

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 535.36, 535.015

DOI: 10.17223/00213411/68/10/10

Особенности параметризации неколмогоровских моделей спектра турбулентности

В.П. Лукин¹¹ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

Выполнен анализ особенностей параметризации неколмогоровских моделей спектра турбулентности оптических сред при расчете параметров оптических систем, используемых в этих средах. Было показано, что при одной и той же форме спектров турбулентности различные неколмогоровские модели будут по-разному зависеть от внутреннего и внешнего масштабов турбулентности. Для кармановской модели спектра турбулентности с колмогоровским наклоном в инерционном интервале радиус когерентности в оптической волне оказывается независящим от величины внешнего масштаба турбулентности. В предположении, что интегральная энергия турбулентности не зависит от вида спектра турбулентности, получены соотношения для взаимного пересчета структурных параметров показателя преломления среды для различных типов турбулентности. Полученные в работе результаты позволяют пересчитывать параметры оптических волн при распространении в турбулентной среде с одним законом изменения спектра для сред с другим законом поведения спектра турбулентности.

Ключевые слова: атмосферная турбулентность, модели спектра турбулентности, неколмогоровская турбулентность.

Введение

Для того чтобы грамотно сопоставить результаты измерения уровня турбулентности, получаемые с помощью оптических измерителей, нужна корректная параметризация моделей спектров турбулентности. В этой связи в работе была поставлена цель получить аналитические выражения для расчетов флуктуаций параметров оптических волн при их распространении в турбулентной среде с неколмогоровским спектром турбулентности.

Впервые подходы к этому были предложены в работах [1–5]. Для модели энергетического спектра флуктуаций показателя преломления с произвольным степенным наклоном в области инерционного интервала, т.е. когда внутренний масштаб турбулентности стремится к нулю, а внешний масштаб стремится к бесконечности, можно записать следующее выражение:

$$\Phi_n(\kappa, \alpha) = \frac{\Gamma(\alpha - 1) \cos(\alpha\pi/2)}{4\pi^2} C_n^2(\alpha) \kappa^{-\alpha}, \quad (1)$$

где α – параметр модели, характеризующий наклон спектра в инерционном интервале волновых чисел κ ; $C_n^2(\alpha)$ – структурная постоянная показателя преломления среды, которая имеет размерность $m^{3-\alpha}$ и представляет собой среднюю разность флуктуаций показателя преломления на разноме в 1 м.

Спектру $\Phi_n(\kappa, \alpha)$ по формуле (1) соответствует структурная функция показателя преломления $D_n(\vec{R})$, которая вычисляется [6–8] по формуле

$$D_n(\vec{R}) = 2 \iint d^3 \kappa \Phi_n(\vec{\kappa}) [1 - \cos(\vec{\kappa} \cdot \vec{R})] = 8\pi \int_0^{\infty} d\kappa \kappa^2 \Phi_n(\kappa) \left[1 - \frac{\sin \kappa R}{\kappa R} \right], \quad (2)$$

где κ – пространственное волновое число турбулентной неоднородности; \vec{R} – двумерный вектор точки наблюдения.

Последнее выражение можно параметризовать, приведя к следующему общему виду:

* Работа выполнена в рамках государственного задания Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН.