

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зенина Виталия Николаевича

«Свойства геодезических акустических мод в плазме токамака Т-10»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы

Геодезические акустические моды (ГАМ) можно интерпретировать как высокочастотную ветвь зональных потоков, а крупномасштабные зональные потоки и их взаимодействие с мелкомасштабной плазменной турбулентностью во многом определяет время удержания энергии в плазме и, следовательно, успех исследований в области управляемого термоядерного синтеза. В работе Зенина В.Н. впервые экспериментально определено, что полоидальное волновое число m для колебаний потенциала на частотах ГАМ в горячей зоне плазмы равняется нулю, $m = 0$, в очень широком диапазоне изменения электронной и ионной температур. Также впервые проведено исследование радиального распределения частоты и амплитуды колебаний потенциала ГАМ в широком радиальном диапазоне, что позволило установить существование ГАМ как глобальной собственной моды в условиях токамака Т-10. Достоверность результатов, полученных при помощи основной многоканальной диагностики зондирования плазмы пучком тяжёлых ионов, также подтверждается данными других диагностик, построенных на других физических принципах. Представлен корреляционный анализ между данными, полученными с помощью тяжёлого пучка, и данными, полученными с помощью зондов Ленгмюра. Достоверность полученных результатов подтверждается независимыми исследованиями на других установках.

Диагностика зондирования плазмы пучком тяжёлых ионов, с ее модернизацией до многоканальной, была адаптирована для изучения взаимодействия ГАМ с окружающей широкополосной турбулентностью. Подтверждены теоретически ожидаемые свойства ГАМ: равенство нулю полоидального волнового числа $m = 0$, степень зависимости частоты ГАМ от температуры.

Кроме того, установлены следующие факты: падение амплитуды ГАМ с ростом плотности плазмы; сдвиг фаз между колебаниями потенциала и плотности ГАМ составляет $\pi/2$; вспыхивающий (перемежаемый) характер ГАМ; импульсный напуск примеси приводит к подавлению амплитуды ГАМ вследствие роста плотности и падения температуры.

Вопреки предсказаниям классической локальной теории ГАМ, разработанной Винзором и соавторами, на Т-10 установлено постоянство по радиусу амплитуды и частоты колебаний электрического потенциала, что характеризует ГАМ как глобальную собственную моду $m = 0$, $n = 0$.

Отличительной стороной исследования является активное участие автора в составлении и обработке огромной базы данных для токамака Т-10, а также возможность применения разработанной экспериментальной методики на новых установках, в частности на строящемся токамаке Т-15МД с нагревом нейтральной инжекцией, которая может служить новым источником возбуждения ГАМ. Это несомненно свидетельствует о высокой профессиональной и научной квалификации автора. Полученная на основе экспериментальных данных картина ГАМ как глобальной собственной моды ставит новые задачи перед теорией физики плазмы, которая

пока не может дать однозначного объяснения такому характеру колебаний. Поэтому, наряду с очень подробным изложением экспериментальных методик, было бы полезно дополнить обзор современных теоретических результатов по глобальным свойствам ГАМ.

Из стилистических замечаний можно отметить использование в автореферате жаргонных выражений, таких, например, как «корневой характер зависимости частоты ГАМ от температуры», что должно означать, видимо, что частота ГАМ пропорциональна квадратному корню из температуры. Впрочем, подобные недочеты не оказывают существенного влияния на положительную оценку содержания работы.

На основе автореферата можно сделать вывод, что представленная диссертация удовлетворяет требованиям действующего "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 01 октября 2018 г. № 1168), предъявляемым к диссертационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Виталий Николаевич Зенин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы».

Отзыв составил:

Мартынов Александр Александрович

кандидат физико-математических наук,

старший научный сотрудник Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук» (ИПМ им. М.В.Келдыша РАН), 125047, Москва, Миусская пл., д.4. Тел. + 7 499

220 7000, доб.7062, martynov@a5.kiam.ru

Подпись Мартынова Александра Александровича заверяю.

Ученый секретарь ИПМ им. М.В.Келдыша РАН

А.И. Маслов

Дата: 29.11 2018г

