

ЭФФЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИНАМИКИ И РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ПЛАЗМЕ ОСНОВНОЙ ОБЛАСТИ ТОКАМАКА ^{*)}

Пастухов В.П., Смирнов Д.В., Чудин Н.В.

НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, pastukhov_vp@nrcki.ru

Обсуждается относительно простая, но достаточно эффективная динамическая модель плазменной турбулентности и результирующих процессов переноса в плазме центральной области токамака. Модель основана на специальной системе нелинейных слабо диссипативных адиабатически редуцированных уравнений МГД-типа, которые самосогласованно описывают как турбулентные флуктуации плазмы, так и результирующий недиффузионный перенос тепловой энергии, тороидального момента и плотности плазмы. На основе этой модели было разработано семейство компьютерных кодов CONTRA [1, 2], которые позволяют самосогласованно моделировать довольно сложные сценарии эволюции плазмы с различными переходными режимами на достаточно длительных временах, сравнимых или превышающих энергетическое время удержания плазмы. Одной из наиболее важных особенностей модели, выявленной в ходе расчётов, является тенденция поддержания плазмы вблизи турбулентно-релаксированных состояний с профилями давления, близкими к “каноническим” профилям давления, наблюдаемым во многих экспериментах на токамаках [1, 3]. Кроме того, моделирование выявило решающее влияние области SOL на время удержания энергии плазмы в центральной области токамака. В предположении, что классическая продольная электронная теплопроводность является доминирующим механизмом потерь тепла из SOL, моделирование переходных режимов с различной мощностью ЭЦР-нагрева показало такую зависимость времени удержания энергии плазмы от вводимой мощности нагрева, которая хорошо согласуется как с экспериментами на T-10, так и со скейлингом стационарной H-моды в ITER [4]. На основе приведенных выше результатов было сделано концептуальное предложение по достижению стационарного пикирования тепловой энергии в разрядах с повышенным коэффициентом запаса устойчивости q_b на границе плазмы [5]. Также представлены результаты моделирования на макроскопических временах для ряда других сложных сценариев с быстрым включением и выключением ЭЦР-нагрева, а также сценариев с пилообразными колебаниями [1]. Полученные результаты демонстрируют быструю нелокальную реакцию результирующих транспортных процессов на быстрые изменения вводимой внешней мощности и находятся в разумном согласии с экспериментами на различных токамаках.

Литература

- [1]. Pastukhov V.P., Chudin N.V., Smirnov D.V. // Plasma Phys. Control. Fusion. 2011. V. 53. P. 054015.
- [2]. Днестровский А.Ю., Пастухов В.П., Чудин Н.В. // Физика плазмы. 2017. Т. 43. С. 325.
- [3]. Пастухов В.П., Смирнов Д.В. // Физика плазмы. 2016. Т. 42. С. 307.
- [4]. Пастухов В.П., Кирнева Н.А., Смирнов Д.В. // Физика плазмы. 2019. Т. 45. С. 1072.
- [5]. Пастухов В.П., Смирнов Д.В., Чудин Н.В. // Физика плазмы. 2023. Т. 49. С. 609.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)