Первые эксперименты по уменьшению тепловой нагрузки на диверторные пластины токамака Глобус-М2 с помощью инжекции азота и сопоставление с предсказаниями на основе моделирования [[1]](#footnote-1)\*)

1Хромов Н.А., 1Бахарев Н.Н., 2Векшина Е.О., 1Гусев В.К., 2Долгова К.В., 1Жильцов Н.С., 1Киселев Е.О., 1Курскиев Г.С., 1Минаев В.Б., 2Молчанов П.А., 1Петров Ю.В., 2Рожанский В.А., 1Сахаров Н.В., 1Тельнова А.Ю., 2Тимохин В.М., 1Токарев В.А., 1Тюхменева Е.А., 1Щеголев П.Б.

1ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия, [Nikolay.Khromov@mail.ioffe.ru](mailto:Nikolay.Khromov@mail.ioffe.ru)  
2СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия, [vekshina\_eo@spbstu.ru](mailto:vekshina_eo@spbstu.ru)

Значения плотности потока тепла на диверторные пластины в современных и проектируемых токамаках могут превышать 10 МВт/м2. Такие тепловые нагрузки на обращенные к плазме компоненты делают невозможной стационарную работу установки. Наиболее перспективным путем решения данной проблемы считается режим с отрывом дивертора (divertor detachment) [1]. В таком режиме большая часть энергии, которую выносят заряженные частицы из зоны удержания, переходит в излучение, что предотвращает чрезмерной нагрев диверторных пластин. В этих условиях наблюдаются значительные градиенты давления вдоль силовых линий магнитного поля в пристеночной плазме, и температура электронов около диверторных пластин снижается вплоть до величины порядка эВ. Отрыв дивертора обычно достигается либо увеличением плотности плазмы, либо напуском сильно излучающей примеси. Для токамаков с открытым дивертором, к которым относится Глобус-М2 [2], более надежным представляется второй способ [3].

Предварительное моделирование [4] показало возможность снижения тепловой нагрузки на диверторные пластины токамака Глобус-М2 при напуске азота. Порядка 65% мощности разряда излучилось в расчётной области кода, величина плотности потока энергии на нижнюю наружную диверторную пластину упала в несколько раз, при этом величина эффективного заряда внутри сепаратрисы не превышала 4.

Эксперименты проводились в дейтериевых разрядах с активной нижней Х точкой при тороидальном магнитном поле 0.7 Т, ток плазмы был в диапазоне 200 - 250 кА. Дополнительный нагрев осуществлялся пучком нейтрального дейтерия с энергией 28 кэВ. Параметры диверторной плазмы определялись с помощью массива встроенных ленгмюровских зондов [5]. Интенсивность напуска азота подбиралась таким образом, что его влияние на параметры плазмы в центральной области было несущественным. При этом электронная температура и плотность теплового потока вблизи пересечения внешней ветви сепаратрисы с диверторной пластиной (т.е. вблизи strike-point) уменьшались в несколько раз.

Эксперименты проведены на УНУ «Сферический токамак Глобус-М», входящей в состав ФЦКП «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях». Работа сотрудников СПбПУ была поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания в сфере науки по проекту №0784-2020-0020.

Литература

1. Loarte A. et al, Nucl. Fusion, 2007, **47,** S203–S263
2. Minaev V.B. et al, 2017, Nucl. Fusion, **57,** 066047
3. Leonard A.W. , 2018, Plasma Phys. Control. Fusion, **60**, 044001
4. Sorokina D.S. et al, 2018, Physics of Plasmas, **25,** 122514
5. Khromov N.A. et al, 2021, Technical Physics, **66,** 409

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/Mu/en/AZ-Khromov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)