

О КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ФЛУКТУАЦИЙ
ИНТЕНСИВНОСТИ В ПРОДОЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В. М. ДЖУЛАКЯН

До последнего времени вопросу о продольной корреляции излучения, распространяющегося в турбулентной среде, уделялось недостаточно внимания. Тем не менее он важен как в теории распространения излучения, так и в экспериментальных исследованиях.

В работе [1] получено выражение для корреляционной функции флуктуаций уровня и фазы как в поперечном, так и в продольном направлениях (в области применимости первого приближения метода плавных возмущений (МПВ)):

$$\psi_{x, s}(p_1, z_1; p_2, z_2) = \frac{\pi k^2 z_c}{4} \int d^2 x \Phi_s(x, 0) \exp[ix(p_1 - p_2)] \times \\ \times \left[\cos \frac{x^2(z_1 - z_2)}{2k} \mp \frac{k}{x^2 z_c} \sin \frac{x^2(z_1 - z_2)}{2k} \pm \frac{k}{x^2 z_c} \sin \frac{x^2(z_1 - z_2)}{2k} \right], \quad (1)$$

где p — вектор в плоскости $z = \text{const}$, z — направление распространения, $z_c = \min(z_1; z_2)$, $k = 2\pi/\lambda$, λ — длина световой волны, $\Phi_s(x, 0)$ — спектр флуктуаций диэлектрической проницаемости.

Характер зависимости корреляции достаточно хорошо исследован при $z_1 = z_2 = z$, когда плоскости, в которых расположены точки наблюдения, совпадают. В случае $z_1 \neq z_2$ экспериментальные исследования были начаты в [2, 3]. В настоящей работе проводится сравнение расчетов в приближении МПВ с экспериментальными данными.

Определим коэффициент продольной корреляции следующим образом:

$$R(z_1; z_2) = \frac{\psi_x(z_1; z_2)}{[\psi_x(z_1; z_1) \psi_x(z_2; z_2)]^{1/2}}. \quad (2)$$

При описании турбулентности хорошим приближением для $\Phi_s(x)$ является колмогоровский спектр

$$\Phi_s(x) = A C_s^2 x^{-11/3}, \quad (3)$$

где $A = 0,033$, C_s — структурная характеристика диэлектрической проницаемости среды — определяет степень турбулентности.

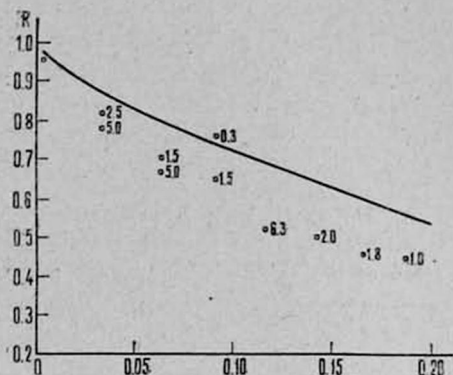
Подставляя (3) в (1) и (2), считая волну плоской и выполняя интегрирование, при $p_1 = p_2$ получаем коэффициент продольной корреляции

$$R(z_1; z_2) = 1,83 \sqrt{\frac{z_2}{z_1}} \left\{ - \left[\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{z_1}{z_2}} - \sqrt{\frac{z_2}{z_1}} \right) \right]^{5/6} + \right. \\ \left. + \frac{6}{11} \sqrt{\frac{z_1}{z_2}} \left[\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{z_1}{z_2}} + \sqrt{\frac{z_2}{z_1}} \right) \right]^{11/6} - \right. \\ \left. - \frac{6}{11} \sqrt{\frac{z_1}{z_2}} \left[\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{z_1}{z_2}} - \sqrt{\frac{z_2}{z_1}} \right) \right]^{11/6} \right\}. \quad (4)$$

Из (4) видно, что R не зависит от степени турбулентности и является функцией одной переменной — отношения z_1/z_2 .

Эксперимент был проведен на горизонтальной трассе высотой около одного метра, длительность импульса составляла 1 мс, $z_2 = 650$ м, а $z_1 - z_2 = 5,50; 100; 150; 200; 250; 300; 350$ м. лазерный пучок имел диаметр 15 см. Синхронное фотографирование проводилось в плоскостях z_1 и z_2 . Более подробное описание эксперимента содержится в [3]. Коэффициент корреляции определялся по фотографиям с использованием методики [4].

На рисунке сплошной линией показана зависимость R от z_1/z_2 , рассчитанная по формуле (4), а точками представлены экспериментальные значения. Каждая точка представляет собой среднее значение $15 \div 20$ измерений с доверительными интервалами 0,1. Рядом с точкой приводятся значения $C_n^2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2/3}$. Как видим, при данных значениях C_n^2 все они лежат ниже теоретической кривой.



Во время проведения экспериментов флуктуации интенсивности света были невелики: параметр $\beta_0^2 = 0,31 C_n^2 k^{7/6} (z_1 - z_2)^{11/6}$ не превышал 0,4. В этих условиях наблюдается качественное согласие между экспериментом и теорией. Безусловно, было бы интересно провести исследования в условиях сильных флуктуаций ($\beta_0^2 \gg 1$), при которых можно ожидать, что R будет зависеть от β_0^2 .

Автор выражает благодарность А. С. Гурвичу и Р. А. Казаряну за полезное обсуждение.

Институт физических исследований
АН АрмССР

Поступила 20. VI. 1980

ЛИТЕРАТУРА

1. С. М. Рытов, Ю. А. Кравцов, В. И. Татарский. Введение в статистическую радиофизику, Изд. Наука, М., 1978.
2. А. С. Гурвич, В. М. Джулалян, Р. А. Казарян. Тезисы докладов IV Всесоюзного симпозиума по распространению лазерного излучения в атмосфере, Томск, 1977, стр. 34.

3. P. A. Казарян, В. М. Джулакян. Изв. ВУЗ, Радиофизика, 23, 718 (1980).
4. В. М. Джулакян. Изв. АН АрмССР, Физика, 14, 346 (1979).

ԼԱԶԵՐԱՅԻՆ ՀԱՌԱԿԱՅԹՄԱՆ ՏԱՐԱԾՄԱՆ ՈՒՂՂՈՒԹՅԱՄԲ
ԻՆՏԵՆՍԻՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՖԼՈՒԿՏՈՒՑԻԱՆԵՐԻ ԿՈՐԵԼՅԱՑԻՈՆ
ՖՈՒՆԿՑԻԱՅԻ ՄԱՍԻՆ

Մ. Վ. ԶՈՒԼՀԱԿՅԱՆ

Սահուն զրգռումների տեսությամբ ներկայացվում է երկայնական կորելյացիոն ֆունկցիայի զործակիցը և համեմատվում փորձնական տվյալների հետ:

ON THE CORRELATION FUNCTION OF INTENSITY
FLUCTUATIONS IN THE LONGITUDINAL DIRECTION
OF LASER RADIATION PROPAGATION

V. M. JULHAKIAN

The coefficient of longitudinal correlation for the intensity of laser radiation is calculated in the first approximation of smooth perturbation method. The comparison of the calculated and experimental results has been made.