Характеристики сигнала допплеровского рефлектометра на токамаке ФТ-2. полноволновой расчет по данным гиро-кинетического моделирования в сравнении с экспериментом

Круткин О.Л., Алтухов А.Б., Гурченко А.Д., Гусаков Е.З., 1Эрро С., Ирзак М.А., 2Нискала П., 1Задвицкий Г.В., Есипов Л.А., 2Кивиниеми Т., 3Лехте К., 2Лиринк С.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Россия  
1Institut Jean Lamour UMR 7198 CNRS, Université de Lorraine, 54000 Nancy, France  
2Aalto University, Espoo, Finland  
3Institute of Interfacial Process Eng. and Plasma Technology, 70569 Stuttgart, Germany

Диагностика Допплеровской рефлектометрии (ДР) активно используется для определения скорости вращения плазмы в токамаке и параметров дрейфовой турбулентности, ответственной за аномальный перенос. Несмотря на распространенность этих диагностик, полной ясности в трактовке экспериментальных результатов при достаточно высоком уровне турбулентности нет в связи с возникновением нелинейных эффектов, таких как многократное малоугловое рассеяние [1]. Одним из подходов к решению этой проблемы, является интерпретация экспериментальных измерений с помощью численного моделирования. Такой подход был использован для ДР на токамаке ФТ-2. С помощью гирокинетического кода ELMFIRE были рассчитаны флуктуации плотности плазмы, которые затем использовались для вычисления сигнала ДР в Борновском приближении [2]. При сравнении результатов моделирования с экспериментальными измерениями был выявлен ряд несоответствий, таких как завышенная корреляционная длина в расчете и заниженная мощность синтетического сигнала при большом угле наклона зондирующего пучка по отношению к магнитной поверхности. Эти несоответствия могут быть объяснены нелинейными эффектами, которые не учитываются при расчете синтетического сигнала в линейном приближении.

В настоящей работе был проведен расчет синтетического сигнала ДР с помощью полноволнового кода IPF-FD3D [3]. Расчет выполнялся для горизонтального зондирования волной на частоте 70 ГГц необыкновенной поляризации со стороны сильного магнитного поля в соответствии с экспериментальной конфигурацией [2]. Было показано улучшение соответствия корреляционной длины и мощности сигнала ДР экспериментальным измерениям по сравнению с расчетом в линейном приближении. В то же время ухудшилось, по сравнению с [2], соответствие экспериментальных и синтетических спектров ДР. Обнаруженные отличия могут быть объяснены возрастанием роли нелинейных эффектов в формировании ДР сигнала при занижении в расчете ELMFIRE уровня мелкомасштабных флуктуаций, обладающих нелинейным законом дисперсии. Обнаруженные эффекты исчезали при уменьшении уровня турбулентности, позволявшем перейти в линейный режим рассеяния и достичь совпадения с результатами расчета [2].

Работа была поддержана грантом РНФ17-12-01110.

Литература.

1. E.Z. Gusakov et al 2005 Plasma Phys. Control. Fusion 47 959
2. A. Altukhov et al 2017 submitted to Plasma Phys. Control Fusion
3. C. Lechte et al 2017 Plasma Phys. Control Fusion 59 075006