

Гало лазерного луча, распространяющегося в турбулентной среде

И. Колоколов, В. Лебедев

Свет, распространяющийся в турбулентной среде, дифрагирует на флуктуациях показателя преломления, которые вызываются турбулентными пульсациями. Этот эффект наблюдается, например, в атмосфере, которая всегда турбулентна. Дифракция световой волны на случайном поле показателя преломления приводит к ее искажениям, которые весьма затрудняют наблюдения астрономических объектов на поверхности Земли. Именно поэтому обсерватории выносятся в горы или даже выводятся на космических аппаратах за пределы атмосферы.

Мы обсуждаем дифракцию производимого лазером светового пучка, распространяющегося в турбулентной среде. Дифракция пучка на флуктуациях показателя преломления приводит к тому, что часть его энергии уходит за пределы основного сечения пучка. Количественно этот эффект можно охарактеризовать средним значением интенсивности, которое зависит от расстояния до центра пучка. Мы ожидаем, что эта зависимость носит степенной характер, в отличие от многочисленных утверждений в литературе об экспоненциальном характере этой зависимости.

Технически необходимо решать задачу на огибающую светового пучка

$$i\partial_z\Psi + \frac{1}{2k_0}\nabla^2\Psi + k_0\nu\Psi = 0.$$

Здесь k_0 – волновой вектор несущей световой волны, ν – отклонение показателя преломления от его среднего значения, z – координата в направлении распространения волны, а ∇ – двумерный градиент в направлениях, поперечных направлению распространения светового пучка.

Уравнение на огибающую следует решить при данной реализации случайного поля ν , а затем усреднить интересующую нас физическую величину (в данном случае интенсивность) по реализациям. В результате интенсивность I на некотором расстоянии r от центра пучка и на удалении z от источника (лазера) может быть выражено в виде свертки известной функции Грина с произведением $\Psi_0(\mathbf{r}_1)\Psi_0^*(\mathbf{r}_2)$, где Ψ_0 – профиль огибающей на выходе из лазера. Мы предполагаем подробно исследовать два начальных профиля: гауссов профиль и гауссов профиль с вихрем.