квазиоптическое моделирование ЭЦР нагрева плазмы в газодинамической ловушке ГДЛ

Хусаинов Т.А.1,2, Балакин А.А.1,2, Господчиков Е.Д.1,2, Соломахин А. Л.2, Шалашов А.Г.1,2

1Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия, HTA@appl.sci-nnov.ru
2Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Поглощение электромагнитных волн в условиях электронного циклотронного (ЭЦ) резонанса широко используется для нагрева высокотемпературной плазмы в крупномасштабных тороидальных магнитных ловушках. Однако применение этого метода в открытых магнитных ловушках до недавнего времени было ограничено либо относительно компактными лабораторными установками, либо задачами МГД-стабилизации плазмы достаточно низкой плотности. Эффективный ЭЦ нагрев плотной плазмы в большой открытой ловушке был продемонстрирован лишь в конце 2013 года на установке ГДЛ (газодинамическая ловушка) в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера [1, 2].
В настоящее время применение дополнительного ЭЦ нагрева плазмы позволило поднять температуру электронов до рекордного для этого класса установок значения ~650 эВ [3]. Практическая реализация такого нагрева на установке очень нетривиальна, поскольку для эффективного поглощения коротковолновое излучение гиротрона должно распространяться вдоль магнитного поля, однако «запустить» излучение с торца ловушки физически невозможно. Чтобы обойти эту трудность была предложена принципиально новая схема нагрева, в которой волновой пучок вводится через боковую поверхность плазменного столба, а затем захватывается за счет тонких эффектов рефракции в неоднородной плазме [4].
Для моделирования такого сценария в работе [4] применялось геометрооптическое приближение, в котором волновой пучок представлялся набором лучей, распространяющихся в плавнонеоднородной плазме. В данной работе рассматривается более точная квазиоптическая модель, основанная на асимптотическом разложении уравнений Максвелла в окрестности опорного луча. В результате такого разложения задача сводится к эволюционному уравнению параболического типа, описывающему распределение электрического поля в квазиоптическом пучке с учетом всех существенных эффектов – сложной рефракции в окрестности точки внутреннего отражения, дифракции и резонансного поглощения. Модель позволяет предсказывать пространственное распределение поглощаемой СВЧ мощности с необходимой для планирования и интерпретации эксперимента на ГДЛ точностью.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (грант № 14-12-01007) и Совета по грантам при Президенте Российской Федерации для поддержки молодых ученых.

Литература

1. Соломахин А.Л. и др. **Электронный циклотронный резонансный нагрев плазмы в газодинамической ловушке.** Тезисы докладов XLI Международной (Звенигородской) конференции по физике плазмы и УТС, 2014, стр. 89.
2. P.A. Bagryansky, S.P. Demin, E.D. Gospodchikov et al. Fusion Science and Technology, Volume 63 Number 1T Pages 40-45 (2013)
3. A. Solomakhin et. al ECR heating experiments in the GDT magnetic mirror: Recent experiments and Future plans, The 10th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, 26.08.2014 – 29.08.2014 Daejeon, Korea, OS6-03
4. A. Shalashov, E. Gospodchikov, O. Smolyakova, et al. Physics of Plasmas 19, 052503 (2012)