

Диссипация энергии турбулентным потоком

Якубовский Евгений Георгиевич

e-mail yakubovski@rambler.ru

Существует формула, выведенная Колмогоровым А.Н. об изменении скорости потока жидкости в турбулентном потоке. Покажем, что модуль комплексной скорости при определенных условиях описывает это изменение скорости.

Скорость потока в турбулентном режиме описывается формулой см. [1], [2], [3]

$$R = R_{cr} - i\sqrt{T/\alpha - R_{cr}^2} \beta; T = \frac{p_2 - p_1}{\rho v^2} \frac{d^3 R_{cr}}{L}. \quad (1)$$

Где величина $\beta = \{2/[\delta R_{cr}/l + 1]\}^{3/8}$, коэффициент δ/l учитывает влияние шероховатости и равен модулю тангенса среднего наклона шероховатости. Докажем, что при условии $\beta = 1$ (средний модуль тангенса наклона шероховатости равен обратной величине критического числа Рейнольдса) модуль этой формулы переходит в формулу Колмогорова.

$$|R| = \sqrt{T/\alpha}$$

Существует формула выведенная Колмогоровым А.Н. о изменении скорости потока жидкости на расстоянии λ см. [4] §33

$$V_\lambda = (\varepsilon \lambda)^{1/3} = \left(\frac{E}{m} \omega \lambda\right)^{1/3}$$

Покажем, что модуль комплексной скорости турбулентного потока описывает это изменение скорости

$$T = \frac{ER_{cr}}{m v^2} \lambda^2$$

Минимальный размер турбулентного потока описывается формулой $\lambda = \frac{d}{\sqrt{L/d}}$.

Кинематическая турбулентная вязкость описывается формулой $\nu_{tur} = \nu / \beta^2 = V_\lambda \lambda$.

Отношение разности давления к плотности, равно энергии на единицу масса

$\frac{p_2 - p_1}{\rho} = \frac{E}{m}$. Подсчитаем формулу для изменения скорости потока жидкости на расстоянии λ

$$\frac{V_\lambda \lambda}{\nu} = \sqrt{T / \alpha} \beta = \sqrt{\frac{\varepsilon R_{cr} \lambda^2}{\omega \alpha \nu^2}} \beta, \omega = \frac{\nu}{\lambda^2}$$

Откуда получаем формулу $V_\lambda = \sqrt{\frac{\varepsilon R_{cr} \lambda^2}{\nu \alpha}} \beta$. Подставляя значение кинематической вязкости турбулентного потока $\nu_{tur} = V_\lambda \lambda$, получаем формулу Колмогорова с учетом правильного множителя

$$V_\lambda = (\varepsilon \lambda R_{cr} / \alpha)^{1/3}. \quad (2)$$

Заметим, что на основе этой формулы можно вывести все следующие соотношения см. [4] §33. Так как данная формула (2) получена из общей формулы (1), она определяет скорость потока при одной степени шероховатости.

Литература

1. YAKUBOVSKIY, EG. "STUDY OF NAVIER-STOKES EQUATION SOLUTION I. THE GENERAL SOLUTION OF NONLINEAR ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATION." *EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY* 3 (2016): 60-66. <https://world-science.ru/pdf/2016/3/14.pdf>
2. YAKUBOVSKIY, EG. "STUDY OF NAVIER-STOKES EQUATION SOLUTION II. THE USE OF LAMINAR SOLUTIONS." *EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY* 3 (2016): 67-83. <https://world-science.ru/pdf/2016/3/15.pdf>
3. YAKUBOVSKIY, E. G. "STUDY OF NAVIER-STOKES EQUATION SOLUTION III. THE PHYSICAL SENSE OF THE COMPLEX VELOCITY AND CONCLUSIONS." *EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY* 3 (2016): 84-87. <https://www.world-science.ru/pdf/2016/3/16.pdf>
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика, т. VI, М., «Наука», 1988г., 736стр