Влияние эффектов конечного ларморовского радиуса на равновесие плазмы высокого давления в режиме диамагнитного удержания в осесимметричной открытой ловушке [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Христо М.С., 1,2Беклемишев А.Д.

1Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск, РФ, [khristo.mikhail@gmail.com](mailto:khristo.mikhail@gmail.com)  
2Новосибирский государственный университет, Новосибирск, РФ

Идея диамагнитного удержания [1] заключается в создании «пузыря» плазмы предельного давления (β ≈ 1) в открытой ловушке. Внутри такого «пузыря» магнитное поле близко к нулю, причем практически весь диамагнитный ток сосредоточен в тонком переходном слое на границе плазмы. Режим диамагнитного удержания призван значительно увеличить энергетическое время жизни частиц в открытой ловушке за счет эффективного увеличения пробочного отношения. Это обстоятельство делает данный режим привлекательным для более подробного теоретического и экспериментального исследования. В частности, одной из задач проекта ГДМЛ [2], открытой ловушки нового поколения, является экспериментальная проверка концепции диамагнитного удержания плазмы с β ≈ 1. Также на действующей установке ГДЛ в ближайшем будущем планируется проведение экспериментальной кампании, нацеленной на локальное увеличение плотности энергии плазмы вплоть до β ~ 0.8.

Ранее в рамках одножидкостной МГД была создана аналитическая теория диамагнитного удержания в цилиндрическом приближении [1], а также построена непараксиальная численная модель равновесия «пузыря» в осесимметричной открытой ловушке [3]. Тем не менее наличие области слабого магнитного поля внутри «пузыря» приводит к тому, что плазма может оказаться незамагниченной, а МГД описание перестает быть до конца адекватным. Возникает потребность в создании теоретической модели, учитывающей кинетические эффекты.

Настоящая работа посвящена развитию существующей МГД модели равновесия «пузыря» путем учета поправок, связанных с эффектами конечного ларморовского радиуса (КЛР). Для простоты считается, что плазма состоит из двух фракций. Первая – «холодная» плазма в состоянии термодинамического равновесия, для описания которой по-прежнему используются уравнения МГД. Вторая фракция, «горячая» неравновесная плазма, является следствием нейтральной инжекции высокоэнергичных частиц. Данная компонента уже описывается в рамках кинетической теории. Причем приближение высокоэнергичных «горячих» ионов позволяет нам считать ион-ионные соударения редкими, а интеграл столкновений приближенно заменить слабым трением о «холодные» электроны.

В данной работе мы применяли подход схожий с использовавшимся в работе [4], а именно, предполагали, что функция распределения «горячих» частиц может быть представлена, как функция энергии и продольной компоненты обобщенного момента импульса. В результате, был проведен вывод кинетического уравнения для «горячей» плазмы, а также найдено его аналитическое решение. По полученной функции распределения было вычислено выражение для тока «горячих» ионов, которое совместно с МГД уравнениями для «холодной» плазмы использовалось для расчета равновесия диамагнитного «пузыря» с учетом эффектов КЛР.

Литература

1. Beklemishev A. D. Diamagnetic “bubble” equilibria in linear traps //Physics of Plasmas. – 2016. Т. 23. №. 8. С. 082506.
2. Beklemishev A. D. et al. Novosibirsk project of gas-dynamic multiple-mirror trap //Fusion Science and Technology. 2013. Т. 63. №. 1T. С. 46 – 51.
3. Khristo M. S., Beklemishev A. D. High-Pressure Limit of Equilibrium in Axisymmetric Open Traps //Plasma and Fusion Research. – 2019. – Т. 14. – С. 2403007-2403007.
4. Steinhauer L. C. Hybrid equilibria of field-reversed configurations //Physics of Plasmas. – 2011. – Т. 18. – №. 11. – С. 112509.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Mu/en/BR-Khristo_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)