

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА ПЛАЗМЫ»

УДК 533.916

В.О.Муратов (6 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 работе обсуждается один из вариантов формирования транспортных барьеров, основанный на тангенциальной инжекции.

В настоящий момент на токамаке ТУМАН-3М установлен инжектор ИТВ-4 разработанный в СПбГПУ. В ближайшее время планируется установка новой системы переключения направляющих трубок, которая позволит инжектировать макрочастицы со стороны сильного и слабого полей, в том числе в течение одного разряда. ИТВ-4 подключается к токамаку совместно с инжектором нейтральных атомов через один фланец, что даст возможность исследовать испарение макрочастицы пучком нейтральных атомов. На рис. 1 изображена схема установки ТУМАН-3М, на рис. 2 отдельно показан узел подключения инжектора к токамаку совместно с инжектором нейтральных атомов.

Тангенциальное направление инжекции выбрано для изучения способов перевода разряда в режим улучшенного удержания (H-mode); в указанной геометрии эксперимента макрочастица летит под углом к экваториальной плоскости токамака по касательной к одной из магнитных поверхностей [1,2]. Также рассмотрено влияние эффекта обеднения электронами тороидальных трубок в процессе испарения макрочастицы и снижение коэффициентов переноса за счет увеличения шириа полоидального вращения плазмы в области транспортного барьера. В настоящий момент исследуется влияние дрейфа в скрещенных полях на движение облака частично ионизованной плазмы около макрочастицы и влияние тангенциальной инжекции на профиль тороидальной скорости вращения плазмы.

Особый интерес представляет сдувание макрочастицы за счет асимметрии функции

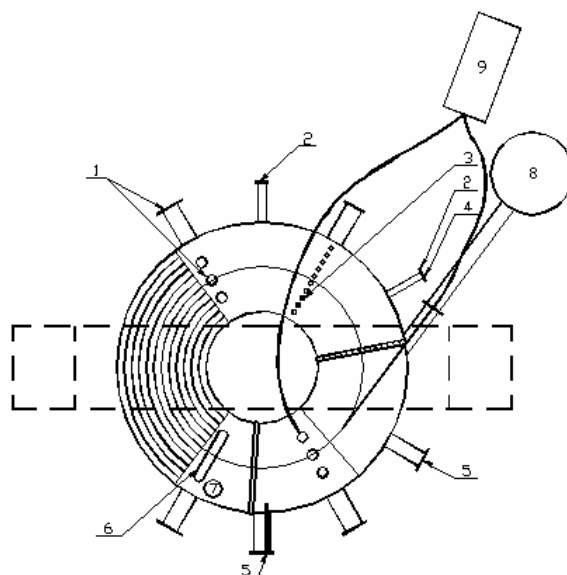


Рис. 1. Схема установки ТУМАН-3М.
1 - томсоновское рассеяние, 2 - импульсный напуск газа, 3 - СВЧ-интерферометр, 4 - детектор Na/Dα, 5 - антенна ИЦН, 6 - детектор мягкого рентгена, 7 - диафрагма, 8 - инжектор нейтральных атомов, 9 - инжектор водородных макрочастиц

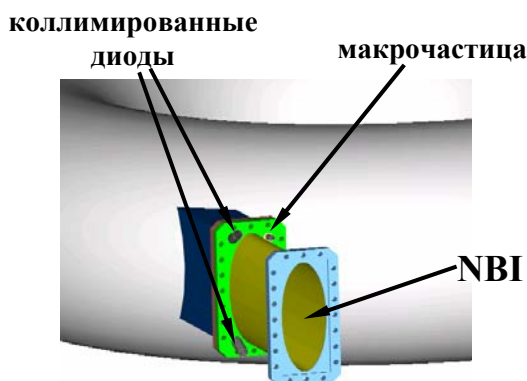


Рис. 2. Схема подключения инжектора

распределения электронов, что приводит к существенному искажению траектории макрочастицы. При этом образование транспортного барьера возможно только при инъекции против направления тока в токамаке [2]. Подбирая массу и скорость макрочастицы можно выбирать точку образования транспортного барьера.

В работе приводятся результаты моделирования тангенциальной инъекции. Для описания процесса испарения макрочастицы используется скейлинг Паркса [4,5] (зависимость скорости испарения макрочастицы от параметров плазмы). Оценивается возмущение концентрации, вызванное инъекцией макрочастицы в плазму, а также глубина проникновения макрочастицы. Учитывается снижение скорости испарения макрочастицы за счет обеднения плазмы горячими электронами [6]. Отдельной задачей является подбор оптимальной массы макрочастицы и скорости инъекции.

Результаты моделирования показали, что сдувание оказывает сильное влияние на траекторию макрочастицы и возможность образования транспортного барьера. Также сказывается дрейф в скрещенных полях облака частично ионизированной плазмы около макрочастицы. Большое значение имеет правильный выбор параметров инъекции: макрочастицы предпочтительнее инжектировать против направления тока в токамаке. С уменьшением скорости макрочастицы следует увеличивать ее исходную массу.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 02-02-17555а) и госконтракта № 40.006.11.1133.

ЛИТЕРАТУРА:

1. B.V.Kuteev et al. "Development of pellet technologies for tokamaks and stellarators". Abstracts 30th EPS plasma physics and controlled fusion, St. Petersburg, 07-11.07.2003.
2. Л.И. Аскинази, В.Г. Капралов, Б.В. Кутеев, В.О. Муратов, А.С. Смирнов, А.С. Шаталин. "Моделирование сдувания водородных макрочастиц, тангенциально инжектируемых в токамак ТУМАН-3М", тезисы докладов XXIX Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, Москва 2002 г.
3. B.V.Kuteev, "Hydrogen pellet ablation and acceleration by current in high temperature plasmas", Nuclear fusion, Vol. 35, No 4 (1995).
4. P.B. Parks et al., Nuclear Fusion Vol. 17 (1977).
5. P.B. Parks, R.J Turnbull, Phys. Fluids Vol. 21 (1978).
6. W.A. Houlberg, S.L. Milora, S.E. Attenberger //Neutral and plasma shielding model for pellet ablation// Nuclear Fusion, Vol. 26, No4 (1986).