

АНАЛИЗ НАГРЕВА ПЛАЗМЫ ТОКАМАКА ГЛОБУС-М2 В РЕЖИМЕ С НЕЙТРАЛЬНОЙ ИНЖЕКЦИЕЙ ^{*)}

¹Ткаченко Е.Е., ¹Курские Г.С., ¹Сахаров Н.В., ²Кавин А.А., ¹Жильцов Н.С.,
¹Мирошников И.В., ¹Петров Ю.В., ¹Минаев В.Б., ¹Гусев В.К., ¹Бахарев Н.Н.,
¹Киселев Е.О., ¹Новохацкий А.Н., ²Минеев А.Б., ¹Солоха В.В., ¹Скрекель О.М.,
¹Тельнова А.Ю., ¹Тюхменева Е.А., ¹Хромов Н.А., ¹Шулятьев К.Д., ¹Щёголев П.Б.

¹ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия, erina.tkachenko@yandex.ru

²АО "НИИЭФА", Санкт-Петербург, Россия

Доклад посвящён исследованию нагрева плазмы высокоэнергичными атомарными пучками на установке Глобус-М2 [1, 2], представляющей из себя компактный сферический токамак с большим радиусом $R=0.36$ м, малым радиусом $a=0.24$ м и характерной вытянутостью плазменного шнура $k \sim 1.8$. В рассматриваемых экспериментах в плазму установки с тороидальным магнитным полем до 0.9 Тл и током до 0.4 МА инжестировали два пучка атомов [3], первый с энергией частиц $E_{NBI1} = 28$ кэВ и второй с энергией $E_{NBI2} = 45$ кэВ, суммарная вводимая мощность составила $P_{NBI} \leq 1.25$ МВт.

Пространственное распределение температуры и концентрации электронов было измерено диагностикой томсоновского рассеяния лазерного излучения. Пространственное распределение температуры ионов измерялись с помощью диагностики спектроскопии перезарядки. Анализатор нейтральных частиц предоставлял информацию об изотопном составе плазмы. Эффективный заряд измерялся посредством диагностики тормозного излучения. Мощность дополнительного нагрева, усвоенная частицами плазмы, была определена при помощи кода NUBEAM [4]. Для определения транспортных коэффициентов по данным эксперимента использовался код ASTRA [5].

При дейтериевой инжестии в дейтериевую плазму и умеренной концентрации $\langle n_e \rangle \sim 5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ удалось достичь наибольших температур электронов $T_e = 1.7$ кэВ и ионов $T_i = 4.0$ кэВ (режим с горячими ионами [6]). При дальнейшем повышении средней концентрации плазмы, температуры ионов и электронов постепенно сравниваются до значений 1.0-1.5 кэВ. Для объяснения такого поведения был проведён анализ энергобаланса плазмы при различной поглощённой мощности нагрева, плотности плазмы и изотопного состава инжеструемых пучков. Приведено сравнение времени удержания энергии τ_E , коэффициентов электронной χ_e и ионной χ_i температуропроводности.

Работа выполнена с использованием оборудования УНУ "Сферический токамак Глобус-М", входящей в состав ФЦКП "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях". Эксперименты по нагреву плазмы выполнены при поддержке проекта FFUG-2021-0001. Измерения параметров плазменных разрядов выполнены при поддержке проекта проекта FFUG-2024-0028. Моделирование энергобаланса плазмы кодами ASTRA и NUBEAM, а также анализ термоизоляции плазмы выполнены при финансовой поддержке РФФ, проект №24-12-00162.

Литература

- [1]. V.V. Minaev, V.K. Gusev, N.V. Sakharov et al //Nuclear Fusion. – 2017. – Т. 57. – №. 6. – С. 066047
- [2]. Петров Ю.В. и др. // Физ. плазмы, т.49, 12, 2023, с. 1249 – 1270
- [3]. Щёголев, П. Б. и др. Комплекс нейтральной инжестии сферического токамака Глобус-М2 –// Физика Плазмы. – 2023. – Т. 49, вып. 12. – С. 1293–1307.
- [4]. Pankin A., McCune D., Andre R., Bateman G., Kritz A. // Computer Phys. Communications. 2004. V. 159. P. 157.
- [5]. ASTRA Automated System for TRansport Analysis in a Tokamak, Pereverzev, G et al, Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Garching (Germany) 2002
- [6]. Курские Г.С., Сахаров Н.В., Гусев В.К., Минаев В.Б., Мирошников И.В и др. // Физика Плазмы. 2023. Т.49 С. 305

^{*)} DOI – тезисы на английском