

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ВЕЛИКОМАСШАБНОЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ

Солодов В.Г.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Доповідь присвячена огляду на проблеми чисельного моделювання великомасштабної турбулентності (LES), заснованого на виділенні великих вихорів за допомогою операції фільтрування рівнянь Нав'є-Стокса (NSE). Підхід LES є проміжним за ступенем дозволу турбулентних структур між надзвичайно витратним прямим чисельним моделюванням турбулентності (DNS) і рішенням рівнянь Нав'є-Стокса, усереднених по Рейнольдсу (RANS). Історія LES починалася в 60-х роках минулого століття і прийшла з метеорології. Важливість моделювання турбулентності обумовлена потребами областей технології та природознавства, де домінують процеси перемішування і дисипації енергії: в теорії горіння, при вивченні поширення звукових і електромагнітних хвиль, в управлінні плазмою, в передбаченні клімату і т.п.

У теорії LES [1] рівняння Нав'є-Стокса

$$\mathbf{u}_t + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} - \nu \Delta \mathbf{u} + \nabla p^* = \mathbf{f}, \quad \nabla \cdot \mathbf{u} = 0; \quad \Omega \times (0, T), \quad \Omega \in \mathbf{R}^3$$

усереднюються зі спеціальним фільтром при його налаштуванні на виділення вихорів не менш певного розміру

$$\psi(x, t) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x - \xi, t - \tau) \omega(\xi, \tau) d\xi d\tau, \quad \omega(\xi, \tau) d\xi d\tau = 1$$

Внаслідок нелінійності NSE при фільтруванні виникають моменти пульсацій полів, які не можуть бути розв'язані в рамках фільтрованих змінних, і тому є предметом спеціального моделювання

$$\bar{\mathbf{u}}_t + \bar{\mathbf{u}} \cdot \nabla \bar{\mathbf{u}} - \nu \Delta \bar{\mathbf{u}} + \nabla \bar{p}^* = \bar{\mathbf{f}} - \nabla (\overline{\mathbf{u} \otimes \mathbf{u}} - \bar{\mathbf{u}} \otimes \bar{\mathbf{u}}), \quad \nabla \cdot \bar{\mathbf{u}} = 0; \quad \Omega \times (0, T)$$

У доповіді обговорюються особливості фільтрування NSE і проблема замикання фільтрованих рівнянь. Доповідь сфокусована на огляді існуючих моделей замикання для напруг нерозв'язних (підсіточних) масштабів [2]

$$\tau_{ij}^{SGS} = \overline{u_i u_j} - \bar{u}_i \bar{u}_j$$

Окремо розглядається коммутативність фільтрів і проблема граничних умов.

Література:

1. Berselli L., Iliescu T., Layton W. Mathematics of LES of Turbulent Flows. SC, Springer, 2006. 348p.
2. Солодов В.Г. Моделювання турбулентних течій. Розрахунок великих вихорів. Харків: ХНАДУ. 2011. 167с.