О механизме возбуждения турбулентных флуктуаций неустойчивой дрейфовой волной в сдвиговом течении плазмы в магнитном поле

Д.Н. Карбушев, В.И. Хвесюк, А.Ю. Чирков

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, khves@power.bmstu.ru

Рассматривается механизм формирования турбулентных возмущений в неоднородной плазме в процессе развития дрейфовой неустойчивости в магнитном поле. Рассматривается дрейфовая волна конечной амплитуды. Так как экспериментальные данные о дрейфовой турбулентности показывают хорошее соответствие линейной теории дрейфовых неустойчивостей, то инкремент неустойчивости рассматривается в линейном приближении. Сформулировано условие распада начального возмущения, которое одновременно является условием перехода к нелинейной стадии. В нелинейном режиме нарушаются условия существования волны. Для этого существует две причины. Первая – ограничение роста амплитуды, вторая – искажение начального профиля волны под действием сдвигового течения. В обоих случаях на профиле волны возникает область большого градиента плотности. Количественно условие распада формулируется как равенство максимального градиента возмущения платности невозмущенному градиенту. Для эволюции начального профиля возмущения плотности сформулировано уравнение типа уравнения Бюргерса. Деформация профиля под действием сдвигового течения учитывается пространственной зависимостью скорости течения. Для описания распада возмущения в пределе исчезающего сдвига в уравнение введен модельный диффузионный оператор. Анализ физического смысла эффективного коэффициента диффузии показал его соответствие оценке на основе длины смешения, предложенной Дюпри. Пространственным масштабом в этом случае является обратное волновое число. Масштабом времени является обратный инкремент неустойчивости. С ростом интенсивности сдвигового течения эффективный коэффициент диффузии падает. Численные расчеты показали, что это падение хорошо описывается фактором Ито. Результирующая зависимость качественно соответствует особенностям турбулентного переноса плазмы в магнитном поле (L- и H-режимы). Количественные оценки [1–4] также находятся в разумном согласии с известными экспериментальными данными.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, задание № 13.2573.2014/K.

Литература

1. Khvesyuk V.I. // J. Fusion Energy. 2012. V. 31. P. 273–278.
2. Chirkov A.Yu., Khvesyuk V.I. // Phys. Plasmas. 2010. V. 17, No. 1. 012105.
3. Чирков А.Ю., Хвесюк В.И. // Физика плазмы. 2011. Т. 37, № 5. С. 473–483.
4. Chirkov A.Yu. // J. Fusion Energy. 2014. V. 33, No. 2. P. 139–144.