Алгоритм восстановления нелокальных характеристик турбулентности плазмы токамака по рефлектометрии [[1]](#footnote-1)\*)

1Куличенко А.А., 1,2Кукушкин А.Б.

1НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия  
2Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Интерпретация сигналов рефлектометрии плазмы в ЭЦ диапазоне частот ЭМ волн позволяет восстановить спектральный состав флуктуаций плотности плазмы (см. напр. [1]). Кроме интереса к общефизической задаче установления связи параметров турбулентности с процессами переноса тепла, проявляющими, как известно, свойства сильной нелокальности (недиффузионности), практический интерес представляет [2] влияние нелокальных свойств турбулентности на измерение пространственного профиля плотности плазмы, включая такие измерения в ИТЭР с помощью рефлектометрии со стороны сильного магнитного поля.

Для плазмы токамака развиты аналитические методы, позволяющие связать спектральное распределение сигналов рефлектометрии с корреляционной функцией флуктуаций плотности плазмы (см., напр., [3, 4]). При этом для интерпретации свойств турбулентности плазмы используют модельные корреляционные функции флуктуаций плотности плазмы. Необходимое для указанной интерпретации прямое численное моделирование трехмерной турбулентности замагниченной неоднородной плазмы в условиях интенсивного нагрева плазмы пока не обеспечило создания базы данных, способной быть практически используемой для решения обратных задач восстановления свойств турбулентности по сигналам рефлектометрии.

В настоящей работе представлены предварительные результаты разработки универсального алгоритма восстановления нелокальных характеристик турбулентности плазмы токамака по рефлектометрии. В основе алгоритма лежит использование формализма интегро-дифференциального уравнения для супердиффузионного (нелокального) переноса возбуждения среды и разработанных в [5-7] методов точного численного и приближенного аналитического автомодельного решения таких уравнений. В них ядро оператора, интегрального по пространственным переменным, задаваемое функцией распределения переносчиков возбуждения по длине свободного пробега, медленно спадает с ростом расстояния и принадлежит к классу распределений Леви. Применение подхода [6, 7] к описанию нелокальных свойств турбулентности в рамках подхода, основанного на полетах Леви и предложенного в [8], позволило предложить задачу [9] восстановления этих свойств с помощью уравнения типа Бибермана-Холстейна с учетом конечной скорости переносчиков и заданного стохастического распределения их скоростей. Предлагаемый алгоритм включает в себя численное решение уравнения для функции распределения переносчиков возбуждения в неоднородной плазме со структурой, аналогичной слаботурбулентной МГД [10].

Литература

1. V.A. Vershkov et al. 2017 Nucl. Fusion 57 102017
2. D.A. Shelukhin et al. 14-th IRW Workshop Lausanna, Switzerland, 20 22 May 2019.
3. E. Z. Gusakov, M. A. Irzak, A. Yu. Popov et al. Phys. Plasmas **24**, 022119 (2017).
4. Гусаков Е.З., Круткин О.Л., Физика плазмы, 2017, т. 43, № 6, с. 503–512.
5. Kukushkin A.B., Sdvizhenskii P.A. J. Phys. A: Math. Theor., 2016, **49**, 255002.
6. Kukushkin A. B., Kulichenko A.A. Phys. Scripta, 2019, **94**, paper 115009.
7. Куличенко А.А., Кукушкин А.Б. ЖЭТФ, 2020, том **157**, вып. 6, с. 1036–1050.
8. M.F. Shlesinger, B.J. West, J. Klafter 1987 Phys. Rev. Lett. **58**, 11.
9. A.A. Kulichenko, A.B. Kukushkin, Proc. 46th EPS Conference on Plasma Phys., Milan, Italy, 2019, ECA vol. 43C, P2.4013.
10. Кузнецов ЖЭТФ 2001, том 120, вып. 5(11), стр.1213-1226.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVIII/E/en/HJ-Kulichenko_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)