

## **ОТЗЫВ**

**На автореферат диссертации Брызгалова Андрея Ивановича «Численное моделирование течений неравновесной плазмы в высокочастотном плазмотроне», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы**

Испытание теплозащитных покрытий для аэрокосмической техники, позволяющих при удешевлении и снижении веса показывать большую надёжность, является актуальной и практически важной задачей. Наиболее точные данные о термостойкости и каталитических свойствах получаются с помощью экспериментов в индукционных плазмотронах, создающих поток плазмы без примесей и моделирующих вход аппарата в атмосферу. Хотя экспериментальные исследования позволяют измерять температуру и тепловые потоки на поверхности обтекаемого тела, определение таких важных величин как, например, эффективный коэффициент гетерогенной рекомбинации, возможно только с помощью численного моделирования. Также важным является учёт неравновесности плазмы в плазмотроне при обработке полученных данных. Диссертационная работа Брызгалова Андрея Ивановича посвящена численному моделированию течений неравновесной плазмы в плазмотронах, дополняющему эксперимент.

Сформулированная в диссертации математическая модель для расчёта неравновесной плазмы в барокамере плазмотрона реализована автором, проведена её валидация в том числе на экспериментальных данных. Также автором проведён расчёт обтекания цилиндрических образцов с различной каталитичностью поверхности. Кроме этого, автором впервые выполнены расчёты дозвуковых течений плазмы в плазмотроне ВГУ-4. Создание собственного расчётного кода IPG2D и дополнение используемого в ИПМех РАН кода Alpha моделью высокочастотного двумерного электрического поля - практически важные результаты диссертационной работы.

Работа выполнена на высоком научном уровне, прошла апробацию на множестве всероссийских и международных конференций. Результаты опубликованы в ведущих отечественных журналах. Несомненным достоинством работы является высокая практическая значимость, подтверждённая, в том числе, регистрацией расчётного кода.

При чтении автореферата возникли следующие замечания:

1. Отсутствует комментарий касательно причины существенного расхождения одномерной и двумерной моделей при расчёте энтальпии на выходе из разрядного канала ВГУ-3.
2. Из представленного на рис. 9 сравнения можно заключить, что отклонения экспериментальных данных от расчётных носят систематический характер и связаны с недостаточным количеством сведений об экспериментальных условиях. Источник расхождения следует найти, так как полученное среднеквадратичное отклонение между расчётом и экспериментом существенно (16.4%).

Перечисленные замечания не уменьшают значимости работы и не ставят под сомнения высокую степень достоверности полученных результатов.

Диссертация «Численное моделирование течений неравновесной плазмы в высокочастотном плазмотроне» отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Брызгалов Андрей Иванович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы.

Главный научный сотрудник  
ФАУ «ЦАГИ», д.ф.-м. н., профессор,  
член-корреспондент РАН

  
13.09.2022.

Егоров И.В.

ФАУ «ЦАГИ»  
140180, г. Жуковский, ул. Жуковского, 1  
тел.: +7(495)5564172  
e-mail: ivan.egorov@tsagi.ru

Подпись И.В. Егорова заверяю:

Секретарь Диссертационного  
Совета ЦАГИ



  
13.09.22

М.А. Брутян