

STANISŁAW J. GDULA<sup>x)</sup>

## EFEKTYWNOŚĆ PŁASKICH ŻEBER PROSTYCH I OKRĄGLYCH

Żebrowanie powierzchni stosuje się w celu intensyfikacji wymiany ciepła między powierzchnią i płynem. Miarą tej intensyfikacji jest efektywność żebra wyrażająca stosunek natężenia przepływu ciepła przez podstawę żebra do ilości ciepła jaka przepływałaby przez powierzchnię zajętą przez żebro, gdyby żebra tego nie było, a współczynnik wnikania ciepła był taki sam. Efektywność żebra jest tym większa, im jest ono cieńsze, wykonane z lepszego przewodnika ciepła i im gorsze są warunki konwekcyjnej wymiany ciepła na powierzchni użebrowanej (im mniejsze  $\alpha$ ). Wspólnym kryterium dla tych trzech czynników jest liczba Biota ( $Bi$ )  $= \alpha \delta / \lambda$ , w której  $\delta$  oznacza grubość żebra. Wartość liczby Biota, przy której efektywność żebra jest równa jedności nazywamy krytyczną wartością. Żebrowanie powierzchni jest celowe, gdy  $(Bi) < (Bi)_{kr}$ .

Żebrem płaskim nazywamy żebro o stałej grubości. Żebrem prostym jest żebro umieszczone na powierzchni płaskiej, żebrem okrągłym żebro w kształcie pierścienia umocowanego na powierzchni walca.

Zagadnienia przewodzenia ciepła w żebrach rozwiązywano do tej pory przy założeniu, że izotermy w poprzecznym przekroju żebra są płaskie. Ponieważ założenie to jest równoważne z przyjęciem, że współczynnik przewodzenia ciepła w kierunku prosto padłym do płaszczyzny żebra jest nieskończenie duży, teoria ta daje wyniki zawyżone dla ilości ciepła przewodzonego przez żebro. Stopnia przybliżenia nie oceniano, wysuwając jedynie jakościowe zastrzeżenie, że wyniki są tym lepsze, im żebro jest cieńsze.

W pracy niniejszej podjęto próbę analitycznego rozwiązania zagadnienia przewodzenia ciepła w żebrach z uwzględnieniem poprzecznego rozkładu temperatury.

x) Adiunkt dr inż. Stanisław Jerzy Gdula  
Katedra Teorii Maszyn Ciepłych

Efektywność płaskiego żebra prostego wyraża się wzorem

$$\chi = \frac{1}{(Bi)} \sum_{k=1}^{\infty} B_k \mu_k \frac{\mu_k \operatorname{th}(\mu_k L) + (Bi)}{\mu_k + (Bi) \operatorname{th}(\mu_k L)} \quad (1)$$

w którym  $L = 1/\delta$  jest stosunkiem wysokości żebra do jego grubości,  $\mu_k$  są dodatnimi pierwiastkami równania

$$\mu \operatorname{tg} \mu = \frac{(Bi)}{2}, \quad (2)$$

a  $B_k$  oblicza się ze wzoru

$$B_k = \frac{2(Bi)^2}{\mu_k^2 ((Bi)^2 + 2(Bi) + 4\mu_k^2)}. \quad (3)$$

Efektywność płaskiego żebra okrągłego, o średnicy wewnętrznej  $2r_1$  i zewnętrznej  $2r_2$ , wyraża się równaniem

$$\chi = \frac{1}{(Bi)} \sum_{k=1}^{\infty} B_k \mu_k \frac{I_1(\mu_{k2} R_2) K_1(\mu_{k1} R_1) - K_1(\mu_{k2} R_2) I_1(\mu_{k1} R_1)}{I_1(\mu_{k2} R_2) K_0(\mu_{k1} R_1) + K_1(\mu_{k2} R_2) I_0(\mu_{k1} R_1)}, \quad (4)$$

w którym  $R_1 = r_1/\delta$ ,  $R_2 = r_2/\delta$ , a  $\mu_k$  i  $B_k$  mają to samo znaczenie co w równaniu (1).  $I_0$ ,  $I_1$ ,  $K_0$ ,  $K_1$  są zmodyfikowanymi funkcjami Bessela.

Krytyczna wartość liczby Biota wynosi dla żebra prostego  $(Bi)_{kr} = 1,316$  (w teorii przybliżonej  $(Bi)_{kr} = 2$ ), a dla żebra okrągłego zależy od jego rozmiarów i waha się w granicach  $(Bi)_{kr} = 1,7 \div 2$  (w teorii klasycznej wielkość ta nie była wyznaczana).

Błąd popekniany przy wyznaczaniu efektywności żebra metodą przybliżoną jest, dla liczb Biota bliskich krytycznej, rzędu kilkunastu procent.