

В.О. Муратов (4 курс, каф. ФП), В.Г. Капралов, к.ф.-м.н., доц.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СДУВАНИЯ ВОДОРОДНЫХ МАКРОЧАСТИЦ, ТАНГЕНЦИАЛЬНО ИНЖЕКТИРУЕМЫХ В ТОКАМАК ТУМАН-3М

Инжекция водородных макрочастиц применяется для ввода топлива в плазму и формирования транспортных барьеров. В докладе обсуждается один из вариантов формирования транспортных барьеров, основанный на тангенциальной инжекции.

В данный момент на токамаке ТУМАН-3М ведется подготовка к такому эксперименту. На токамаке установлен инжектор ИТВ-4, разработанный в СПбГТУ. В настоящее время ведется разработка новой системы направляющих трубок, которая позволит менять точку влета макрочастицы в плазму; она даст возможность исследовать инжекцию со стороны сильного и слабого магнитного поля. Переключение направляющей трубки может производиться во время разряда, что позволит инжектировать две макрочастицы в один разряд с разных направлений.

В данной геометрии эксперимента макрочастица летит в экваториальной плоскости токамака по касательной к одной из магнитных поверхностей [1]. В настоящей работе исследуется влияние эффекта сдувания на испарение макрочастицы в соответствии с теоретической моделью, изложенной в работе [2]. Рассматриваются два случая: инжекция макрочастиц по и против тока в плазме. Первый случай соответствует смещению макрочастицы к внутреннему обходу токамака и близок к нормальной инжекции. Для нас больший интерес представляет второй случай — инжекция против тока. При этом макрочастица сдувается в сторону слабого магнитного поля, не долетая до оси плазменного шнура, с образованием вогнутого профиля возмущенной концентрации. Здесь можно выделить два варианта: инжекция легких макрочастиц с большой скоростью (макрочастица пролетает за точку касания с магнитной поверхностью), и медленная инжекция тяжелых макрочастиц (небольшая глубина проникновения и сильное возмущение концентрации). В этих двух случаях создается резкий градиент концентрации во внешней области разряда и, следовательно, значительное радиальное электрическое поле. Это приводит к подавлению коэффициентов переноса широм полоидального вращения и образованию транспортного барьера, который препятствует дрейфу в сторону внешней границы плазмы. Подбирая массу и скорость макрочастицы можно менять точку разворота радиальной скорости макрочастицы и глубину ее проникновения. Это даст возможность выбирать точку образования транспортного барьера.

В докладе приводятся результаты моделирования тангенциальной инжекции. Для описания процесса испарения макрочастицы используется скейлинг Паркса [3, 4] (зависимость скорости испарения макрочастицы от параметров плазмы). Оценивается возмущение концентрации, вызванное инжекцией макрочастицы в плазму, а также глубина проникновения макрочастицы. Учитывается также снижение скорости испарения макрочастицы за счет выхолаживания плазмы [5] (эффект Холберга).

Результаты моделирования показали, что макрочастицы предпочтительнее инжектировать против направления тока в токамаке. С уменьшением скорости макрочастицы следует увеличивать ее исходную массу.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №99-02-17064а, №01-02-06486)

ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.И. Аскинази, В.Г. Капралов, Б.В. Кутеев и др., “Моделирование тангенциальной инжекции макрочастиц в токамак ТУМАН-3М” //Тезисы докладов XXVIII Звенигородской конф. по физ. плазмы и УТС, Звенигород, 19-23.02.01, с. 78
2. В.В. Kuteev, “Hydrogen pellet ablation and acceleration by current in high temperature plasmas”, Nuclear fusion, Vol. 35, No 4 (1995)

3. Parks, P.B., et al., Nuclear Fusion Vol. 17 (1977)
4. Parks, P.B., Turnbull, R.J., Phys. Fluids Vol. 21 (1978)
5. W.A. Houlberg, S.L. Milora, S.E. Attenberger //Neutral and plasma shielding model for pellet ablation// Nuclear Fusion, Vol. 26, No4 (1998)