



EMC4100054 MODELAGEM DE ESCOAMENTOS TURBULENTOS

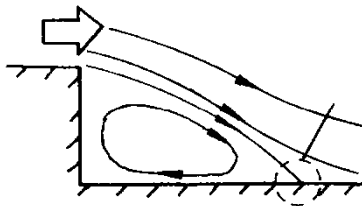
Lista de Exercícios 4 (Data de entrega: 10/07)

1. A relação

$$\overline{u_i u_j} = -\nu_t \left[\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right] + \frac{2}{3} \delta_{ij} k$$

proposta por Kolmogorov é usada em quase todos os modelos baseados no conceito de viscosidade turbulenta. Explique duas deficiências dessa proposta na previsão de escoamentos turbulentos.

2. Para a situação de escoamento turbulento da figura abaixo, identifique as razões pelas quais um modelo algébrico teria dificuldades em prever os níveis de turbulência corretamente na região de recirculação e na região do reatamento do escoamento.



3. O modelo RNG k-ε é uma proposta para a previsão de escoamentos turbulentos. A principal diferença desse modelo em relação ao modelo k-ε padrão é a equação da dissipação:

$$U_j \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(v + \alpha \nu_t) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\epsilon 1} \frac{\epsilon}{k} \nu_t S^2 - C_{\epsilon 2} \frac{\epsilon^2}{k} + R$$

em que aparece o termo adicional

$$R = -\frac{C_\mu \eta^3 (1 - \eta/\eta_0) \epsilon^2}{1 + \beta \eta^3} \frac{1}{k}$$

$$\text{com } \eta = Sk / \epsilon; \quad \eta_0 \approx 4,38; \quad \beta = 0,012; \quad S^2 = 2S_{ij} S_{ij}; \quad S_{ij} = 1/2 \left[\partial U_i / \partial x_j + \partial U_j / \partial x_i \right]$$

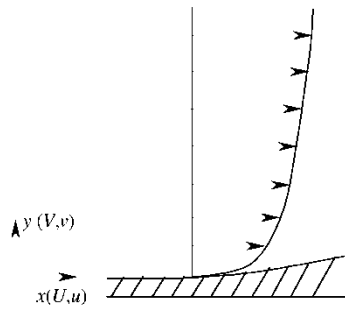
Explique o efeito desse termo sobre o valor da viscosidade turbulenta em situações de escoamentos com valores elevados de S_{ij} .

4. Indique a vantagem de uma característica particular dos modelos de turbulência SST e Realizável.
5. Explique a necessidade do uso do perfil logarítmico de velocidade

$$U^+ = \frac{1}{\kappa} \ln(Ey^+)$$

na prescrição da condição de contorno de paredes sólidas em modelos de turbulência para altos números de Reynolds.

6. Considere um escoamento turbulento incompressível sobre uma superfície côncava como ilustrada abaixo.



$$P_{ij} \equiv -\overline{u_i u_k} \frac{\partial U_j}{\partial x_k} - \overline{u_j u_k} \frac{\partial U_i}{\partial x_k}$$

A partir da análise do termo de produção para as tensões de Reynolds, P_{ij} , demonstre que mesmo uma curvatura suave da superfície ($\partial V / \partial x \ll \partial U / \partial y$) pode afetar de forma significativa a tensão cisalhante \overline{uv} junto à parede.

7. Rotta (1951) propôs a seguinte forma modelada para o termo de redistribuição de energia em escoamentos onde as taxas de deformação do escoamento são nulas. Explique como esse termo funciona em escoamentos com anisotropia.

$$\phi_{ij,l} = -c_1 \frac{\varepsilon}{k} \left(\overline{u_i u_j} - \frac{2}{3} k \delta_{ij} \right)$$

8. Vimos que a equação de ε é uma das principais fontes de erro nos modelos de turbulência. No caso do modelo de transporte de $\overline{u_i u_j}$, como podemos identificar se eventuais falhas na previsão de $\overline{u_i u_j}$ provém de erros da equação de ε ou das formas modeladas dos termos de redistribuição ϕ_{ij} e difusão d_{ij} .