

**Конкурс молодых учёных
ИЯФ СО РАН
Физика плазмы**

26 апреля 2022 года

Председатель

Судников Антон Вячеславович

Секретарь

Анненков Владимир Вадимович

Сборник тезисов

Оглавление

Асмедьянов Никита – Пушка Маршалла как источник плазменной струи большого давления	1
Байструков Михаил – Эволюция равновесных пучков заряженных частиц под действием внешних кильватерных полей в плазме	2
Воинцев Вадим – Разработка высокочастотного плазменного эмиттера с охлаждаемым фарадеевским экраном	3
Глинский Владимир – Эффективная генерация излучения из толстой пучково-плазменной системы при наличии кривой модуляции плотности плазмы	4
Каргаполов Иван – Разработка инструмента численного моделирования плазменного кильватерного ускорения LCODE 3D	5
Мейстер Андрей – Измерение потерь энергии на лимитере установки ГДЛ	6
Рыжков Георгий – Особенности пирометрии поверхности высокотемпературных материалов при различных условиях её импульсного нагрева	7
Самцов Денис – Исследование характеристик направленного потока суб-мм излучения, генерируемого в пучково-плазменной системе установки ГОЛ-ПЭТ	8
Сандомирский Андрей – Первые результаты измерения профилей температуры и плотности электронов в плазме ГДЛ томсоновским рассеянием	9
Устюжанин Виктор – Формирование плазмы в открытой магнитной ловушке с геликоидальным полем СМОЛА	10
Шмигельский Евгений – Неустойчивости быстрых ионов дейтерия в водородной мишенной плазме на установке ГДЛ	11

Пушка Маршалла как источник плазменной струи большого давления

Асмедьянов Никита

e-mail: n.asmedianov@g.nsu.ru

Перспективным направлением управляемого термоядерного синтеза является газодинамическая ловушка (ГДЛ). Термоядерная реакция в ней происходит в водородной плазме. ГДЛ является открытой, поэтому из ее пробок происходит утечка плазмы около 1 кА. Перспективным способом компенсации этой утечки является инжекция плазменной струи большого (>4 атм.) давления под разными углами относительно удерживающего магнитного поля. В качестве источника такой струи в нашей лаборатории разрабатывается пушка Маршалла.

Пушка отлаживается на тестовом стенде. Стенд представляет собой вакуумную камеру с давлением ~1 мПа. На стенде установлен двойной интерферометр Майкельсона, позволяющий в двух точках измерять эволюцию линейной электронной плотности плазменной струи (~ 1.0×10^{16} см⁻³). Внутри камеры на линию огня пушки устанавливаются калориметр, баллистический маятник или пьезодатчик. Калориметр и баллистический маятник позволяют измерить для плазменной струи полную энергию (~800 Дж), массу (~30 мкг), импульс (~5 г*м/с) и скорость (~200 км/с). Пьезодатчик на данный момент находится на стадии отладки. После отладки он будет градуирован по данным маятника и калориметра и позволит непосредственно измерить эволюцию и распределение давления струи.

С имеющимися диагностиками была собрана статистика из ~500 экспериментов. Статистическая погрешность маятника и калориметра составили ~5%. Погрешность интерферометра оказалась заметно больше ~30%. Статистика экспериментов, показывает, что пушка способна выдавать струю нужного давления (по оценкам интерферометра >1 атм.) и с нужным количеством частиц (~ 1.0×10^{20}), при том большая часть энергии сосредоточена в нейтральной компоненте струи.

После измерения эволюции и распределения давления струи, а также экранирования некоторых элементов пушки она будет готова к установке на ГДЛ. Там будет изучено влияние работы пушки на поддержание материального баланса частиц, нагрев плазмы и исправную работу диагностик.

Научный руководитель:

д.ф.-м.н. Багрянский Петр Андреевич

Подразделение:

Лаборатория 9-1 ИЯФ СО РАН

Статус:

Аспирант 2-го года

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Эволюция равновесных пучков заряженных частиц под действием внешних кильватерных полей в плазме

Байструков Михаил

e-mail: m.baistrukov@g.nsu.ru

Распространение узкофокусированных коротких пучков высокоэнергичных заряженных частиц в плазме активно изучается в контексте новых методов ускорения. Такие пучки могут коллективно взаимодействовать с плазмой, либо создавая сильную кильватерную волну (тогда они называются драйверами), либо ускоряясь и фокусируясь в полях этой волны (соответственно - витнессы). В большинстве случаев плотность пучков много меньше или сравнима с плотностью плазмы. Такие режимы взаимодействия называются линейными и слабо-нелинейными, соответственно. В этих режимах пучок частиц после входа в плазму быстро достигает радиального равновесия с собственным кильватерным полем (намного быстрее, чем происходит энергетический обмен с плазмой). При этом равновесное состояние довольно экзотично: плотность пучка сильно пикирована возле оси, распределение частиц по импульсу не гауссово.

