

Заключение

диссертационного совета Д 520.009.02 на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» по диссертации Зенина В.Н. «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»

Диссертационный совет на основании выполненных соискателем исследований отмечает, что:

1) Исследованы:

колебания потенциала плазмы в токамаке Т-10 на частоте геодезических акустических мод (ГАМ), являющихся высокочастотной ветвью зональных потоков. Исследования проведены с помощью зондирования плазмы пучком тяжёлых ионов (ЗППТИ). В работе приведены результаты как одноканальных, так и многоканальных измерений при помощи ЗППТИ. Измерения потенциала плазмы проведены одновременно при помощи зондов Ленгмюра и ЗППТИ.

2) Показано, что:

По результатам измерений на токамаке Т-10 ГАМ обладает свойствами собственной моды колебаний электрического потенциала плазмы, её частота и амплитуда постоянны по радиусу.

Экспериментально измеренная зависимость частоты ГАМ от температуры не противоречит теоретическому скейлингу классической локальной теории ГАМ. Частота ГАМ, найденная в эксперименте, совпадает с теоретическим значением частоты, определяемым значениями электронной и ионной температур в радиальной точке $r/a = 0.9$ (a – малый радиус тора).

Амплитуда ГАМ падает с ростом плотности плазмы, что может объясняться столкновительным затуханием.

Сдвиг фаз между колебаниями потенциала и плотности плазмы на частоте ГАМ составляет примерно $\pi/2$.

Полоидальное модовое число для возмущений потенциала, вызванных ГАМ, равняется нулю ($m = 0$), что соответствует классической (локальной) теории ГАМ.

В режиме, исследованном с помощью ЗППТИ и зондов Ленгмюра, возмущения потенциала на частоте ГАМ распространяются от центра к периферии, их скорость имеет порядок нескольких километров в секунду и падает с увеличением радиуса.

Импульсный напуск примеси (а именно, гелия, неона и азота) приводит к временному подавлению амплитуды ГАМ, причиной чего является рост плотности плазмы, и к снижению частоты колебаний вследствие падения электронной и ионной температур. Этот эффект наблюдается как в режиме с омическим нагревом, так и в режиме с дополнительным нагревом при помощи гиротронов.

3) Научная значимость исследования выражена в следующем:

Экспериментально подтверждены теоретически предсказанные свойства ГАМ: равенство нулю полоидального модового числа колебаний потенциала и монотонно возрастающий характер зависимости частоты ГАМ от температуры в широком диапазоне изменения температур: электронной до 4-кратного и ионной до 2-кратного, что практически полностью охватывает операционные пределы токамака Т-10.

Подтвержденный характер ГАМ как собственной моды колебаний потенциала с постоянными по радиусу частотой и амплитудой ставит задачу построения новой теории глобальной ГАМ.

4) Практическая значимость результатов обоснована следующим:

Метод ЗППТИ адаптирован для изучения взаимодействия ГАМ с широкополосной плазменной турбулентностью, проведена модернизация этой диагностики от одноканальной до многоканальной.

Результаты, полученные в работе, могут быть использованы для изучения ГАМ и широкополосной плазменной турбулентности, их взаимосвязи в будущих экспериментах на российских и зарубежных термоядерных установках с магнитным удержанием.

5) Достоверность результатов обусловлена тем, что:

по данным обработки экспериментальных результатов нескольких сотен импульсов токамака Т-10 ГАМ обнаружена практически во всех режимах, охватывающих почти полный диапазон его операционных пределов, при этом характеристики ГАМ в различных плазменных режимах Т-10 находятся в согласии между собой.

Соотношение сигнал/шум на частотах ГАМ для потенциала, измеренного при помощи ЗППТИ, как правило, превышает порядок величины.

Достоверность результатов подтверждается также:

Результатами исследований с помощью независимых диагностик Т-10, построенных на других физических принципах, и независимыми исследованиями на других установках.

б) Личный вклад. В диссертации представлены результаты работы соискателя по участию в экспериментах на токамаке Т-10, использованию ЗППТИ, обработке полученных результатов и их систематизации. Использованные в диссертации данные были получены соискателем лично или при его определяющем непосредственном участии. Соискатель принимал участие в модернизации и обслуживании диагностики, проведении эксперимента, обработке данных, подготовке докладов, выступлениях на конференциях и написании статей.

В соответствии с п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» результаты, полученные в диссертации Зенина Виталия Николаевича, следует квалифицировать как существенный вклад в развитие физики плазмы в области, описывающей геодезическую акустическую моду в высокотемпературной плазме.

* * *

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертационная работа Зенина В.Н. «Свойства геодезических акустических мод в плазме токамака Т-10» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842.

На заседании **12 декабря 2018 г.** Диссертационный совет принял решение присудить Зенину Виталию Николаевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовал:

за присуждение ученой степени – 17,

против присуждения ученой степени – 1,

недействительных бюллетеней – 1.

Протокол счетной комиссии утвержден открытым голосованием **единогласно**.