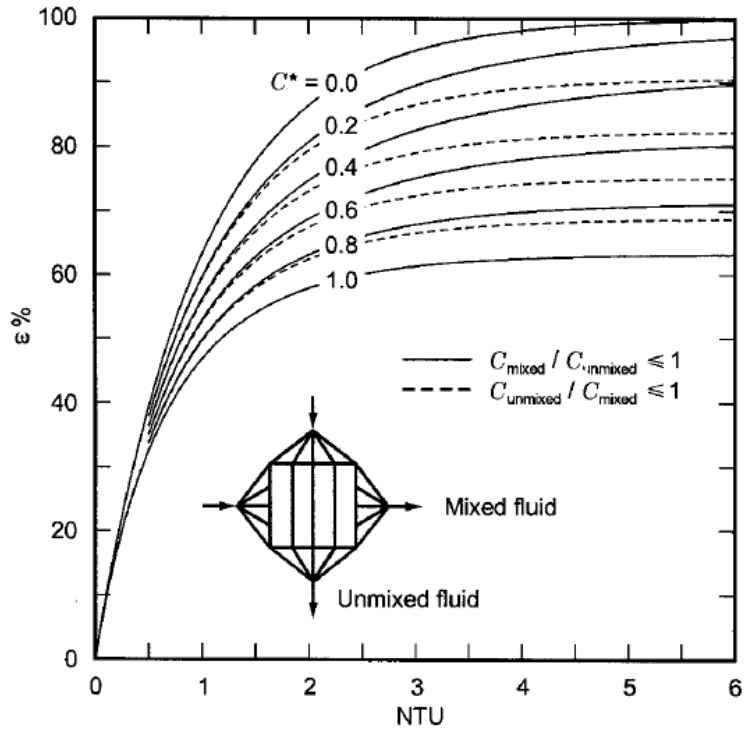
$$\varepsilon = 1 - e^{-N} \quad (3.2)$$



Rys. 3-1. Sprawność współprądowego wymiennika ciepła. Oznaczenia: $C^* = W$; $NTU = N$.

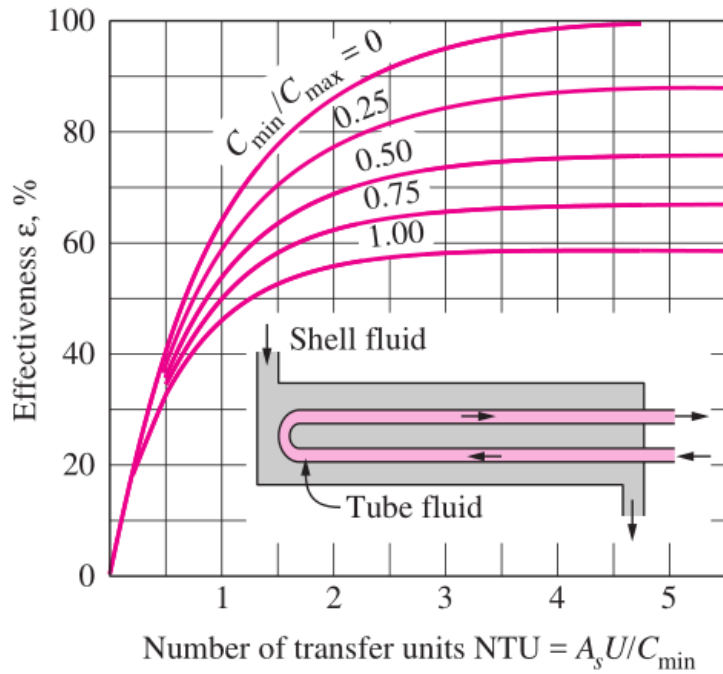
Wymiennik krzyżowo prądowy z wymieszany czynnikiem o mniejszej pojemności cieplnej i z drugim czynnikiem niewymieszany

$$\begin{aligned} \epsilon &= 1 - e^{-\frac{1 - e^{-NW}}{W}} \\ &= 1 - \exp\left[\frac{1 - \exp(-NW)}{W}\right] \end{aligned} \quad (3.3)$$



Rys. 3-2. Sprawność krzyżowo prądowego wymiennika ciepła.

Oznaczenia: $C^* = W$; $NTU = N$.



(c) One-shell pass and 2, 4, 6, ... tube passes

Rys. 3-3. Sprawność wymiennika z wielokrotnym przepływem w rurekach.

Metoda sprawnościowa jest bardzo dogodna do wyznaczania końcowych temperatur czynników dla wymiennika o danej powierzchni wymiany ciepła.

Niech $W_1 = W_{\min}$. Mając dane N oraz W obliczamy lub odczytujemy z wykresu sprawność wymiennika ε . Z równania (2.4) obliczamy T_1''

$$T_1'' = T_1' - \varepsilon(T_1' - T_2') \quad (3.4)$$

a następnie z równania (1.2) obliczamy T_2''

$$T_2'' = T_2' + W(T_1' - T_1'') \quad (3.5)$$

gdzie

$$W = \frac{W_{\min}}{W_{\max}} = \frac{W_1}{W_2} \quad (3.6)$$