В идеале равновесный пучок, распространяясь в невозмущенной плазме, сохраняет свою форму, и только энергия частиц уменьшается. Однако возможны условия, при которых какое-либо возмущение (другой пучок или лазерный импульс) появляется перед драйвером после того, как он достиг радиального равновесия. Кильватерное поле возмущения имеет фазовую скорость, равную скорости света, поэтому оно стационарно в системе отсчета равновесного пучка и может сильно изменять его форму, даже если амплитуда возмущающей волны мала. Такая ситуация может возникнуть, к примеру, если пучок состоит из нескольких сгустков и первый сгусток имеет меньший заряд, чем остальные. Этот сгусток приходит в равновесие позже остальных, и его кильватерное поле действует на них как внешнее возмущение. Таким образом, важно знать устойчивость равновесных пучков к внешним возмущениям.

В данной работе численно изучено, какое возмущение может уничтожить одиночный короткий пучок или последовательность сгустков в диапазоне параметров, интересных для плазменного кильватерного ускорения в осесимметричной конфигурации, и как быстро. Найдено, что существуют особенно опасные фазы, в которых пучок может быть уничтожен возмущением очень маленькой амплитуды. Также найдено, что возмущение с амплитудой больше, чем кильватерное поле одного микросгустка из последовательности, всегда разрушительно.

Научный руководитель:

д.ф.-м.н., проф. Лотов Константин Владимирович

Подразделение:

Сектор 5-12

Статус:

2-й курс магистратуры

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Разработка высокочастотного плазменного эмиттера с охлаждаемым фарадеевским экраном

Воинцев Вадим

e-mail: vointsev1998@mail.ru

В Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера в Лаборатории 9-0 разрабатываются атомарные инжекторы для нагрева и диагностики плазмы в крупных термоядерных установках. В данных инжекторах часто в качестве источника плазмы используют высокочастотный (ВЧ) плазменный эмиттер.

В данной работе была поставлена задача разработать и испытать эмиттер, способный стабильно работать с длительными (до 100 с) импульсами мощностью 40 кВт.

Разрабатываемый эмиттер представляет собой цилиндрическую камеру диаметром 200 мм с керамической боковой поверхностью, вокруг которой намотана антенна. Для защиты керамики внутри эмиттера установлен водоохлаждаемый молибденовый экран с z-образными щелями.

Для испытания эмиттера с данным экраном был собран стенд с вакуумным объемом, на котором была проведена оптимизация параметров источника плазмы и исследован нагрев элементов эмиттера генерируемой плазмой и ВЧ полями антенны при разных мощностях, подаваемых с генератора ВЧ напряжения. Оценка мощности нагрева осуществлялась путем измерения температуры и потока охлаждаемой воды до и после прохождения через элементы эмиттера. Также в целях выявления основных источников вихревых потерь было проведено исследование влияния различных металлических элементов эмиттера на сопротивление потерь антенного колебательного контура.

В докладе представлены основные результаты работы с эмиттером на стенде, а также полученные данные об основных источниках вихревых потерь.

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Шиховцев Игорь Владимирович

Подразделение:

Лаборатория 9-0

Статус:

2-й курс магистратуры

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Эффективная генерация излучения из толстой пучково - плазменной системы при наличии косой модуляции плотности плазмы

Глинский Владимир

e-mail: v.v.glinskiy@yandex.ru

Как показали эксперименты по инъекции килоамперного электронного пучка в плазму на установке ГОЛ-ПЭТ [1-2], наличие в ней радиальных квазипериодических градиентов плотности приводит к увеличению мощности излучения в окрестности плазменной частоты до уровня 10 МВт, что на порядки превышает мощность, которая наблюдается в случае однородной плазмы. Это мотивировало исследование механизма электромагнитного излучения из плазмы с косой модуляцией плотности.

