

«Утверждаю»

Декан ФАЛТ МФТИ,
д.т.н. профессор

Вышинский В.В.



Отзыв

на автореферат диссертации Д. А. Любимова «Анализ турбулентных струйных и отрывных течений в элементах ТРД комбинированными RANS/LES-методами высокого разрешения», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация Д. А. Любимова посвящена анализу комплекса проблем, связанного с развитием одного из перспективных и актуальных направлений современной газовой динамики – разработкой эффективного, комплексного подхода к численному моделированию на основе схем высокого разрешения для уравнений Рейнольдса с моделями замыкания (УР) и Навье-Стокса в рамках метода крупных вихрей (МКВ) и исследованию на этой основе характеристик и средств управления сложных турбулентных течений в элементах турбореактивных двигателей, точность расчетов которых обычными методами недостаточна. На актуальность темы указывает также количество публикаций в современной мировой научной литературе, посвященных рассмотренным в диссертации вопросам.

В диссертации представлены и обоснованы используемые в работе методы разностной аппроксимации и численного решения, а также модели замыкания и подсеточные модели (Гл. 1); изучены возможности их применения к расчетам прямоугольных и пристеночных струй, сквозному расчету течений в соплах и истекающих до- и сверхзвуковых струях (Гл. 2). Рассмотрены методы пассивного и активного (шевроны, газодинамические шевроны) управления течением в струях, истекающих из сопел различного типа при изменении параметров (Гл. 3). Исследовано влияние окружающих элементов самолетной конструкции (пилон, крыло с закрылками) и режима

полета на характеристики струй, вытекающей из двухконтурных сопел турбореактивных двигателей (Гл. 4); проанализированы особенности течений в S-образных диффузорах при изменении скорости на входе (Гл. 5); изучены возможности применения синтетических струй для управления течениями с отрывом потока в элементах ТРД.

В работе Д.А. Любимова представлен весьма впечатляющий объем исследований и получено большое количество новых и практически значимых научных результатов, среди которых следует отметить следующие.

Разработаны оригинальные и эффективные варианты методов расчетов на основе различных комбинаций уравнений Рейнольдса и Навье-Стокса (МКВ), позволяющие решать широкий круг прикладных задач современной газовой динамики. В ряде случаев результаты применения этих методов можно рассматривать как результаты прямого численного моделирования, хотя получены они на сетках умеренной размерности. Так, результаты расчетов параметров турбулентности пристеночной и прямоугольной струй были использованы при разработке анизотропной модели турбулентности, пригодной для расчетов распространения выхлопных струй вдоль взлетной полосы. Исследовано влияние параметров на срезе сопел различного типа на характеристики ближнего поля течения в истекающих струях. Получены оценки существенного влияния окружающих элементов конструкции самолета (пилон, крыло) и режима полета на характеристики выхлопных струй ТРД. Показана возможность трансформации двумерного течения на входе в S-образный диффузор в пространственное течение на его выходе; получено, что с помощью небольших возмущений потока на входе можно управлять неоднородностью течения на выходе. Определены геометрические и газодинамические параметры синтетических струй, позволяющие улучшить характеристики течения на выходе из диффузоров различного типа.

Достоверность полученных результатов подтверждается их широким сравнением с экспериментальными данными и расчетами других авторов.

Это позволяет судить о высокой степени надежности и верификации разработанных подходов, которые, как представляется, могут быть эффективно использованы для проведения как фундаментальных, так и прикладных исследований в области газовой динамики ТРД в НИИ и КБ.

В качестве замечания следует указать на частое и неоправданное использование в автореферате английской аббревиатуры различных понятий, которые имеют совершенно ясный смысл в русском языке: RANS – уравнения Рейнольдса, LES – метод крупных вихрей, DES – метод отсоединенных вихрей и т.д., что затрудняет чтение и понимание изложенных результатов.

В целом, полученные в работе результаты можно характеризовать как крупный вклад в газовую динамику турбулентных течений.

Судя по автореферату, работа Д.А. Любимова в полной мере удовлетворяет требованиям ВАК к докторским диссертациям, а ее автор – Д.А. Любимов – несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Профессор кафедры теоретической
и прикладной аэромеханики ФАЛТ МФТИ,
доктор физико-математических наук



В.И. Шалаев

Шалаев Владимир Иванович
Факультет аэромеханики и летательной техники
Московский физико-технический институт
140182 Московская область, г. Жуковский, ул. Гагарина, 16, ФАЛТ МФТИ
Телефон: (495)556-49-80
Эл.почта: shalaev@falt.ru