

Отзыв

на автореферат диссертации Брызгалова Андрея Ивановича на тему
**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 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 посвящена численному моделированию течений химически неравновесной плазмы в барокамере индукционного плазмотрона и определению тепловых потоков к поверхности испытываемых образцов с учетом их каталитических свойств.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Сформулирована математическая модель течения химически неравновесной плазмы в барокамере индукционного плазмотрона.
2. Создана программная реализация модели течений в двумерном осесимметричном коде IPG2D с применением численных схем для расчета дозвуковых и сверхзвуковых течений.
3. Проведена валидация на одномерной задаче о течении за сильной ударной волной блока решения уравнений химической кинетики с учетом неравновесности по колебательным степеням свободы.
4. Проведена модификация расчетной программы Alpha (ИПМех РАН) путем реализации двумерной модели для расчета амплитуды высокочастотного электрического поля и проведены сравнительные расчеты в разрядных каналах плазмотронов ВГУ-4 и ВГУ-3.
5. Проведены систематические расчеты обтекания воздушной плазмой цилиндрических образцов при различной каталитической активности их поверхности для условий экспериментов в плазмотроне ВГУ-4 (ИПМех РАН).
6. Проведена валидация программы IPG2D на экспериментальных данных по тепловым потокам к материалам с различной каталитической активностью при обтекании их воздушной плазмой.
7. Проведено моделирование обтекания образцов в плазмотроне ВГУ-4 плазмой азота и дано сравнение с экспериментом рассчитанных тепловых потоков к различным материалам.

Наиболее значимыми элементами работы является предложенный метод расчета по двумерной модели высокочастотного электрического поля, возникающего в разрядном канале плазмотрона ВГУ-3. На основании проведенного сравнения результатов расчета с использованием двумерной и локально одномерной модели электрического поля, используемых при моделировании течений в разрядном канале ВГУ-3 и ВГУ-4, сделан вывод о необходимости использования двумерной модели

расчета электрического поля в плазмотроне ВГУ-3, имеющего больший диаметр по сравнению с ВГУ-4. Это может существенным образом повлиять на точность конечных результатов в определении каталитических свойств материалов и покрытий на моделях.

Результаты решения задач о течении химически и термически неравновесной плазмы в плазмотронах широко представлены в литературе (следует из обзора). Модель термической неравновесности в диссертации представлена лишь в результатах расчета одномерного термически и химически неравновесного течения в релаксационной зоне за фронтом сильной ударной волны.

Основные замечания:

1. В постановке всех задач рассматриваются только осесимметричные течения без учета закрутки вдуваемого в разрядный канал газа, которая присутствует в экспериментах на плазмотронах. Это может сказаться на выводах о степени каталитичности покрытий моделей.
2. В диссертации рассмотрены расчеты обтекания цилиндрических моделей с острыми кромками на декартовых сетках, что ограничивает класс геометрий моделей в экспериментах, например, со скругленными кромками (евромодель, сферический носок, и т.д.).
3. Использование разбиения области течения на три в расчетах течений в плазмотронах, без взаимного влияния их друг на друга, может дать неверный результат, особенно, когда модель в рабочей камере расположена близко к выходному сечению разрядного канала.

В заключении отмечу, что, судя по автореферату, и, несмотря на сделанные замечания, диссертация Брызгалова А.И. удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ по защите диссертаций, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы».

Зав. лабораторией физико-химической
газодинамики Института механики МГУ
имени М.В.Ломоносова, д.ф-м.н.

Сахаров В.И.

Подпись тов. Сахарова В.И.
удостоверено
Зав. канцелярией
НИИ механики МГУ

