

Член-корреспондент АН СССР С. С. КУТАТЕЛАДЗЕ, Д. И. АВАЛИАНИ

ПРОХОЖДЕНИЕ СВЕТА ЧЕРЕЗ ТУРБУЛЕНТНУЮ ЖИДКОСТЬ

В турбулентном потоке жидкости возникают пульсации плотности, связанные с пульсациями температуры и давления, которые в свою очередь обусловлены пульсациями скорости:

$$\rho' \approx \frac{\partial \rho}{\partial T} T' + \frac{\partial \rho}{\partial p} p', \quad (1)$$

$$p' \approx \bar{\rho} \bar{u} u', \quad T' \approx \frac{L u'}{\bar{u}} \text{grad } \bar{T},$$

где L — характерный размер системы.

Коэффициент преломления света связан с плотностью среды формулой Лорентца — Лоренца (¹)

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = c \rho, \quad (2)$$

где c — константа для данного вещества.

При $n' \ll n$ из (2) следует, что

$$n' \approx \frac{(n^2 - 1)(n^2 + 2)\rho'}{6n\bar{\rho}}, \quad (3)$$

$$\overline{n'n'} \approx \left(\frac{n^2 - 1}{3\bar{\rho}} \right)^2 (n^2 + 2) \overline{\rho'\rho'}. \quad (4)$$

Операция осреднения произведена по правилам Рейнольдса (²) по области, большей корреляционного пространственного радиуса, поскольку время прохождения света через обычную турбулентную систему значительно меньше характерного времени существования локальных турбулентных неоднородностей.

Как видно, среднеквадратическая пульсация коэффициента преломления отлична от нуля.

Для изотермического потока из формул (1) и (3) следует, что

$$V \overline{n'n'} \approx n(n^2 - 1) \frac{\partial \rho}{\partial p} \bar{u} V \overline{u'u'}, \quad (5)$$

т. е. среднеквадратическая пульсация коэффициента преломления имеет порядок числа Маха

$$M^2 = \frac{\partial \rho}{\partial p} \bar{u}^2. \quad (6)$$

Приведенные формулы позволяют оценивать порядок величин и структуру зависимости рассеяния света на турбулентных пульсациях в среде от ее физических свойств и гидродинамических параметров.

Увеличение коэффициента преломления в турбулентной среде имеет порядок

$$\Delta n_T \approx \sqrt{\overline{n'n'}} \quad (7)$$

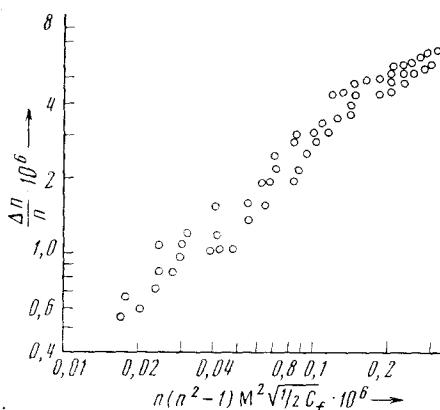


Рис. 1

и может быть связано с коэффициентом ослабления луча через частоту столкновений с мелкомасштабными пульсациями формулой ⁽³⁾

$$\nu K_{\lambda}^m / \sqrt{u'u'} \approx \Delta n_m^m; \quad (8)$$

здесь ν — коэффициент кинематической вязкости среды, а $m < 1$.

Нами совместно с Г. Г. Власенко были поставлены опыты на интерферометре ИТР-1, в одной из кювет которого ($l = 250$ мм, $d = 10$ мм) помещалась неподвижная дистиллированная вода ($t = 20^\circ \text{C}$), а через вторую кювету такая же вода протекала

в турбулентном режиме. Производилось с точностью до 10^{-3} градуса термостатирование системы, контролируемое по смещению полос. Результаты измерений показаны на рис. 1; они качественно и по порядку величин находятся в соответствии с формулой (4).

Институт теплофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
11 V 1972

Грузинский политехнический институт
им. В. И. Ленина
Тбилиси

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. А. Lorentz, W. A. 9, 644 (1880). ² O. Reynolds, Phyl. Trans. of the R. S. (1895). ³ С. С. Кутателадзе, Д. И. Авалиани, ДАН, 198, № 5 (1971).