Об эффективности линейной конверсии микроволнового излучения в большой открытой ловушке [[1]](#footnote-1)\*)

Хусаинов Т.А., Господчиков Е.Д.

ИПФ РАН, Нижний Новгород, Россия, hta@ipfran.ru

Электронный циклотронный резонансный (ЭЦР) нагрев плазмы микроволновым электромагнитным излучением является наиболее простым и естественным способом направленного энерговклада в электронную компоненту плазмы, удерживаемой в магнитной ловушке. Продемонстрированное на установке ГДЛ (ИЯФ СО РАН, Новосибирск) повышение температуры электронов до 1 кэВ при ЭЦР нагреве излучением двух 54.5 ГГц/400кВт гиротронов позволило за счет уменьшения частоты электрон-ионных соударений существенно увеличить время жизни энергичных ионов в ловушке [1] и по-новому взглянуть на перспективы использования крупномасштабных прямых ловушек как объемных источников термоядерных нейтронов.

Однако использование прямых методов ЭЦР нагрева, когда в плазме поглощаются волны, вводимые из вакуума, для перспективных аксиально-симметричных ловушке следующего поколения наталкивается на ряд ограничений. Дело в том, что одним из преимуществ аксиально-симметричной магнитной ловушки по сравнению с другими типами ловушек, является более низкое магнитное поле в основном объеме ловушки. При этом всюду, кроме пробочного узла выполняется неравенство $ω\_{p}>ω\_{B}$, где $ω\_{p}$ и $ω\_{B}$ – электронные плазменная и циклотронная частоты, соответственно. Более того, в центральной части ловушки это неравенство становится сильным. Следовательно, для электромагнитных волн с частотой выше плазменной, которые могут проникать из вакуума в плазму, эффективное поглощение возможно только вблизи пробок, что технически очень неудобно.

Одним из путей, позволяющих обойти это ограничение является нагрев электронов плазмы квази-электростатическими волнами, которые испытывают эффективное поглощение даже на высоких гармониках циклотронного резонанса и могут быть возбуждены в плазме за счет линейной трансформации электромагнитных волн в окрестности верхнего гибридного резонанса $ω\_{B}^{2}+ω\_{p}^{2}=ω^{2}$ [2].

Для тороидальных магнитных ловушек, такой процесс был предсказан теоретически и продемонстрирован экспериментально на целом ряде установок [3]. Эффективность нагрева при этом практически полностью определяется эффективностью трансформации обыкновенной волны в медленную необыкновенную в окрестности плазменного резонанса.

В настоящей работе мы исследовали основные особенности такой трансформации для случая крупномасштабной аксиально-симметричной магнитной ловушки, и проанализировали возможность осуществления нагрева плазмы за счет возбуждения квазиэлектростатических колебаний на установке ГДЛ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-42-520069 р\_а

Литература

1. Bagryansky P.A. et al, Nucl. Fusion, 2015, V. 55, P. 053009.
2. Laqua H. P., Plasma Phys. Control. Fusion, 2007, V. 49, R1
3. Laqua H. P. et al., Plasma Phys. Contr. Fusion, 1999, V. 41, P. A273.
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Mu/en/BO-Khusainov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)