

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией процессов атомных столкновений ФТИ им. А.Ф.Иоффе Афанасьева Валерия Ивановича на диссертацию младшего научного сотрудника ФТИ им. А.Ф.Иоффе Балаченкова Ивана Михайловича «Исследование альфвеновских волн в плазме сферического токамака Глобус-М/М2», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 - «Физика плазмы».

Диссертация Балаченкова И. М. посвящена важной проблеме распространения альфвеновских волн в токамаке, их влиянию на удержание быстрых частиц, а также возможности использования измерений альфвеновских волн для определения общих параметров плазмы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении обоснована актуальность исследования, которая определяется тем, что альфвеновские волны в токамаке вступают в резонансное взаимодействие с надтепловыми частицами, приводя к их потерям и снижению эффективности систем дополнительного нагрева плазмы. Поэтому оценка этих энергетических потерь, как в существующих установках, так и в установках, которые в настоящее время еще только строятся, является важнейшей задачей. Также во введении сформулированы научная новизна, цели и задачи исследования, методология, положения, выносимые на защиту, а также выделен личный вклад автора, который в данной работе является определяющим. Приведен список докладов на конференциях и публикаций автора по теме исследования в рецензируемых журналах, свидетельствующий о том, что изложенные в диссертации результаты обладают высокой степенью достоверности.

В Главе 1 приведен обзор научных исследований и методов диагностики альфвеновских волн в токамаках.

В Главе 2 дано описание токамака Глобус-М2 и его нагревных и диагностических систем. Особенное внимание уделено развитию магнитной зондовой диагностики. Нововведения, внедренные автором настоящей диссертации, позволили существенно расширить возможности магнитной диагностики, а именно: было удвоено число зондов тороидального массива, существенно расширен частотный диапазон, а также установлен высокочастотный трехкоординатный зонд.

В Главе 3 изложены основные полученные результаты. Приведены основные параметры тороидальных альфвеновских мод (ТАЕ), обнаруженные на токамаке Глобус-М2, их пространственно-временная структура и поляризация. Подробно проанализированы потери быстрых ионов в разрядах с ТАЕ. По данным различных корпускулярных диагностик определена степень зависимости потерь быстрых ионов от

амплитуды альфвеновской моды и построена линейная регрессия от тороидального магнитного поля и тока плазмы. Сделан вывод о том, что полученная регрессия дает благоприятный прогноз для режимов работы токамака при увеличении магнитного поля и тока плазмы. Кроме того, демонстрируется наблюдаемое в эксперименте расщепление тороидальных гармоник TAE, связанное с эффектом Доплера и вызванное наличием тороидального вращения плазмы. Показана возможность определения скорости тороидального вращения по данным магнитных измерений. Описаны также основные свойства мод на обращенном шире магнитного поля (RSAE). Показано, что в разрядах с RSAE, сигналы магнитных зондов могут быть использованы для определения минимума запаса устойчивости. Кроме того, описываются свойства альфвеновских мод, которые были обнаружены в суб-ионно-циклотронном диапазоне, которые были идентифицированы как компрессионные альфвеновские моды.

В заключении сделаны выводы о выполнении всех поставленных целей диссертационного исследования.

В целом, диссертационное исследование затрагивает широкий спектр вопросов, связанных с проблемой альфвеновских мод в токамаке, а изложенные в работе результаты являются обоснованными и непротиворечивыми. Работа написана понятным научным языком.

Диссертационная работа в целом изложена логически стройно и ясно, однако следует отметить ряд недостатков:

1. На рис. 33 (стр. 86) проиллюстрирована методика определения времени удержания быстрых частиц по просадке в сигнале корпускулярной диагностики, и далее введено выражение для его расчета (39). Предполагается, что число отсчетов анализатора до и после просадки меняется во времени линейно. Это не согласуется с данными, представленными на рис. 31, где до просадки скорее наблюдается насыщение сигнала анализатора.

2. На стр. 90 из данных, представленных на рис. 35а, а именно на основании того, что аппроксимирующая прямая не проходит через ноль, сделан вывод о пороговом характере зависимости величины сигналов анализатора от амплитуды моды. Вывод кажется недостаточно обоснованным, поскольку аппроксимирующие прямые на аналогичных зависимостях, полученные из других диагностик, показывают самые разные результаты: пересечение с нулем, прохождение левее и правее нуля. Кажется более вероятным, что это связано с точностью экспериментальных данных. Тем более что результирующая линейная регрессия, приведенная на рис. 43, проходит через ноль.

3. На стр.91 (рис. 37) продемонстрированы зависимости величины всплесков на

сигнале широкополосного болометра от амплитуды альфвеновской моды для двух групп точек: 0.5 Тл, 240 кА и 0.5 Тл, 200 кА. По какой причине не были получены зависимости для более высоких значений магнитного поля и тока, которые доступны на ГЛОБУС-М2?

4. На стр. 102 рис. 44 демонстрирует спектрограмму сигнала магнитного зонда в разряде с ТАЕ. Показано, что в момент времени, обозначенный пунктиром, меняется характер моды от кратковременных вспышек к продолжительной моде. В тексте поясняется, что это стало возможным благодаря улучшению удержания быстрых частиц, однако не сказано что именно происходит в разряде, благодаря чему происходит трансформация моды. Ранее основная причина улучшения удержания связывалась с увеличением магнитного поля и тока в токамаке Глобус-М2, но эти параметры плазмы не меняются в момент, когда меняется характер моды.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую очень высокую оценку работы. Автореферат И.М. Балаченкова соответствует содержанию диссертационной работы и требованиям, предъявляемым к авторефератам, как по части содержания, так и по части оформления.

Диссертационная работа И. М. Балаченкова соответствует квалификационным требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, а автор диссертации, И. М. Балаченков, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы.

Официальный оппонент

Афанасьев Валерий Иванович

Доктор физико-математических наук,

Главный научный сотрудник,

Зав. лаб. процессов атомных столкновений ФТИ им. А. Ф. Иоффе

Тел: +79112330264

e-mail: val@npd.ioffe.ru

Подпись Афанасьева В. И. удостоверяю

Ученый секретарь ФТИ им. А.Ф. Иоффе

_____/ Афанасьев В.И.

_____/ Патров М.И.