

О Т З Ы В

на автореферат диссертации

Гарбарука Андрея Викторовича

на тему «Численное моделирование и анализ устойчивости пристеночных турбулентных течений», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Основной целью диссертационной работы Гарбарука А.В. является усовершенствование методов моделирования пристеночных турбулентных течений и применение разработанных методов для решения прикладных задач. Теоретическая и практическая значимость работы не вызывает сомнений, поскольку проблема моделирования турбулентных течений является одной из немногих до сих пор нерешенных проблем механики жидкости и газа.

В диссертации представлены результаты систематических численных исследований широкого круга пристеночных течений, с использованием оригинальных разработанных математических моделей и методов. Представлен комплекс пионерских исследований, посвященных линейному анализу устойчивости стационарных решений уравнений Рейнольдса, включающий как построение соответствующих методов и вычислительных алгоритмов, так и их применение для определения условий возникновения трансзвукового бафтинга крыла.

Предложен ряд оригинальных модификаций SA и SST RANS моделей турбулентности для расчета пристеночных турбулентных течений, предназначенных для повышения точности расчета течений, в которых существенную роль играет анизотропия рейнольдсовых напряжений. Также представлены модификации данных моделей для учета влияния кривизны линий тока и вращения потока. Предложены важные усовершенствования существующих гибридных вихреразрешающих RANS-LES подходов к моделированию турбулентности. Представлена новая гибридная конечно-объемная схема для аппроксимации невязких составляющих векторов газодинамических потоков в рамках глобальных гибридных RANS-LES подходов, одновременно обеспечивающая устойчивость алгоритма и высокую точность разрешения турбулентных вихревых структур при расчете как присоединенных, так и отрывных пристеночных течений.

С использованием гибридных вихреразрешающих RANS-LES подходов получены новые данные об аэродинамических/аэроакустических характеристиках ряда сложных пристеночных течений. Разработан новый зонный RANS-DNS-IDDES подход. Предложен новый подход к анализу

глобальной устойчивости турбулентных течений, базирующийся на линейном анализе устойчивости стационарных решений уравнений Рейнольдса, и разработаны соответствующая экономичная методология и численные алгоритмы, с помощью которых определены параметры потока, отвечающие началу трансзвукового бафтинга прямого и стреловидного крыльев бесконечного размаха.

Что касается оценки достоверности полученных автором обсуждаемой диссертации теоретических и численных результатов, то можно согласиться с тем, что их обоснованность и достоверность обеспечивается высокопрофессиональным использованием современного математического аппарата механики жидкости и вычислительной математики, а также подтверждается результатами сопоставления получаемых решений с известными данными.

Результаты, изложенные в диссертации, опубликованы с необходимой полнотой в авторитетных научных изданиях. Личный вклад автора указан четко и хорошо известен научной общественности, так как материалы диссертации представлялись на конференциях и семинарах высокого уровня.

Замечания, возникшие при чтении автореферата таковы:

1. Автореферат совсем не содержит описания разработанных моделей в формульном виде, надо было привести хотя бы основные модификации известных моделей (SA, SST).
2. Мало внимания уделено проблеме выбора и исследованию эффективности работы существующих подсеточных моделей турбулентности, функционирующих в LES области. Данный вопрос особенно актуален для задач внутренней гидродинамики (течения в гладких трубах), где отсутствуют условия для интенсивной турбулизации потока, обеспечение баланса численной вязкости решения и подсеточной вязкости здесь существенно влияет на результат.
3. В автореферате отсутствует информация по программным решениям, используемым в качестве системы пре-постпроцессинга, включая генерацию сеточных моделей.
4. В автореферате совсем нет информации о способе реализации предлагаемых решений в рамках используемого академического кода. Нет информации об алгоритме распараллеливания (его эффективности) для решения на сетке в 8,3 млрд. ячеек.

Судя по автореферату диссертация Гарбарука А.В. является работой очень высокого уровня. Она безусловно удовлетворяет требованиям, изложенным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» и является научно-

квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей первостепенное значение для развития математических численных методов моделирования сложнейших течений вязкой жидкости в областях различного масштаба с использованием высокопроизводительных вычислительных устройств.

В итоге можно заключить, что диссертационная работа Гарбарука Андрея Викторовича выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией Министерства образования Российской Федерации к докторским диссертациям, а диссертант достоин присуждения ему степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Начальник научно-исследовательского отдела,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» ИТМФ,
доктор физико-математических наук



17.11.20

А.С. Козелков

Подпись А.С. Козелкова заверяю,
учёный секретарь ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ»,
кандидат физико-математических наук



В.В. Хижняков

Сведения об организации: Государственная корпорация по атомной энергии «РОСАТОМ», Федеральное государственное унитарное предприятие РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»); 607188, Нижегородская обл. г.Саров, пр. Мира, д.37, Телетайп 151535 «Мимоза» Факс 83130 29494, E-mail: staff@vniief.ru.