Одним из механизмов, который способен обеспечить столь высокую эффективность конверсии мощности пучка в мощность излучения, является механизм плазменной антенны [3]. Однако ранее он рассматривался только для плазмы со строго продольной модуляцией плотности и предсказывал падение эффективности в режиме, когда ширина плазмы превышала длину волны излучения. В данной работе теория плазменной антенны обобщена на случай толстой плазмы и косой модуляции плотности ионов $n = n_0 + \Delta n \cdot \cos(\vec{q}\vec{r})$. Исследование данного механизма на основе аналитической теории и PIC моделирования показало возможность достижения высокой эффективности излучения (3%) в условиях, когда сателлит самой неустойчивой пучковой волны попадает в резонанс с ее собственными колебаниями, подчиняющимися дисперсионному уравнению холодной замагниченной плазмы.

Список литературы:

- [1] Arzhannikov, A. V., et al. "Well-directed flux of megawatt sub-mm radiation generated by a relativistic electron beam in a magnetized plasma with strong density gradients." *Plasma physics and controlled fusion* 62, 4 (2020).
- [2] Samtsov, Denis A., et al. "Generation of a Directed Flux of Megawatt THz Radiation as a Result of Strong REB-Plasma Interaction in a Plasma Column." *IEEE Transactions on Plasma Science* 49, 11 (2021).
- [3] Timofeev, I. V., E. P. Volchok, and V. V. Annenkov. "Theory of a beam-driven plasma antenna." *Physics of Plasmas* 23, 8 (2016).

Научный руководитель:

д.ф.-м.н. Тимофеев Игорь Валериевич

Подразделение:

Лаборатория 9-1

Статус:

Аспирант 1-го года

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Разработка инструмента численного моделирования плазменного кильватерного ускорения LCODE 3D

Каргаполов Иван

e-mail: i.kargapolov@g.nsu.ru

Плазменное кильватерное ускорение с пучковым драйвером является активно развивающимся методом ускорения заряженных частиц на коротких расстояниях. Использование плазмы в данном методе позволяет получать ускоряющие поля, на порядки превышающие максимально возможные в традиционных ускорителях.

Опыт многочисленных исследований показал, что качественное проектирование новых экспериментальных установок с использованием плазменного кильватерного ускорения требует численного моделирования. Существующие инструменты моделирования предоставляют широкие возможности для изучения динамики плазмы в условиях, близких к экспериментальным. Однако, хотя многие такие инструменты могут моделировать эксперименты, требующие короткого вычислительного окна, существует нехватка надежных инструментов, позволяющих моделировать долговременную эволюцию кильватерной волны. Создаваемые для этого программы моделирования должны обеспечивать низкий числовой шум при разумном потреблении компьютерных ресурсов, что создает значительные сложности при их разработке.

В данной работе представляется код для трёхмерного моделирования плазменного кильватерного ускорения LCODE 3D, являющийся модифицированной версией двумерного кода LCODE. В основе вычислительных алгоритмов данных кодов лежит метод частиц в ячейках (PIC) и квазистатическое приближение, где последнее позволяет значительно сократить время моделирования. Новый инструмент моделирования LCODE 3D позволяет исследовать в схемах кильватерного ускорения долговременную эволюцию как плазмы, так и пучков заряженных частиц в декартовой прямоугольной системе координат в пространстве. Перестроение численных алгоритмов для работы на видеокартах (GPU) обеспечило заметный прирост в скорости моделирования. Корректность работы кода LCODE 3D проверялась при помощи сравнения результатов моделирования тестовых задач нового и других кодов.

Научный руководитель:

д.ф.-м.н., проф. Лотов Константин Владимирович

Подразделение:

Сектор 5-12

Статус:

2-й курс магистратуры

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Измерение потерь энергии на лимитере установки ГДЛ

Мейстер Андрей

e-mail: andreymeyster@gmail.com

На установке ГДЛ продолжают исследования тепловых потерь из удерживаемой плазмы. Нейтральными пучками в плазму инжектируется до 5 МВт мощности, из которых плазмой захватывается 2-3 МВт. Теория предсказывает продольные потери через магнитные пробки на уровне нескольких сотен киловатт, что подтверждается экспериментальными наблюдениями. Поскольку поперечные потери составляют малую часть от продольных, неясно, каким образом теряется основная часть инжектированной энергии.

Каналом потерь недостающих мегаватт может быть осаждение нагретой плазмы на лимитерах ловушки. Популяция быстрых ионов, созданная нейтральными пучками, имеет большие ларморовские радиусы вращения. Численное моделирование, проделанное в предыдущие годы, показало, что быстрыми ионами может нагреваться преимущественно периферийная плазма, которая впоследствии попадает на лимитеры.

