Отзыв

научного руководителя на диссертацию Анненкова Владимира Вадимовича на тему “Электромагнитная эмиссия в тонкой пучково-плазменной системе” на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Диссертация посвящена актуальной проблеме генерации электромагнитных (ЭМ) волн в магнитоактивной плазме в процессе инжекции в неё электронного пучка, при этом основное внимание уделено изучению такого режима ЭМ эмиссии, при котором поперечный размер системы сопоставим с длиной волны излучения. Поводом обратиться к такому специфическому режиму стали эксперименты на установке ГОЛ-3, в которых эффективность генерации излучения вблизи второй гармоники плазменной частоты при инжекции в плазму тонкого суб-релятивистского (100 кэВ) электронного пучка оценивалась на уровне 1%. Учитывая турбулентный характер пучково-плазменного взаимодействия и нелинейную природу генерации второй гармоники, столь высокий уровень эмиссии на данной частоте выглядел весьма фантастическим. Ни один из известных механизмов излучения турбулентной плазмы не мог объяснить результаты экспериментов. Кроме того, из-за близости циклотронной и плазменной частот электронов невозможно было определить, какие ветви плазменных колебаний наиболее эффективно конвертируются в ЭМ волны и к каким частотам (гармоникам циклотронной, гармоникам плазменной или верхнегибридному резонансу) привязано наблюдаемое излучение. Если ЭМ эмиссия оказывается столь эффективной на гармониках плазменной частоты, то открываются возможность перехода к более плотной плазме и генерации в ней с помощью релятивистских килоамперных пучков излучения рекордного гигаваттного уровня мощности в ТГц диапазоне частот.

Для ответа на все эти вопросы Владимир разработал численный код, основанный на методе частиц в ячейках, с помощью которого впервые удалось промоделировать задачу в максимально реалистичной постановке с открытыми границами на временах в десятки тысяч обратных плазменных частот. С помощью проведённых численных расчётов удалось обнаружить новый механизм генерации излучения на гармониках плазменной частоты (механизм пучково-плазменной антенны). Это позволило существенно прояснить физику эмиссионных процессов в тонкой пучково-плазменной системе и дать интерпретацию лабораторных экспериментов со 100-кэВ-ным электронным пучком на установке ГОЛ-3. Оказалось, что антенный механизм действительно способен обеспечить эффективную конверсию мощности пучка в мощность излучения на второй гармонике плазменной частоты (до 1%), при этом на основной гармонике эта эффективность может достигать 10%. Изученные в работе механизмы имеют большое значение не только для создания легко перестраиваемых по частоте ТГц генераторов гигаваттной мощности, но и дают новые представления о формировании солнечных вспышек излучения в радио и суб-ТГц диапазонах частот.

В ходе работы над поставленной задачей Владимир приобрёл не только необходимую для теоретика физическую интуицию, но и навыки параллельного программирования, благодаря которым удалось создать PIC код, способный решать задачи, возникающие на переднем крае современной физики плазмы. Высокий уровень результатов, полученных Владимиром, неоднократно подтверждался победами на конкурсах молодых учёных ИЯФ,

а также большим количеством публикаций в ведущих мировых журналах, в которых В.В. Анненков является первым автором. На мой взгляд, Владимир успешно освоил все этапы научного ремесла, от грамотной постановки задачи до написания научной статьи, и имеет достаточную квалификацию для проведения самостоятельных исследований.

Научная новизна полученных результатов не вызывает сомнений. Результаты докладывались на множестве международных конференций и опубликованы в журналах с высоким импакт-фактором. Диссертация Анненкова Владимира Вадимовича удовлетворяет всем требованиям ВАК, а сам он достоин присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Научный руководитель И.В. Тимофеев

д.ф.-м.н.

Учёный секретарь ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН А.С. Аракчеев

к.ф.-м.н.