

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе Брызгалова Андрея Ивановича

«Численное исследование течений неравновесной плазмы в высокочастотном плазмотроне», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Диссертационная работа А.И. Брызгалова на тему «Численное исследование течений неравновесной плазмы в высокочастотном плазмотроне» посвящена актуальной теме – созданию вычислительных моделей, позволяющих рассчитывать обтекания тел с каталитической поверхностью потоками плазмы в широком диапазоне режимов течения, определять возникающие тепловые потоки с учетом химической и термической неравновесности плазмы. Важность данной тематики обусловлена задачами создания перспективных теплозащитных материалов для аэрокосмической отрасли, определения их поведения при аэродинамическом нагреве. Цель работы состояла в разработке вычислительных средств для сопровождения экспериментальных исследований в мощных плазмотронах серии ВГУ, имеющихся в ИПМех РАН.

При работе над диссертацией А.И. Брызгалов проявил себя как целеустремленный, самостоятельный исследователь, способный к глубокому теоретическому анализу, созданию и использованию программных средств для решения задач гидродинамики, газовой динамики, физики плазмы. А.И. Брызгаловым самостоятельно разработаны, верифицированы и применены к решению поставленных задач две вычислительные программы – двумерная программа IPG2D для расчетов нестационарных и стационарных обтеканий потоками неравновесной плазмы тел в осесимметричной постановке и программа ShockWaveAir для расчета в лагранжевых координатах структуры релаксационной зоны за сильной ударной волной в одномерной постановке. Кроме того, им создан расчетный модуль для двумерной модели электрического поля, вошедший в модифицированную программу Alpha (ИПМех РАН) для расчета разрядного канала плазмотрона.

На основе созданного программного обеспечения А.И. Брызгаловым проведены глубокие исследования течений плазмы в высокочастотных индукционных плазмотронах ВГУ-3 и ВГУ-4. Было показано, что использование более простой одномерной модели электрического поля оправдано для разрядного канала плазмотрона ВГУ-4 диаметром 80 мм, однако оно неправомерно для канала ВГУ-3 диаметром 200 мм, приводя к существенному занижению параметров плазмы на выходе из разрядного канала. При помощи разработанной программы IPG2D А.И. Брызгаловым

проведены систематические расчеты дозвукового обтекания цилиндрических моделей потоками химически неравновесной плазмы воздуха и азота в плазмотроне ВГУ-4, результаты которых были сопоставлены с данными 40 экспериментов, осуществленных в ИПМех РАН. Изучена структура течения в барокамере плазмотрона и в пограничном слое вблизи поверхности тела, продемонстрирован эффект сверхравновесного нагрева вблизи скачка каталитических свойств. Показано, что разработанная вычислительная модель позволяет предсказывать тепловые потоки на поверхности тел с различной каталитической активностью. Созданные программные средства и полученные в расчетах результаты создают хороший задел для моделирования режимов с высокой мощностью источника плазмы, характерных для плазмотрона ВГУ-3.

Диссертация является результатом серьезных научных исследований, достоверность и обоснованность которых подтверждена в тестовых и валидационных расчетах. Полученные результаты обладают высокой степенью научной новизны, они опубликованы в профильных отечественных и зарубежных изданиях, неоднократно докладывались на конференциях и обсуждались на семинарах. На основании сказанного считаю, что диссертационная работа А.И.Брызгалова выполнена на высоком научном уровне, а сам он несомненно достоин присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель:
Директор ИПМех РАН, д.ф.-м.н.,
зав. лабораторией термогазодинамики и горения,
член-корр. РАН

 С.Е.Якуш

Подпись С.Е.Якуша заверяю:
Ученый секретарь ИПМех РАН
к.ф.-м.н.





М.А.Котов

29.06.2022