Для проверки этого предположения в ГДЛ был установлен новый лимитер, состоящий из пяти медных колец. На каждое кольцо было установлено по терморезистору, измерявшему температуру кольца. Количество осажённой на лимитере энергии оценивалось по суммарному нагреву всех колец. Результаты представлены в данном докладе.

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Солдаткина Елена Ивановна

Подразделение:

Лаборатория 9-1

Статус:

2-й курс магистратуры

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Особенности пирометрии поверхности высокотемпературных материалов при различных условиях её импульсного нагрева

Рыжков Георгий

e-mail: ryzhkov.george98@gmail.com

Одна из проблем при создании термоядерного реактора – выбор материала стенки, обращённой к плазме. В конфигурации реактора в виде токамака наиболее интенсивно плазма воздействует на стенку в диверторе. Для проекта ИТЭР вольфрам был выбран в качестве материала для покрытия стенки дивертора, однако для будущих проектов исследуется возможность применения других высокотемпературных материалов с меньшим зарядовым числом, например, керамических. Ожидается, что в процессе работы ИТЭР покрытие дивертора будет интенсивно повреждаться вследствие импульсных тепловых нагрузок (термоударов), которые возникают из-за неустойчивости на краю удерживаемой плазмы. Скорость и физика процесса эрозии поверхности зависят от температуры, до которой она нагревается. Поэтому при экспериментальном моделировании термоударов важно определять точное значение температуры поверхности образца непосредственно во время процесса нагрева (in situ) с высокими пространственным и временным разрешениями. В данных экспериментах единственно возможным методом определения температуры является радиационная пирометрия. Однако точность измерения температуры пирометрией зависит от точности определения излучательной способности материала. В литературе существует разброс данных, связанный с шероховатостью поверхности, которая может изменяться из-за пластической деформации поверхностного слоя материала во время нагрева. В случае измерения температуры поверхности вольфрамового образца на установке БЕТА в ИЯФ СО РАН есть возможность прокалибровать систему диагностики, установив вольфрамовую лампу накаливания на место образца - для такой лампы известна зависимость температуры ленты накала от подводимой к ней мощности, поэтому не требуется знание спектральных характеристик приборов и образца, однако их необходимо знать в случае измерения температуры других материалов. На используемом стенде термоудары экспериментально моделируются с помощью лазерного импульса миллисекундной длительности, что даёт возможность проводить эксперименты в том числе и для неметаллических образцов. В экспериментах использовались InGaAs камера и InGaAs фотодиод. В работе рассматриваются особенности пирометрии в экспериментах с лазерным нагревом. В качестве образцов использовались вольфрам и V_4C_5 , для которых были измерены температуры поверхностей непосредственно во время нагрева. Для камеры и фотодиода сделана оценка точности определения температуры вольфрама, и V_4C_5 с учётом разброса литературных данных излучательной способности.

Научный руководитель:

д.ф.-м.н., доцент Вячеславов Леонид Николаевич

Подразделение:

Лаборатория №10

Статус:

2-й курс магистратуры

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Исследование характеристик направленного потока суб-мм излучения, генерируемого в пучково-плазменной системе установки ГОЛ-ПЭТ.

Самцов Денис

e-mail: d.a.samtsov@inp.nsk.su

На установке ГОЛ-ПЭТ проводятся экспериментальные исследования, направленные на получение мощного потока субмиллиметрового (субмм) излучения, генерируемого в процессе релаксации релятивистского электронного пучка (РЭП) в плазме. Эти исследования представляют большой общенаучный интерес, поскольку позволяют достигнуть глубокого понимания различных механизмов процесса генерации излучения в пучково-плазменной системе, кроме того они открывают перспективу получения потоков субмм излучения с мощностью на уровне десятков МВт, а такие потоки представляются весьма необходимыми в ряде практических приложений.

В описываемых экспериментах РЭП ($E=0,6\text{МэВ}$, $I=2\text{кА/см}^2$, $\tau=6\text{мкс}$) инжектируется в плазменный столб плотностью $(0.5-1)\cdot 10^{15}\text{см}^{-3}$, удерживаемый в пробочном магнитном поле. РЭП обеспечивает возбуждение и накачку плазменных колебаний, которые трансформируются в ЭМ излучение, выходящее из плазмы в вакуум. Характеристики излучения определяются параметрами плазменного столба и пучка. Возможные механизмы генерации излучения в этих условиях подробно описаны в работах [1,2]. Важной особенностью проводимых исследований является формирование заведомо неоднородного профиля плотности плазмы по сечению и длине плазменного столба.

