Электронный циклотронный резонансный нагрев плазмы в газодинамической ловушке

Соломахин А.Л.1, Багрянский П.А.1, Господчиков Е.Д.1,2, ЛубякоЛ.В.1,2, Савкин В.Я.1, Смолякова О.Б.1,2, Шалашов А.Г.1,2, Яковлев Д.В.1

1ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, РФ, A.L.Solomakhin@inp.nsk.su
2ИПФ РАН, Нижний Новгород, РФ, ags@appl.sci-nnov.ru

На установке газодинамическая ловушка (ГДЛ) в ИЯФ СО РАН, которая является прототипом мощного источника термоядерных нейтронов [1], продолжается успешный эксперимент по дополнительному нагреву плазмы на электронном циклотронном резонансе (ЭЦР). Нагрев происходит в результате поглощения мощного СВЧ излучения электронами плазмы, находящимися в резонансе с волной. Источником излучения служат два гиротрона “Буран -А” f = 54.5 ГГц, P = 450 кВт каждый. С помощью системы сверхразмерных гофрированных волноводов и квазиоптической трёхзеркальной системы излучение инжектируется в виде необыкновенной волны в плазму под углом 360 к оси ловушки. Волна, двигаясь в неоднородной плазме и неоднородном магнитном поле, захватывается в плазменный волновод, доставляется до электронного циклотронного резонанса и полностью поглощается [2].

Начальная плазма в ГДЛ создаётся с помощью СВЧ пробоя газа, которым предварительно заполняется вакуумная камера [3,4]. Для этого используется один из гиротронов системы ЭЦР нагрева, который включается за несколько миллисекунд до включения нейтральных пучков (основной нагрев плазмы). Ограничения в длительности работы источников питания гиротронов не позволяли использовать этот гиротрон для нагрева плазмы. В результате модернизации длительность работы источников питания была увеличена с 3 мс до 6.5 мс. Это позволило повысить мощность ЭЦР нагрева плазмы в ГДЛ в два раза до 800 кВт. Дополнительно увеличение длительности работы системы нагрева позволяет увеличить длительность существования горячей плазмы в ГДЛ. Это позволит приблизиться к стационару и исследовать удержание плазмы в ГДЛ в условиях приближенных к нейтронному источнику.

Также на ГДЛ в рамках оценки эффективности предполагаемого ЭЦР нагрева плазмы на второй гармонике необыкновенной волны была измерена радиационная температура плазмы на частоте 75 ГГц в геометрии наиболее удобной для инжекции мощного СВЧ излучения [5]. Сравнение полученной радиационной температуры с распределением электронной температуры плазмы, измеренной с помощью системы Томсоновского рассеяния, позволило оценить оптическую толщину плазмы и соответственно коэффициент поглощения для излучения 75 ГГц, пересекающего поверхность ЭЦ резонанса на второй гармоники под углом близким нормальному к оси ГДЛ.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №14-12-01007.

Литература.

1. A.A.Ivanov and V.V.Prikhodko, Plasma Phys. Control. Fusion, 2013, 55, 063001.
2. A.G.Shalashov et. al., Physics of Plasmas, 2012, 19, 052503.
3. D.V.Yakovlev et. al., Nuclear Fusion, 2017, 57 (1), 016033.
4. A.G.Shalashov et. al., AIP Conf. Proc., 2016, 1771, 030008.
5. E.D.Gospodchikov et. al., EPJ Web of Conferences, 2017, 149, 03023.