

АО «КОНЦЕРН ВКО «АЛМАЗ – АНТЕЙ»



Акционерное общество
«Корпорация космических систем специального назначения «Комета»
(АО «Корпорация «Комета»)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЕНЕРАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА

Велозаводская ул., д. 5, Москва, 115068. Тел./факс: (495) 674-08-46, e-mail: info@corpkometa.ru;
http://corpkometa.ru; ОГРН 1127746365670, ИНН/КПП 7723836671/772301001

31.01.2025 № 31/1320
На № _____ от _____

Об отправке отзыва на автореферат

Московский авиационный институт,
Ученый совет
Ученому секретарю
диссертационного совета 24.2.327.06
Краеву В.М.

Волоколамское ш., д. 4,
Москва, А-80, ГСП-3, 125993

Тел.: (499) 158-43-33

Уважаемый Вячеслав Михайлович!

Высылаю Вам положительный отзыв на автореферат диссертации Янышева Д.С. на тему «Математическое моделирование высокэнергетических потоков для теплового и газодинамического проектирования в аэрокосмической технике», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук.

Приложение: Отзыв на автореферат на 4 л. в 2 экз.

С.Э. Григас

Прокофьева Вера Васильевна,
заместитель начальника лаборатории
(495) 674-08-21

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ
«В» 02 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор –
генеральный конструктор
АО «Корпорация «Комета»



А.А. Захаров

2025 г.

Отзыв

**на автореферат диссертационной работы Янышева Дмитрия Сергеевича
на тему «Математическое моделирование высокоэнергетических потоков
для теплового и газодинамического проектирования в аэрокосмической
технике», представленной на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 1.3.14 - «Теплофизика и теоретическая
теплотехника»**

Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью создания комплексной математической модели, позволяющей в рамках единого подхода моделировать с высокой точностью термогазодинамические параметры потока во всем диапазоне высот полета изделий ракетной техники при работающей двигательной установке. До настоящего времени целостная модель, объединяющая в себе максимальное число значимых факторов, влияющих на высокоэнергетический поток газа, отсутствовала.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- разработан новый эффективный, полностью связанный неявный численный метод решения уравнений Навье-Стокса (Рейнольдса-Фавра) для расчета термически и химически неравновесных сверхзвуковых течений. В этом методе, в отличие от расщепления системы уравнений по физическим процессам, реализована специальная матричная факторизация, что позволяет существенно ускорить процесс обращения матрицы;

- разработана методика учета влияния второй вязкости в неравновесных высокоэнергетических течениях со сложной волновой структурой и показана ее

СЛУЖБА КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«03» 02 2025 г.

важность для высотных полетов;

- разработана комплексная методика расчета термически неравновесных течений газа умеренной разреженности при произвольной геометрии течения, основанная на использовании квазигазодинамических (КГД) уравнений, в которую включены уравнения, учитывающие колебательную неравновесность;

- проведены расчеты струй двигателей летательных аппаратов на высотах 100-200 км атмосферы Земли на основе решения полных систем уравнений Навье-Стокса и КГД уравнений, включая уравнения для колебательных энергетических мод с учетом отличия от нуля второй вязкости;

- разработан метод расчета неравновесного ИК-излучения струй двигателей летательных аппаратов на больших высотах, основанный на решении уравнения переноса излучения в термически неравновесном газе и методе k-распределения;

- разработана новая анизотропная трехпараметрическая модель турбулентного перемешивания, основанная на аналитически полученных зависимостях взаимодействия крупномасштабных пульсаций давления и скорости деформации, что позволяет более надежно согласовывать результаты расчетов с экспериментальными данными для высокоэнергетических потоков;

- разработана новая упрощенная модель ламинарно-турбулентного перехода в высокоскоростных потоках, основанная на концепции перемежаемости;

- разработана новая вычислительная модель и программное обеспечение для расчета потоков высокой энергии с использованием неструктурированных сеток и распараллеливания на основе MPI и структуры данных DMPLex.

Достоверность результатов исследований обеспечена:

- разработкой адекватных физико-математических моделей на основе использования фундаментальных законов сохранения механики жидкости и газа, а также законов сохранения химического равновесия и химической кинетики;

- обеспечением устойчивости и сходимости используемых численных методов;

- согласованием результатов численного моделирования с результатами экспериментальных и расчетно-теоретических исследований других авторов.

Практическая значимость диссертационной работы, по нашему

мнению, состоит в том, что методы, предложенные в данной работе, позволяют существенно повысить точность расчета газодинамических параметров и характеристик излучения высотных струй летательных аппаратов благодаря учету термической неравновесности, турбулентности и перехода к ней, а также моделирование переноса излучения в газе и разреженных средах.

Созданная на основе предложенных подходов комплексная математическая модель учитывает различные факторы, влияющие на высокоскоростной поток, и позволяющие рассчитывать характеристики излучения при взаимодействии набегающего потока с обтекаемыми объектами при различных углах потока.

Результаты, представленные в диссертации, могут быть также использованы для теплового и газодинамического проектирования летательных аппаратов.

Содержание автореферата соответствует специальности 1.3.14.

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 44 печатных работах, включающих 2 монографии и 17 статей в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК по научной специальности диссертации.

В автореферате имеются некоторые недостатки. К ним относятся:

- автором используется уравнение переноса излучения без учета рассеяния, однако в автореферате нет пояснений относительно обоснованности данного подхода;
- в автореферате недостаточно четко сформулирована научно-техническая проблема диссертации;
- приведено относительно небольшое количество примеров успешного применения разработанных методов на практике;
- в автореферате недостаточно четко отмечены ограничения разработанной модели и методов. Это необходимо для понимания, в каких ситуациях они работают наилучшим образом, а в каких могут давать менее точные результаты.

Указанные замечания не имеют принципиального значения и не снижают высокого научного уровня диссертационной работы Д.С. Янышева.

В целом диссертационная работа Д.С. Янышева на тему «Математическое моделирование высокоэнергетических потоков для теплового и

газодинамического проектирования в аэрокосмической технике» представляет законченную научно-квалификационную работу, которая вносит существенный вклад в развитие методов математического моделирования высокоэнергетических потоков, полностью соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, ред. от 16.10.2024), предъявляемых к докторским диссертациям.

Автор диссертационной работы Янышев Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

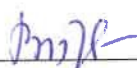
Доктор технических наук,
старший научный сотрудник,
заместитель генерального директора,
начальник тематического конструкторского бюро

« 29 » 01 2025 г.

 Д.Ц. Литовченко

Кандидат технических наук,
заместитель начальника лаборатории

« 29 » января 2025 г.

 В.В. Прокофьева

Подписи Д.Ц. Литовченко и В.В. Прокофьевой заверяю:
Ученый секретарь НТС АО «Корпорация «Комета»,
кандидат технических наук

« 30 » января 2025 г.



В.Н. Тучин

Почтовый адрес: 115068, г. Москва, ул. Велозаводская, д. 5