Для проведения исследования характеристик направленного потока субмм излучения применялся следующий набор диагностик. Измерения мощности проводились при помощи детекторов на основе диодов с барьером Шоттки. Детекторы использовались как независимые регистраторы для мониторинга выхода излучения, так и в качестве объединенной системы для измерения спектрального состава излучения в диапазоне частот 0,1-0,6 ТГц. Благодаря достижению значительного уровня мощности в потоке (~10МВт) появилась возможность применения панели неоновых ламп для визуализации пространственного распределения мощности. Кроме того, при помощи специализированного калориметра проведены измерения энергосодержания в потоке излучения, выведенного в атмосферу.

В настоящем докладе будут представлены результаты измерений спектрального состава излучения, энергосодержания и пространственного распределения плотности мощности по сечению потока субмм излучения, который распространяется вдоль оси пучково-плазменной системы и далее выходит в атмосферу.

Список литературы:

[1] Timofeev, I.V.; et al. Regimes of enhanced electromagnetic emission in beam-plasma interactions. <http://dx.doi.org/10.1063/1.4935890>

[2] Arzhannikov A.V., et al. "Well-directed flux of megawatt sub-mm radiation generated by a relativistic electron beam in a magnetized plasma with strong density gradients" [doi.org/10.1088/1361-6587/ab72e3](http://dx.doi.org/10.1088/1361-6587/ab72e3)

Научный руководитель:

д.ф.-м.н., проф. Аржанников Андрей Васильевич

Подразделение:

Лаборатория 10

Статус:

Аспирант 4-го года

Текущее образовательное учреждение:

ИЯФ СО РАН

12

Первые результаты измерения профилей температуры и плотности электронов в плазме ГДЛ томсоновским рассеянием

Сандомирский Андрей

e-mail: andreysandomirsky@gmail.com

Томсоновское рассеяние (ТР) является одной из важнейших диагностик в современных экспериментах по магнитному удержанию плазмы. Спектр некогерентного рассеяния совпадает с электронной функцией распределения по скорости. Поэтому этот метод позволяет определить локальную температуру и плотность электронов. Эти измерения необходимы во всех экспериментах в газодинамической ловушке (ГДЛ), а также в других магнитных системах.

Диагностика томсоновского рассеяния была установлена на ГДЛ. Произведена абсолютная калибровка системы регистрации, которая включала в себя измерение длины волны и выходной мощности. Были проведены первые измерения при помощи лазера Nd:Glass с длиной волны 1054.5 нм. Установлен новый лазер Nd:YAG с длиной волны 1064 нм, с использованием которого проводились дальнейшие измерения. Для регистрации излучения применялись спектрометры-полихроматоры производства ИЯФ на основе интерференционных фильтров и лавинных фотодиодов. Обработка данных производилась на основе численной модели релятивистского спектра рассеяния с учетом данных калибровки.

Получены поперечные профили температуры и плотности электронов в плазме ГДЛ по 4 спектральным каналам. Плазма создавалась при помощи газоразрядного источника, без СВЧ-нагрева, в режиме с температурой электронов 100-150 эВ. В серии выстрелов проведены измерения радиального профиля температуры по 6 точкам, расположенных от оси до радиуса лимитера 140 мм. Точность измерения температуры составила 5-10% в одном выстреле. Профиль плотности электронов был получен с использованием калибровки измеренного спектра при помощи рамановского рассеяния.

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Лизунов Андрей Александрович

Подразделение:

Лаборатория 9-1

Статус:

4-й курс бакалавриата

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Формирование плазмы в открытой магнитной ловушке с геликоидальным полем СМОЛА

Устюжанин Виктор

e-mail: vik9614@mail.ru

Ключевой проблемой удержания плазмы в линейных открытых системах является низкое энергетическое время жизни плазмы, вызванное продольными потерями частиц и энергии. Для решения данной проблемы была предложена концепция винтового удержания плазмы, основанная на многопробочном удержании с движущимися магнитными пробками в системе отсчета плазмы. Данная концепция теоретически предсказывает экспоненциальную зависимость эффективности подавления потерь от длины участка с винтовым полем. Для проверки данной концепции в ИЯФ СО РАН была создана установка СМОЛА. В экспериментах на данной установке была показана принципиальная работоспособность указанного метода удержания.

