

УДК 532.526

Л. Романюк, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНИХ ПРИМЕЖЕВИХ ТЕЧІЙ З УРАХУВАННЯМ КРИВИЗНИ ПОВЕРХНІ

L. Romaniuk, PhD., Assoc. Prof.

MODELING OF NEAR WALL TURBULENT FLOWS WITH ALLOWANCE OF CURVATURE SURFACE

Усі використовувані моделі турбулентності залежать від емпіричної інформації. Їх ефективність забезпечується коефіцієнтами, що можуть розглядатися як змінні, з метою врахування того чи іншого фактору, що впливає на розвиток течії. Для моделювання двовимірних турбулентних примежових шарів нестискуваної рідини пропонується використовувати алгебраїчну модель коефіцієнта турбулентної кінематичної в'язкості у вигляді єдиної по всій товщині примежового шару формули:

$$v_t = \chi \Delta v_* \gamma(\bar{y}) \frac{l \sqrt{\tau^+}}{\chi \Delta}, \quad l = kyth \frac{sh^2(\chi_1 y^+) th[sh^2(\chi_2 y^+)]}{ky^+ \sqrt{\tau^+}},$$

де $\bar{y} = \frac{y}{\delta}$ - відносна координата, l - довжина шляху перемішування, Δ - параметр довжини Ротта-Клаузера, $\gamma(\bar{y})$ - коефіцієнт перемішування потоку, τ^+ - напруження тертя в околі стінки: $\tau^+ = \begin{cases} 1 + \phi \bar{y} & \text{при } \phi \geq 0 \\ 1 / (1 - \phi \bar{y}) & \text{при } \phi = 0 \end{cases}$,

v_* - динамічна швидкість, χ_1, χ_2, k, χ - емпіричні коефіцієнти моделі.

Формули забезпечують пропорційність коефіцієнта турбулентної в'язкості у в'язкому підшарі - y^4 , в перехідній зоні - y^2 , в логарифмічній зоні y . Дана модель достовірно відображає неперервну зміну турбулентної в'язкості по всій товщині пограничного шару та забезпечує гладкі переходи через межі зон і областей. Для моделювання розвитку плоского турбулентного примежового шару вздовж сильно викривленого профілю у рівняннях появляются додаткові співвідношення, обумовлені впливом кривизни. Ефективне дотичне напруження тертя в цьому випадку визначається як:

$$\tau = (v + v_t) \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\frac{u}{R_w}}{1 + \frac{u}{R_w}} \right),$$

де v - коефіцієнт кінематичної в'язкості, u - складова осередненої швидкості, R_w - радіус поздовжньої кривизни. Ефект кривизни на турбулентний перенос в моделі турбулентної в'язкості враховується введенням множника типу Бредшоу B і модифікаціями модельного коефіцієнта та функції напруження тертя на стінці наступним чином:

$v = (v_t)_0 B$, де $(v_t)_0$ - турбулентна в'язкість при відсутності кривизни

$$\left(\frac{1}{R_w} \rightarrow 0 \right), \quad B = \left(1 + \frac{2qR_w u}{\frac{\partial u}{\partial y}} \right)^{-2}.$$

Для вгнутої поверхні $q = 7$, а для опуклої - $q = 4$; для вгнутої стінки $k = 0.4 + 9.23\delta / R_w$, а для опуклої - $k = 0.4 - 1.97 / R_w$; $\tau^+ = 1 + (\phi + 2\delta / R_w) y^+$.