

**ТЕОРИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ ФАЗОВЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ,
РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ В ТУРБУЛЕНТНОЙ СРЕДЕ**

И. В. Колоколов^{1,*}, В. В. Лебедев¹, Ф. А. Стариков², В. А. Богачев² и А. В. Немцева²

¹*Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау, Москва, Россия*

²*Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Россия*

*E-mail: igor.kolokolov@gmail.com

Мы теоретически исследуем корреляционные функции фазы световой волны, распространяющейся в турбулентной среде. Мы используем уравнение для логарифма огибающей волнового пакета, которое включает нелинейный член второго порядка. Основываясь на этом уравнении, разрабатываем метод вычисления поправок к корреляционной функции, полученной в линейном приближении. Мы вычисляем первые поправки, определенные с помощью однопетлевых диаграмм, и находим их асимптотическое поведение. Было обнаружено, что на коротких расстояниях между точками первая поправка к парной корреляционной функции фазовых градиентов имеет такое же масштабирование, как и нулевое приближение, а на больших расстояниях первое приближение затухает быстрее, чем нулевое.

Таким образом, нет никаких оснований полагать, что коррекция разрушит нулевое приближение. С использованием свойств симметрии уравнения сделаны некоторые непertурбативные выводы. В частности, мы продемонстрировали, что мелкие детали изображения, получаемого оптической системой через атмосферу, размываются из-за турбулентных флуктуаций, и мы оценили максимальный размер этих деталей с точки зрения дисперсии Рытова. Эти результаты позволяют нам заключить, что условие применимости теории возмущений является малость дисперсии Рытова, и это условие выполняется равномерно на расстояниях между точками наблюдения. Относительная поправка на расстояниях, меньших или порядка радиуса первой зоны Френеля, имеет тот же порядок, что и дисперсия Рытова, в то время как на больших расстояниях относительная поправка намного меньше дисперсии Рытова. Следовательно, если единственный параметр (дисперсия Рытова) мал, то нулевое приближение может быть использовано для корреляционной функции фазовых градиентов на любом расстоянии.

**PERTURBATION THEORY FOR PHASE CORRELATIONS OF A LIGHT WAVE PROPAGATING
IN A TURBULENT MEDIUM**

I. V. Kolokolov^{1,*}, V. V. Lebedev¹, F. A. Starikov², V. A. Bogachev², A. V. Nemtceva²

¹*Landau Institute for Theoretical Physics Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Russian Federal Nuclear Center All-Russian Research Institute of Experimental Physics, Sarov, Russia*

*E-mail: igor.kolokolov@gmail.com

We theoretically investigate the correlation functions of the phase of a light wave propagating through a turbulent medium. We use an equation for the logarithm of a wave packet envelope, which includes a second-order nonlinear term. Based on this equation, we develop a diagrammatic technique to calculate corrections to the correlation function obtained in the linear approximation. We calculate the first corrections determined by one-loop diagrams and find its asymptotic behaviors. We found that at short distances between points, the first correction to the pair correlation function of phase gradients has the same scaling behavior as the zero approximation, and at long distances, the first approximation decays faster than the zeroth one. Therefore, there is no evidence to suggest that the correction will destroy the zeroth approximation.

Some non-perturbative conclusions are made using the symmetry properties of the equation. We demonstrated that small details of an image received by an optical system through the atmosphere are smeared due to turbulent fluctuations, and we estimated the maximum size of these details in terms of the Rytov dispersion.

These results allow us to conclude that the applicability condition for the perturbation theory is the smallness of the Rytov dispersion, and this condition holds uniformly over the distances between observation points.

The relative correction at distances smaller or of the order of the radius of the first Fresnel zone is of the same order as the Rytov dispersion, while at larger distances, the relative correction is much smaller than the Rytov dispersion. Therefore, if the single parameter (the Rytov dispersion) is small, the zeroth approximation can be used for the correlation function of phase gradients at any distance.