

Трансионосферное распространение радиоволн высоких частот в режиме сильных флуктуаций электромагнитного поля

Исследование распространения электромагнитных полей высоких (100 – 1000 МГц) частот в условиях сильных возмущений ионосферы, приводящих к возникновению сильных флуктуаций амплитуды поля, является одной из сложных проблем теории распространения волн в случайных средах. На кафедре радиофизики эти исследования проводятся в течение многих лет. В опубликованном в 2021 г. цикле работ [1–3] получены следующие новые научные результаты в рамках сформулированной тематики:

1. Проведено обобщение классического (дельта-коррелированного или диффузионного) Марковского приближения для стохастических моментов поля в задаче о среднем поле в случайно-неоднородной среде с конечными (ненулевыми) значениями продольного радиуса корреляции флуктуаций диэлектрической проницаемости. Для среднего поля выведено интегро-дифференциальное уравнение, учитывающее плавную неоднородность фоновой среды с различными масштабами неоднородности в направлении распространения и двух направлениях в поперечной плоскости. Построено явное решение интегро-дифференциального уравнения для среднего поля, и для экспоненциальной и гауссовой моделей продольной функции корреляции диэлектрической проницаемости эти решения выражены в элементарных функциях. В случае обратного степенного спектра флуктуаций, адекватно описывающего ионосферную турбулентность, установлены численные закономерности поведения среднего поля в зависимости от продольного радиуса корреляции флуктуаций диэлектрической проницаемости.
2. Продолжено исследование распространения высокочастотных полей в трансионосферном радиоканале с негауссовыми флуктуациями диэлектрической проницаемости ионосферы. Рассмотрено распространение в среде с перемежаемыми негауссовыми флуктуациями, характеризуемыми мультифрактальной моделью. Задача о распространении плоской волны решена в приближении стохастического фазового экрана, на котором задаётся распределение флуктуаций фазы поля. Анализ зависимости флуктуаций поля на Земле от масштаба флуктуаций поля на экране показывает, что мелкомасштабные флуктуации с масштабами порядка и меньше зоны Френеля нормализуются и в этом диапазоне масштабов становятся гауссовыми случайными процессами. Флуктуации фазы с масштабами, большими зоны Френеля, сохраняют соответствующий мультифрактальный скейлинг.

Указанные исследования в 2021 г. поддерживались, в том числе, грантом РФФИ 19-02-00274\21: «Развитие методов описания и моделирования распространения высокочастотных полей в сильно возмущённом трансионосферном радиоканале» (Руководитель проекта – Н.Н. Зернов).

Публикации

1. M.A.Bisyarin, N.N. Zernov. Nonlocal Markov approximation for mean field propagating in a medium with dielectric permittivity fluctuations in case of finite values of longitudinal correlation radius 1. Homogeneous background medium // **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**. **2021**. Vol. 224, 105744. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2021.105744>
2. M.A.Bisyarin, N.N. Zernov. Nonlocal Markov approximation for mean field propagating in a medium with dielectric permittivity fluctuations in case of finite values of longitudinal correlation radius 2. Inhomogeneous background medium // **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**. **2021**. Vol. 224, 105745. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2021.105745>
3. E.V.Makarenkova, V.E.Gherm. Modeling intermittent fluctuations of transionospheric signals // **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**. **2021**. Vol.221, 105703. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2021.105703>
4. Н.Н.Зернов, М.А.Бисярин, В.Э.Герм. Актуальные проблемы стохастической теории распространения радиоволн высоких частот в возмущённой ионосфере // Труды XXVII Всероссийской открытой научной конференции по распространению радиоволн. Калининград, 28 июня – 3 июля 2021 г. С. 111-121 (пленарный доклад).