Учёт влияния конечного времени жизни флуктуаций на измерение скорости вращения возмущений в плазме токамака [[1]](#footnote-1)\*)

1,2,3Владимиров И.А., 1,3Вершков В.А., 1,3Субботин Г.Ф., 1,3Шелухин Д.А.

1НИЦ "Курчатовский институт", г. Москва, Россия  
2Московский физико-технический институт (НИУ), г. Долгопрудный, Россия  
3УТС-Центр, г. Москва, Россия

Измерение скорости вращения мелкомасштабных флуктуаций плазмы является одним из важных вопросов физики плазмы. Исследования в термоядерных установках показали существенную роль вращения плазмы в формировании внешнего транспортного барьера (H-моды), однако ряд вопросов в физике формирования барьера нуждается в дальнейшем исследовании. Одной из диагностик, позволяющих измерять полоидальную скорость флуктуаций в большей части плазменного шнура, является корреляционная рефлектометрия.

При традиционном подходе измерение скорости вращения флуктуаций с помощью рефлектометрии основано на измерении временной задержки при распространении возмущения плазмы и расстояния между областями измерения. Такой подход основан на гипотезе Тейлора о вмороженных потоках [1]. Однако было показано, что измерения скорости вращения, выполненные с помощью рефлектометра, зачастую не согласуются со скоростью диамагнитного вращения плазмы, полученного с помощью других диагностик [2]. Такое несоответствие может возникать из-за конечного времени жизни возмущений. Альтернативный метод оценки скорости распространения возмущений (так называемый метод эллиптического приближения) основан на эволюции пространственно-временной кросскорреляционной функции; впервые он был использован для измерений скорости на стеллараторе W-7X [3].

На основе работы [4] построена эмпирическая модель турбулентной плазмы с характерными параметрами турбулентностей, измеренными на токамаке Т-10, проведено моделирование сигнала ленгмюровского зонда и полноволновое моделирование распространения зондирующего сигнала рефлектометра для этой модели. Сравнение традиционного Тейлоровского и эллиптического метода для полученных данных показало, что подход эллиптического приближения дает лучшее согласие с модельными значениями скорости.

Разработанная методика была применена для обработки данных измерений скорости вращения турбулентности на периферии плазменного шнура (r/a ~ 0.95 – 1.1) в токамаке Т-10. Полученные данные показали, что эллиптический подход дает существенную поправку к скорости вращения, измеренной с помощью ленгмюровских зондов. В докладе также представлены данные сравнения измерений скорости с помощью корреляционной рефлектометрии в рамках традиционного и эллиптического подходов.

Литература

1. Taylor G. I. The spectrum of turbulence //Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences. – 1938. – Т. 164. – №. 919. – С. 476-490.
2. Vershkov V. A. et al. Summary of experimental core turbulence characteristics in ohmic and electron cyclotron resonance heated discharges in T-10 tokamak plasmas //Nuclear fusion. – 2005. – Т. 45. – №. 10. – С. S203.
3. Han X. et al. Application of the elliptic approximation model for the edge turbulence rotation measurement via the poloidal correlation reflectometer in Wendelstein 7-X //Nuclear Fusion. – 2021. – Т. 61. – №. 6. – С. 066029.
4. Urazbaev A. O. et al. Direct comparison of turbulence measurements by Langmuir probe technique and by reflectometry //Plasma physics reports. – 2006. – Т. 32. – №. 8. – С. 619-641.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Mu/en/CU-Vladimirov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)