

Отзыв научного руководителя

на диссертацию Яковлева Дмитрия Вадимовича

«Экспериментальное исследование микроволнового нагрева плазмы в газодинамической ловушке», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 - физика плазмы

Интенсивные исследования в ряде стран по удержанию плазмы в магнитных ловушках открытого типа были, практически, прекращены в конце восьмидесятых годов прошлого века, поскольку в ходе исследований обнаружились три, в то время непреодолимые, проблемы.

1. Магнитные системы, обеспечивающие магнитогидродинамическую устойчивость плазмы, оказались слишком сложными с инженерной точки зрения, создаваемая ими конфигурация магнитного поля, не обладающая аксиальной симметрией, порождала аномальную диффузию частиц поперек магнитного поля.
2. Время удержания плазмы ограничивалось на очень низком уровне из-за развития кинетических неустойчивостей.
3. Электронная температура никогда не достигала диапазона 1 кэВ, приемлемого для термоядерных приложений.

На момент начала активной научной деятельности соискателя первые две из перечисленных проблем были, практически, решены в предшествующих исследованиях на установке ГДЛ. Найден способ удержания плазмы с высоким относительным давлением в магнитной системе с простейшей осесимметричной конфигурацией, показано, что существуют условия, при которых потери частиц и энергии плазмы при развитии кинетических неустойчивостей несущественны.

Направлением своих исследований Дмитрий Вадимович выбрал решение третьей и, на мой взгляд, самой сложной задачи, успешное решение которой вместе с результатами предшествующих работ дает возможность пересмотреть концепцию ловушек открытого типа в качестве альтернативы системам с замкнутой конфигурацией магнитного поля. Замкнутые системы сегодня являются лидерами в области удержания термоядерной плазмы. Однако, осесимметричные ловушки открытого типа, обладающие наиболее привлекательной с инженерно-физической точки зрения конфигурацией и способные удерживать термоядерную плазму высокого давления, могут стать основой для создания относительно простых и компактных термоядерных реакторов. Кроме того, просматривается возможность использовать в таких реакторах топлива, не содержащие радиоактивный тритий, или даже топлива, не выделяющие нейтроны при реакциях синтеза. Указанные обстоятельства обосновывают актуальность и значимость работы.

Главным результатом серии исследований, в существенной части которых роль

соискателя была определяющей, стала прямая экспериментальная демонстрация величины электронной температуры близкой к 1 кэВ в ловушке открытого типа в квазистационарных условиях, что более чем втрое превышает лучшие из прежних достижений и показывает новизну работы. Для достижения этого результата Д.В.Яковлеву потребовалось освоить, отладить и запустить в эксплуатацию самую передовую на сегодняшний день технику генерации, транспортировки и инъекции в плазму мощного микроволнового излучения. В частности, он, практически, самостоятельно создал надежно работающую систему управления и контроля параметров гиротронным комплексом на установке ГДЛ, а также систему управления дополнительным конденсаторным накопителем, который потребовался для адаптации магнитной системы установки к условиям оптимальным для микроволнового нагрева. Также соискатель освоил все тонкости управления экспериментом на установке ГДЛ, что позволяет ему самостоятельно планировать и организовывать исследования. Примером такого самостоятельного исследования является описанная в диссертации серия экспериментов по изучению СВЧ пробоя газа и генерации предварительной плазмы с параметрами достаточными для инициализации полномасштабного плазменного разряда с высокими параметрами. Кроме того, большой объем экспериментальных данных позволил коллегам-теоретикам построить адекватное теоретическое описание процессов, происходящих при СВЧ пробое и генерации предварительной плазмы. Все отмеченное выше, характеризует высокий профессиональный уровень Дмитрия Вадимовича, позволяющий ему решать самые сложные исследовательские задачи.

Суммируя все изложенное, считаю, что диссертация Д.В.Яковлева содержит научные результаты самого высокого уровня, соответствует всем требованиям ВАК, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Доктор физико-математических наук

П.А.Багрянский

Ученый секретарь

Института ядерной физики им. Г.И.Будкера
кандидат физико-математических наук



Я.В.Ракшун