

ПОЛНОВОЛНОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО-ЦИКЛОТРОННОГО НАГРЕВА ПЛАЗМЫ НА ВТОРОЙ ГАРМОНИКЕ В УСТАНОВКЕ ГДМЛ ^{*)}

²Чувакин П.А., ²Господчиков Е.Д., ¹Соломахин А.Л., ²Шалашов А.Г.

¹ИЯФ СО РАН, Новосибирск, РФ

²ИПФ РАН, Нижний Новгород, РФ, p.chuvakin@ipfran.ru

Газодинамическая многопробочная ловушка (ГДМЛ) – это открытая ловушка нового поколения для удержания субтермоядерной плазмы, концепция которой развивается в ИЯФ СО РАН (Новосибирск). Целью проекта является обоснование возможности создания термоядерной системы на основе открытой магнитной ловушки: источника нейтронов и, в перспективе, термоядерного реактора. Проект ГДМЛ должен позволить изучить новые методы удержания плазмы и продемонстрировать существенное увеличение эффективности открытой ловушки [1].

Основным методом нагрева плазмы в таких системах является наклонная инжекция мощных пучков нейтральных частиц, которые захватываются в ловушке в виде ионов с большой энергией. В результате в плазме формируются две ионные компоненты: тёплые ионы мишенной плазмы и анизотропная популяция быстрых ионов. Именно быстрые ионы обеспечивают протекание термоядерных реакций в плазме. В подобных системах с двухкомпонентной плазмой время торможения анизотропной популяции быстрых ионов определяется их столкновениями с электронами. Поэтому для увеличения времени жизни быстрых ионов и, тем самым, для увеличения эффективности ГДМЛ как термоядерной системы, ключевой задачей является увеличение электронной температуры. Наиболее прямым методом повышения электронной температуры является электронный циклотронный резонансный (ЭЦР) нагрев электронов излучением мощных гиротронов. Возможность достижения в стационарного уровня температуры электронов в 1кэВ в открытой магнитной ловушке за счёт дополнительного ЭЦР нагрева плазмы на первой гармонике была продемонстрирована на установке предыдущего поколения ГДЛ [2].

Геометрооптическое моделирование показало, что в установке ГДМЛ возможен эффективный ЭЦР нагрев на второй гармонике, что позволит перейти к большим плотностям плазмы по сравнению с установкой ГДЛ и использовать ЭЦР нагрев в планируемом режиме работы установки ГДМЛ [1]. Однако, резонансный характер взаимодействия греющего СВЧ-излучения с субтермоядерной плазмой может приводить к нарушению ВКБ-приближения и, как следствие, к появлению существенного взаимодействия нормальных волн. Наиболее практически значимым результатом такого взаимодействия может быть отражение греющей электромагнитной волны от резонансной области, что может существенно изменить оценку эффективности нагрева [3-4]. В данной работе было проведено полноволновое моделирование ЭЦР взаимодействия греющей волны на второй гармонике с цилиндрически-неоднородной плазмой с параметрами, ожидаемыми в установке ГДМЛ. Были получены зависимости коэффициентов поглощения для различных магнитных конфигураций от температуры и концентрации плазмы.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 19-72-20139).

Литература

- [1]. Сковородин Д.И. и др. // Физика плазмы, 2023, Т. 49, № 9, С. 831-884.
- [2]. Vagryansky P. A. et al // Phys. Rev. Lett. 2015 V.114, P. 205001
- [3]. Звонков А.В. // Физика плазмы, 1983, Т. 9, С.547.
- [4]. Господчиков Е.Д. и др. // Физика плазмы, 2023, Т. 49, № 10, С. 953-963.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)