

ОТЗЫВ научного руководителя

о диссертационной работе Шорстова Виктора Александровича
«Разработка метода расчета шума элементов авиационных силовых
установок с использованием зонного RANS-IDDES подхода»,

представленной на соискание учёной степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и
плазмы

Шорстов Виктор Александрович пришел на работу в ФГУП «ЦИАМ им. П.И.Баранова» в 2000 г. после окончания Московского авиационного института по специальности «Прикладная математика» на должность инженера и был подключен к работе по развитию программного комплекса (ПК) Cobra, созданного в 2000 – 2003 гг. в ЦИАМ для решения задач аэродинамики в интересах самолетостроительных и двигателестроительных предприятий авиационной промышленности. Благодаря усилиям Шорстова В.А., направленным на повышение точности базового численного метода и учету вязкости в постановке RANS, к 2006 году достоверность результатов, получаемых с использованием этого ПК для многих задач, решаемых в ОКБ, была не хуже, чем при использовании основных в тот период коммерческих программ (Fluent, CFX и др.). С использованием ПК Cobra Шорстовым В.А. были самостоятельно решены сложные и, зачастую, уникальные прикладные задачи, требующие расчета нестационарного течения в многоступенчатых компрессорах (предсказание флаттера рабочих лопаток вентиляторов, анализ влияния входной неравномерности на уровень напряжений в рабочих лопатках вентиляторов и компрессоров, анализ причин повышенного уровня вибронпряжений в рабочих лопатках компрессора высокого давления и др.). Наряду с активной производственной деятельностью, Шорстов В.А. с 2001 года обучался в заочной аспирантуре ЦИАМ, которую окончил в 2006 году.

Новый период научной деятельности Шорстова В.А. начался в 2013-2014 гг., когда стало очевидным, что потенциал развития численного метода, лежащего в основе ПК Cobra, для решения новых задач (тонкие явления в

отрывных течениях, в слоях смешения, явление вращающегося срыва, течение в радиальных зазорах, моделирование структуры турбулентности, генерация и распространение акустических возмущений и др.) исчерпан. Как следствие этого вывода, внимание Шорстова В.А. было обращено на класс конечноразностных схем типа MP (Monotonically Preserved) повышенного порядка аппроксимации и на вихреразрешающие методы моделирования турбулентности с целью разработки нового численного метода для расчета с повышенным уровнем достоверности и быстродействия шума элементов силовых установок. Определяющее влияние на научное мировоззрение Шорстова В.А. в этой области оказали работы специалистов группы Михаила Хаимовича Стрельца и курсы повышения квалификации, проводимые его коллегами с Санкт-Петербургском политехническом институте. Благодаря накопленному ранее опыту работы с численными методами и моделями турбулентности, удивительной способности к глубокому анализу аэродинамических явлений, неординарному умению сформулировать постановку задачи, отражающую суть изучаемого явления, и правильно интерпретировать получаемые результаты, а также быстрому и глубокому усвоению новых знаний, Шорстов В.А., после проверки и калибровки развиваемого численного метода на традиционных модельных задачах (распад изотропной турбулентности, развитое турбулентное течение в плоском канале и др.), перешел к решению задач аэроакустики. При этом упор был сделан на разработку зонной RANS-LES методики с использованием генераторов синтетической турбулентности, позволяющей рассчитывать акустические характеристики объектов, генерация шума которыми происходит в результате взаимодействия неравномерного потока с пограничными слоями и слоями смешения, что относится к наиболее сложным задачам вычислительной аэроакустики.

Первой в этом ряду была успешно решена задача о шуме задней кромки изолированного симметричного профиля NACA0012, характеризующаяся дополнительными сложностями, связанными со сравнительно невысоким

сравнительно невысоким общим уровнем шума и зависимостью механизма его генерации от состояния пограничного слоя на профиле. Затем, после дополнительного тестирования численного метода на примере общеизвестной модельной трансзвуковой струи, истекающей из круглого сопла, был рассмотрен класс задач о шуме до- и сверхзвуковых струй истекающих из сопел с прямоугольным поперечным сечением, с примыкающими к ним дополнительными поверхностями. Практическая значимость этих задач связана с актуализацией темы создания в 2025-2030 гг. сверхзвуковых гражданских самолетов нового поколения, выходные устройства которых с большой вероятностью будут относиться к упомянутому выше классу, и, в силу экологических ограничений для условий взлета и посадки, их шум будет критическим проектным фактором. Принципиальной особенностью задач рассмотренного класса является наличие в спектрах шума заметных тоновых составляющих, связанных с различными механизмами автоколебаний. В рамках исследований был выявлен один из таких механизмов, определяемый положительной обратной связью между изменением статического давления на внутренних стенках выходного устройства и поперечным смещением слоя смешения, возникающей при дозвуковом перепаде давления на сопле. При этом предсказанная до проведения экспериментов частота автоколебаний совпали с измеренной основной частотой тона. Перечень практически ориентированных аэроакустических задач, рассмотренных в диссертации, завершает задача о широкополосном шуме модельной вентиляторной ступени турбореактивного двухконтурного двигателя большой степени двухконтурности (~ 8). В силу того, что эта задача относится к высшей категории сложности, представленные в диссертации результаты не являются исчерпывающими. Автором был рассмотрен только посадочный режим работы вентилятора с пониженной частотой вращения, когда тоновая составляющая шума практически отсутствует. Постановка задачи (рассматривалась только часть газоздушного тракта вентилятора)

сетке и проводить детальные сопоставления расчетных и известных по открытым публикациям экспериментальных спектров акустической мощности во входном и выходном сечениях тракта и структур различных мод акустических возмущений, которые подтвердили физическую адекватность результатов расчетов, а степень их совпадения с экспериментальными данными по ряду важных деталей превосходила известную по крайне ограниченному числу зарубежных публикаций последнего времени на эту тему.

Учитывая вышесказанное, считаю, что диссертация Шорстова Виктора Александровича заслуживает самой высокой оценки, а ее автор - присуждения учёной степени кандидата физико - математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Научный руководитель:

кандидат физико - математических наук, старший научный сотрудник, начальник отдела моделирования ГТД и информационной поддержки разработок ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. В.П.Баранова»,

Макаров Владимир Евгеньевич

Отзыв составлен «26» февраля 2021 г.

Подпись руки Макарова В.Е. заверяю,

ученый секретарь ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И.Баранова»,



Джамай Екатерина Викторовна

Адрес: ул. Авиамоторная д.2, г. Москва, Россия, 111116.

Телефон: +7(495) 362-40-25

Адрес электронной почты: vmakarov@ciam.ru.