

## ОТЗЫВ

На автореферат диссертационной работы Кирилла Александровича Прутько «Неравновесное излучение воздуха при больших скоростях полета спускаемых аппаратов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

В современной газодинамике большую сложность представляет детальное описание сильнонеравновесных течений, необходимое при решении задач, связанных с возвращаемыми летательными аппаратами или аппаратами, движущимися в атмосфере с гиперзвуковыми скоростями. В связи со сложностью экспериментального воспроизведения подобных условий использование численного моделирования представляется наиболее эффективной и относительно недорогой альтернативой. Исходя из этого, можно сделать вывод о несомненной актуальности диссертации К.А. Прутько и востребованности результатов, изложенных в ней.

Диссертационная работа посвящена созданию и валидации физико-химической модели радиационных процессов в воздухе за сильными ударными волнами и при входе спускаемых аппаратов в атмосферу. Результаты, полученные с использованием радиационно-столкновительной модели, валидируются на основе доступных данных, полученных по результатам наземных и летных экспериментов. Предложена кинетическая схема и алгоритм ее реализации, изучена поуровневая кинетика электронных состояний и потоки излучения за ударными волнами. Выявлены процессы, оказывающие наибольшее влияние на интенсивность излучения атомов в равновесном воздухе. Проведена оценка границ применимости упрощенных моделей. В частности, важным для практики результатом является подтверждение того, что на высотах 56-79 км можно использовать равновесную модель излучения.

Работа прошла серьезную апробацию, основные результаты опубликованы в изданиях, в том числе в семи журналах из списка рекомендованных ВАК РФ.

### Замечания по работе:

1. Из текста автореферата неясно, учитываются ли внутренние степени свободы молекул. Если учитываются, как тогда моделируется колебательная и колебательно-электронная кинетика? Если нет, то необходимо привести обоснование.
2. Есть некоторые вопросы по формулировке математической модели (1)-(4). Следовало бы пояснить, почему уравнения кинетики записываются для производных по времени, а уравнение энергии – для производной по

х. В уравнении для полной энергии (3) отсутствует поток излучения. Или он «спрятан» в правой части? Если нет, то задача не полностью самосогласована, т.е. влияние излучения на газодинамику не учитывается. Хорошо бы прокомментировать этот момент.

3. Есть недочеты редакционного характера, например, в тексте часто не уточняется, о нейтральных или ионизованных атомах идет речь.

Данные замечания не снижают ценности работы в целом.

В целом, представленная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой по исследованию неравновесного излучения воздуха при больших скоростях полёта спускаемых аппаратов. Выполненная работа удовлетворяет квалификационным требованиям, предъявляемых ВАК России к кандидатским диссертациям, в том числе соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор Прутько К.А. заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Профессор, зав. кафедрой гидроаэромеханики  
Санкт-Петербургского государственного университета  
доктор физико-математических наук

Кустова Е.В.

16.04.19

Старший научный сотрудник кафедры гидроаэромеханики  
Санкт-Петербургского государственного университета  
кандидат физико-математических наук

Истомин В.А.

16.04.19



ДОКУМЕНТ  
ПОДГОТОВЛЕН  
ПО ЛИЧНОЙ  
ИНИЦИАТИВЕ

198504, Санкт-Петербург  
Университетский пр., д. 28  
(812) 428 29 11  
v.istomin@spbu.ru

Текст документа размещен  
в открытом доступе  
на сайте СПбГУ по адресу  
<http://spbu.ru/science/expert.html>