



Госкорпорация «Роскосмос»
Федеральное казенное предприятие
«Научно-испытательный центр
ракетно-космической промышленности»



ФКП «НИЦ РКП»

Бабушкина ул., 9 д., г. Пересвет,
Сергиево-Посадский городской округ,
Московская область,
Российская Федерация, 141320
Тел. (496)546-3321;
факс (496)546-7698; телекс 846246 АГАТ;
e-mail: mail@nic-rkp.ru
ОГРН 1025005328820; ОКПО 07540930;
ИНН/КПП 5042006211/504201001

12.02.25 № 458-637

В диссертационный совет
24.2.327.06 при МАИ

125993, г. Москва, Волоколамское
шоссе, д. 4



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор

П.Н. Савчук

2025 г.

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

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»

При проектировании аппаратов космического назначения все чаще
применяются методы вычислительной гидродинамики. Для этого в основном
используются коммерческие коды с методами решения уравнений Навье-
Стокса. За пределами применимости этих методов часто приходится
создавать и математический аппарат, и писать на его основе собственный
код.

Существует проблема математического моделирования физических
процессов происходящих при входе космических аппаратов в атмосферу.
Изменение в большом диапазоне скоростей различных физико-химических
процессов и газодинамической скорости приводит к термической

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«19» 02 2025 г.

химической неравновесности. Расчет переходных течений от сплошной среды к свободно-молекулярному течению требует больших компьютерных ресурсов. Моделирование турбулентности с учетом неізотропности турбулентности и сжимаемости газа требует дополнительного изучения. Методы расчета излучения для разряженных газов с линейчатым спектром в состоянии термической неравновесности также развиты недостаточно.

В диссертационном исследовании Янышев Дмитрий Сергеевич установил взаимосвязи различных физических эффектов, возникающих в высокоэнергетических потоках в рамках механики сплошной среды (явления переноса в разряженном газовом потоке, термическая и химическая неравновесность, явление турбулентности и ее возникновение, излучение и его перенос в газовой среде), их влияние друг на друга и тем самым сформулировал полностью связанную систему уравнений динамики высокоэнергетических газовых потоков в произвольной системе координат. Решение проблемы учета комплекса возможных изменяющихся с высотой факторов, влияющих на характеристики внутренних и внешних течений и их взаимного влияния имеет высокую степень актуальности и важное практическое применение.

В диссертационном исследовании Янышев Д.С. создал комплексную математическую модель, объединяющую в себе решение большинства проблемных вопросов высокоскоростных потоков (моделирование разряженных потоков, моделирование термической неравновесности, моделирование турбулентности и перехода к ней, моделирование переноса излучения в газе) и позволяющую прогнозировать возникновение различных явлений и эффектов в газовом потоке характерного для входа космического аппарата в атмосферу. Вероятно такой математический аппарат нереально объединить с открытыми или российскими коммерческими CFD кодами, поэтому автор на основе конечно-объемного метода в полностью связанной постановке написал собственный код Universe3D для расчета с использованием неструктурированных сеток и распараллеливания на основе MPI. Таким образом, автором создан аппарат математического

моделирования высокоэнергетических термохимически неравновесных потоков газа для последующего использования этих данных в тепловом и газодинамическом проектировании космической техники. Данные решения имеют значимую научную новизну.

С помощью разработанной комплексной математической модели Янышев Д.С. провел серию практических расчетов, направленных на решение задач высокоскоростной аэрокосмической тематики. Сопоставление результатов указанных расчетов с экспериментальными данными показало хорошую степень сходимости. Вычислительные эксперименты показали, что важнейшую роль в решении этих задач играет учет неравновесности физико-химических процессов. Применение разработанной комплексной математической модели позволяет в некоторых случаях существенно увеличить точность расчетов, что подтверждает практическую ценность работы. Кроме того, практическая значимость работы подтверждается результатами внедрения данной математической модели, и вносит значительный вклад в развитие предприятий машиностроительного комплекса.

Наиболее значимые результаты диссертационной работы:

- методика расчета газотермодинамических и излучательных характеристик высокоэнтальпийного и термически неравновесного потока газа, а также количественных характеристик его взаимодействия с поверхностью обтекаемого тела;
- численный метод решения связанной системы уравнений, описывающих химически и термически неравновесное течение газа с жесткими источниками на произвольных геометриях.

Замечаний по тексту автореферата нет.

Материалы, представленные в автореферате диссертационной работы Янышева Д.С. на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Математическое моделирование высокоэнергетических потоков для теплового и газодинамического проектирования в аэрокосмической технике», позволяют сделать вывод, что по структуре, содержанию и объему

на защиту представляется законченная научно-квалификационная работа, посвященная разработке и тестированию математического аппарата для моделирования высокоэнергетических термохимически неравновесных потоков газа, характерных для входа космического аппарата в атмосферу. На основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения и практические рекомендации, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Диссертация соответствует всем обязательным требованиям ВАК, отвечает требованиям п.п 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Янышев Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Начальник ОИСиТИ-458, к.т.н., доцент

И.А. Юрьев

Старший научный сотрудник НИО-510, к.т.н.

В.А. Орлов

Федеральное казенное предприятие «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности»

Адрес: Россия, 141320, Московская обл., Сергиево-Посадский г.о., г. Пересвет, ул. Бабушкина, д. 9, тел. (496)546-33-21, E-mail: mail@nic-rkp.ru.

Юрьев Игорь Анатольевич, начальник отдела интеллектуальной собственности и технической информации, кандидат технических наук, доцент, тел. 8(496)546-33-10

Орлов Владимир Аркадьевич, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, кандидат технических наук

Подписи Юрьева И.А. и Орлова В.А. заверяю.

Директор по персоналу



А.А. Парфенов