О ПРОБЛЕМЕ РЕАЛИЗАЦИИ ИТЭР.
АНОМАЛЬНО БЫСТРЫЙ ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОНОВ: ОБЪЯСНЕНИЕ ЕГО ПРИЧИНЫ И МЕТОДА ЕГО ПОДАВЛЕНИЯ

И.А. Бориев

Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института энергетических проблем химической физики им. В.Л. Тальрозе Российской академии наук (ФИНЭПХФ РАН) Московская область, Черноголовка, boriev@binep.ac.ru

Представлен теоретический анализ проблемы, важной для реализации проекта ИТЭР, предназначенного для демонстрации возможности осуществления управляемого термоядерного синтеза (УТС) на основе токамака. Проблема в том, что перенос электронных потоков в горячей плазме токамака оказался намного (более чем на порядок) быстрее ожидаемого согласно проведенным расчетам (т.н. аномальный перенос электронов). Такой перенос горячих электронов приводит к быстрому разрушению стенки камеры горячими электронами и выбросу ее вещества в объем плазмы, что нарушает определенные условия удержания плазмы для осуществления УТС (ее температура, критерий Лоусона). Для обеспечения прогресса в реализации УТС важно знать причину аномально быстрого переноса электронов, что позволит установить возможные методы его подавления.

На основе закона сохранения для импульса переноса (дрейфа) упруго (и изотропно) рассеиваемых электронов получено статистически корректное выражение для их скорости дрейфа (подвижности) и показано, что наблюдаемый «неожиданно» быстрый перенос электронов в токамаках (и при известной диффузии Бома) таким и должен быть [1]. Суть в том, что время релаксации импульса переноса электронов, которому пропорциональна скорость их дрейфа, значительно (от 16 до 4 раз) превышает время их свободного пробега [2]. Поэтому расчеты при общепринятой замене времени релаксации, которое априори неизвестно, на время свободного пробега, которое можно стандартно рассчитать, приводят к недооценке скорости дрейфа (и подвижности) электронов от 16 до 4 раз, что не было учтено при проектировании токамака. Как показано, различие указанных времен уменьшается в этом интервале при силовом разогреве электронов внешним электрическим полем [2]. Это ослабляет «аномальность» переноса (как это и наблюдается в токамаках) и объясняет отличие ситуации в токамаках от результата Д. Бома, который в случае тепловых электронов получил для объяснения «аномальности» поправку в именно в 16 раз (т.н. коэфф. Бома).

Полученный теоретический результат объясняет как причину «аномально» переноса электронов (недооценкой до 16-ти раз их расчетной подвижности), так и способ подавления «аномальности» до 4-х раз (за счет дополнительного силового разогрева электронов), что, в принципе, важно для перспективы реализации УТС в рамках проекта ИТЭР.

Литература

1. Бориев И.А*.* Некоторые фундаментальные свойства переноса и разогрева электронов в веществе под действием электрического поля: результаты статистически строгой теории и их подтверждение известными экспериментальными данными, Известия Академии Наук, сер. Энергетика, 2007, №5, С.106-114.
2. Бориев И.А. Количественная связь времени релаксации импульса переноса электронов в веществе под действием силы электрического поля со временем их свободного пробега, Известия Академии Наук, сер. Энергетика, 2012, №3, С.105-112.
3. Бориев И.А. О причине наблюдаемого аномально быстрого переноса электронов в токамаках (и при диффузии Бома) и о способе его подавления , XLI Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, 10-14 февраля 2014 г., Тезисы докладов, С.70. ([https://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLI/Lt/ru/AF-Boriev.doc](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLI/Lt/ru/AF-Boriev.doc)).