О связи флуктуаций в плазме стелларатора Л-2М с градиентными дрейфовыми неустойчивостями

Г.М. Батанов, В.Д. Борзосеков, И.Ю. Вафин, А.А. Летунов, Д.В. Малахов, А.И. Мещеряков, К.А. Сарксян, Н.Н. Скворцова, Н.К. Харчев, В.И. Хвесюк\*, А.Ю. Чирков\*

Институт Общей Физики им. А.М. Прохорова РАН, [batanov@fpl.gpi.ru](mailto:batanov@fpl.gpi.ru)  
\*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия

При изучении микротурбулентности высокотемпературной плазмы в тороидальных системах остро стоит вопрос о типе неустойчивостей, определяющих раскачку коротковолновой дрейфовой неустойчивости (см., например, обзор [1]). При этом важным является вопрос о взаимосвязи спектров флуктуаций и их энергии с характерными размерами градиентов плотности и температуры. Влияние изменения градиентов этих величин на спектры и энергию флуктуаций было продемонстрировано в исследованиях на токамаках (см., например, [2-4]). В высокотемпературной плазме стелларатора Л-2М методами рассеяния микроволнового излучения гиротрона, производящего электронно-циклотронный (ЭЦ) нагрев плазмы были изучены спектры флуктуаций плотности с волновыми векторами *k*⊥ ≈ 30 см-1 и их изменение при изменении мощности ЭЦ нагрева плазмы [5]. В настоящем докладе анализируется вопрос, насколько наблюдаемые экспериментально ширины спектров флуктуаций плотности соответствуют области неустойчивости градиентных дрейфовых мод.

Для условий указанных экспериментов был выполнен линейный анализ градиентных дрейфовых неустойчивостей на основе модели [6, 7], учитывающей неоднородность магнитного поля и объединяющей ионные и электронные моды (ITG, ETG), включая неустойчивости на запертых частицах. В условиях измерений *k*⊥ρ*Ti* ≈ 2–3, где *k*⊥ – поперечное по отношению к магнитному полю волновое число, ρ*Ti* – тепловой циклотронный радиус ионов. С точки зрения градиентных дрейфовых неустойчивостей, существенной особенностью стеллараторов являются режимы с провалом плотности в центре плазменного шнура. При этом в значительной части плазменного шнура градиенты плотности и температуры имеют встречные направления. Тип неустойчивости определяется следующими особенностями найденных решений. 1) Знак действительной частоты мод с *k*⊥ρ*Ti* ≈ 2–3 соответствует частоте диамагнитного дрейфа электронов. 2) Расчеты показали наличие относительно широкого диапазона продольных волновых чисел *k*|| неустойчивости при фиксированном *k*⊥ и относительно слабое влияние продольной неоднородности магнитного поля. Указанные обстоятельства позволяют отнести данные моды к ETG-неустойчивости. Ширина частотных спектров при фиксированных *k*⊥ составляет ~ 50 кГц, что с учетом доплеровского сдвига согласуется с результатами измерений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-08-00700) и гранта Президента Российской Федерации МК-5607.2013.2.

Литература

1. A.D. Gurchenko and E.Z. Gusakov // Pl. Phys. Control. Fusion, 2010, V. 52, 124035.
2. A.D. Gurchenko, E.Z. Gusakov, A.B. Altukhov et al. // Nucl. Fusion, 2007, V. 47, P. 245.
3. T.L. Rhodes, W.A. Peebles, J.C. DeBoo et al. // Pl. Phys. Control. Fusion, 2007, V. 49, B183.
4. J.C. Hillesheim, J.C. DeBoo, W.A. Peebles et al. // Phys. Plasmas, 2013, V. 20, 056115.
5. Г.М. Батанов, В.Д. Борзосеков, Л.М. Коврижных и др. // Физика плазмы, 2013, Т. 39, С. 511.
6. A.Yu. Chirkov, V.I. Khvesyuk // Phys. Plasmas, 2010, V. 17, 012105.
7. А.Ю. Чирков, В.И. Хвесюк // Физика плазмы, 2011, Т. 37, С. 473.