Важным вопросом, решение которого определяет экспериментальное подтверждение работоспособности идеи винтового удержания, является выбор оптимального устойчивого режима формирования плазмы в установке. Генерация плазменного потока в установке СМОЛА осуществляется с помощью аксиально-симметричного источника плазмы, с термоэмиссионным катодом из LaB₆ и полым медным анодом. Дополнительными требованиями к функциональным возможностям генератора плазмы является формирование режима течения плазмы с низкой газовой нагрузкой для установки и возможностью создания необходимого распределения потенциалов внутри плазмы для аксиального раскручивания плазмы.

В связи с поставленной задачей, необходимо проведение комплексного исследования зависимости параметров формируемой плазмы (ток плазменного разряда, плотность плазмы, её температура и электрический потенциал, а также газовый баланс в плазме) от внешних экспериментальных условий (напряжение анод – катод, количество подаваемого газа и степень анод-катодной магнитной изоляции). Для данных исследований был задействован следующий диагностический комплекс – подвижные электростатические Ленгмюровские зонды различной конструкции и спектрально-селективные пространственно-разрешающие оптические диагностики. Система зондов позволяла измерить распределение следующих локальных параметров: ионная плотность, электронная температура, электрический потенциал плазмы. Оптические диагностики дают информацию о скорости вращения плазмы и температуре ионов.

В докладе представлены зависимости потока плазмы, её плотности, электрического потенциала, тока разряда и других параметров разрядной системы от начальных экспериментальных условий плазменного источника. Сделаны выводы о механизмах и возможностях влияния параметров работы системы формирования плазмы на скорость вращения и другие свойства плазмы.

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Иванов Иван Анатольевич

Подразделение:

Лаборатория 10

Статус:

Аспирант 2-го года

Текущее образовательное учреждение:

НГУ

Неустойчивости быстрых ионов дейтерия в водородной мишенной плазме на установке ГДЛ

Шмигельский Евгений

e-mail: e.shmigelskii@g.nsu.ru

Соавторы: Приходько Вадим; Черноштанов Иван; Яковлев Дмитрий

Плазма в открытой магнитной ловушке ГДЛ (ИЯФ СО РАН) состоит из двух компонент: в мишенную изотропную плазму инжектируются атомарные пучки дейтерия, и в результате резонансной перезарядки формируется популяция быстрых анизотропных ионов. Анизотропия функции распределения частиц плазмы служит причиной возбуждения кинетических неустойчивостей различных типов, которые могут приводить к потерям быстрых ионов. Известно, что наличие в плазме теплых изотропных ионов того же вида, что и быстрые, стабилизирует дрейфово-конусную неустойчивость (ДКН) [1]. Кроме того, из теории следует, что присутствие теплых ионов, чьи циклотронные гармоники совпадают по частоте с некоторыми гармониками быстрых ионов также может подавлять ДКН на этих гармониках [2].

Работа посвящена изучению модовой структуры неустойчивостей быстрых ионов, возбуждающихся в водородной мишенной плазме с примесью ионов дейтерия. Сигналы, полученные с помощью высокочастотных магнитных зондов и быстрого АЦП (500 МГц) были обработаны кросс-спектральным методом, в результате чего было определено азимутальное волновое число для неустойчивостей в диапазоне частот от 1 до 10 МГц. Неустойчивости сопровождаются скачкообразным изменением диамагнитных сигналов, что свидетельствует о рассеянии быстрых ионов. Серия экспериментов позволила проследить за изменением характеристик неустойчивостей и их последствий в виде рассеяния быстрых ионов при добавлении дейтерия в водородную мишенную плазму.

Величины частот и номера азимутальных мод указывают на то, что наблюдаемая неустойчивость — ДКН. Она является потенциальной, поэтому корректнее измерять азимутальные волновые числа новой сборкой электростатических зондов. С помощью одного из зондов сборки и электростатического зонда в расширителе ГДЛ можно проверить, является ли неустойчивость желобковой, что могло бы служить ещё одним аргументом в пользу её определения как дрейфово-конусной неустойчивости. Предварительные результаты этих экспериментов будут изложены в докладе.

Список литературы:

[1] V.I. Kanaev. Nucl. Fusion 19 347 (1979)

[2] I.A. Kotelnikov, I.S. Chernoshtanov. Phys. Plasmas 25 082501 (2018)

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Яковлев Дмитрий Вадимович

Подразделение:

Лаборатория 9-1

Статус:

2-й курс магистратуры

Текущее образовательное учреждение:

НГУ