

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гарбарука Андрея Викторовича
«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»

Диссертационная работа А.В. Гарбарука посвящена актуальной теме - развитию расчетных моделей турбулентности и систематическому численному исследованию широкого круга пристеночных течений, представляющие большой методологический и практический интерес при разработке новых образцов летательных аппаратов.

Автором выполнен большой объем исследований по модификации известных полуэмпирических моделей турбулентности; разработке новых гибридных моделей турбулентности; создании технологии применения зонных гибридных RANS-LES подходов; разработке оригинальных схем расчета невязких потоков; программной реализации моделей и методов; всесторонней верификации и апробации созданных алгоритмов и применению разработанных методов для практических задач.

Среди основных результатов диссертационного исследования можно выделить следующие:

1. Предложены оригинальные модификации двух наиболее успешных полуэмпирических моделей турбулентности (SA и SST моделей) для расчета пристеночных турбулентных течений, обеспечивающие повышение точности расчета обтекания аэродинамических профилей при условиях близких к срыву потока и расчета течений с существенной кривизной линий тока.
2. Предложены существенные усовершенствования гибридных RANS-LES подходов, которые включают:
 - новые версии глобальных методов DDES и IDDES на основе $k-\omega$ SST модели;

- новую DES-подобную гибридную RANS-LES модель SST σ -DDES, обеспечивающую значительное ускорение формирования трехмерных разрешаемых турбулентных структур в оторвавшихся слоях смешения;
 - эффективную технологию реализации одностадийного зонного RANS-LES подхода с использованием объемных источников в уравнениях переноса импульса и кинетической энергии турбулентности для генерации турбулентного контента на интерфейсе между RANS и LES зонами, применимую на произвольных, в том числе неструктурированных сетках.
3. Разработана новая гибридная схема для аппроксимации конвективных потоков, обеспечивающая устойчивость алгоритма и высокую точность разрешения турбулентных вихревых структур при расчете как присоединенных, так и отрывных пристеночных течений.
4. Разработан новый зонный RANS-DNS-IDDES подход, с помощью которого проведен расчет трансзвукового обтекания выпуклости на цилиндрической поверхности, сопровождающегося формированием скачка уплотнения с последующим отрывом и присоединением пограничного слоя.
5. Предложен новый подход к анализу глобальной устойчивости турбулентных течений, базирующийся на линейном анализе устойчивости стационарных решений уравнений Рейнольдса. Для реализации этого подхода создан комплекс вычислительных алгоритмов и программ для определения условий возникновения и развития глобальной временной и пространственной неустойчивости в двумерных и трехмерных турбулентных потоках. С использованием созданного программного обеспечения получены новые результаты, касающиеся условий возникновения трансзвукового бафтинга на прямых и стреловидных крыльях.

Достоверность приведенных в диссертационной работе результатов подтверждается теоретическим обоснованием разработанных алгоритмов, сопоставлением расчетов с аналитическими решениями, сравнением расчетных данных с данными эксперимента и с результатами полученных по другим расчетным методикам.

К замечаниям, которые не снижают общую положительную оценку работы, можно отнести следующее:

1. Имеются ряд опечаток (стр. 1., стр. 8).

2. Из-за краткости изложения материала в автореферате не обсуждаются вопросы качества сетки и ее влияние на результаты расчетов турбулентных течений.

В целом, основываясь на публикациях автора и содержании автореферата диссертации, можно сделать вывод о том, что работа Гарбарука Андрея Викторовича является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научно-техническом уровне. В целом работу автора можно классифицировать как существенное развитие важного направления – развитие моделей и методов математического моделирования пристеночных турбулентных течений. По тематике, научному уровню и практической значимости полученных результатов рецензируемая работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а ее автор – Гарбарук Андрей Викторович заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

25 ноября 2020 г.

Главный научный сотрудник ФГУП - «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
доктор физико-математических наук
Дерюгин Юрий Николаевич

Почтовый адрес 607188, г. Саров, Нижегородской обл., пр. Мира, 37 ФГУП - «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Тел. 8 (83130) 2-90-29, E-mail: deryugin@vniief.ru

Организация – место работы: Федеральное государственное унитарное предприятие – «Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский Научно Исследовательский Институт Экспериментальной Физики
web-сайт организации: <http://www.vniief.ru/>

Подпись и сведения Дерюгина Юрия Николаевича заверяю:
Ученый секретарь ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
кандидат физико-математических наук
Хижняков Владимир Васильевич

