

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Стручкова Андрея Викторовича
на тему «**Повышение эффективности трехмерного численного моделирования
сверхзвуковых течений при конечно-объемной дискретизации на
неструктурированных сетках**», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика
жидкости, газа и плазмы

Диссертационная работа Стручкова Андрея Викторовича посвящена развитию методов численного моделирования сверхзвуковых течений на основе решения уравнений Навье-Стокса. Одним из ключевых моментов численного моделирования задач с ударно-волновыми эффектами является точность, устойчивость и монотонность численной схемы, что важно для получения качественной картины течения. Это определяет несомненную актуальность работы.

Направление построения схем повышенного порядка точности на неструктурированных сетках развито достаточно хорошо, однако их использование в прикладных приложениях сильно ограничено. В работе предложена модифицированная схема расчета ограничителей потока и гибридная схема вычисления градиента газодинамических величин. Применение данных схем при расчете на неструктурированных сетках показано на решении ряда характерных задач: сверхзвуковое течение в канале с клином, сверхзвуковое обтекание различных объектов. В работе представлены верификационные расчеты, основанные на сравнении, как с аналитическим решением, так и с экспериментальными данными.

Отдельная глава работы посвящена методу многосеточной инициализации и методу статической адаптации расчетной сетки. Материалы автореферата содержат общую информацию о данных методах, подкрепленную результатами их успешного применения для моделирования сверхзвуковых течений.

Согласно автореферату, все представленные в работе схемы и алгоритмы входят в пакет программ ЛОГОС, где применяются для решения задач аэродинамики в инженерной практике.

Научная новизна диссертационной работы определяется полученными результатами:

1. Исследование ударно-волновой структуры течения при сверхзвуковом обтекании на произвольной неструктурированной сетке, включая описание ударных волн при их отражении и взаимодействии с пограничным слоем, а также характеристики распределения газодинамических величин в зависимости от параметров течения в совокупности со случаями внедрения дополнительных механических элементов.

2. Модифицированная схема расчета ограничителей потока. Константа порога срабатывания модифицированного ограничителя для расчета на произвольных сетках.
3. Гибридная схема расчета градиента газодинамических величин. Весовая функция в гибридной схеме.
4. Метод формирования начальных полей газодинамических величин на основе многосеточной инициализации применительно к неструктурированным расчетным сеткам.
5. Метод статической адаптации расчетной сетки (в том числе и неструктурированной) к особенностям течения, обеспечивающий построение области локального измельчения сложной геометрической формы в автоматическом режиме в соответствии с заданным критерием.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке схем и алгоритмов для повышения точности, и эффективности решения задач по моделированию сверхзвукового обтекания объектов. Получены теоретические и практические результаты по исследованию подходов к моделированию сверхзвуковых течений с использованием неструктурированных расчетных сеток.

Достоверность положений диссертационной работы доказана результатами моделирования на ЭВМ характерных тестовых задач и сопоставления получаемых численных решений с аналитическим решением, данными из литературных источников, а также полученных в результате проведения эксперимента.

Апробация диссертационной работы проведена в рамках докладов на девяти всероссийских и международных конференциях.

Основные положения диссертации представлены в 8 публикациях, включенных в список ВАК и/или входящих в мировые индексы цитирования (SCOPUS, Web of Science), в 9 работах в трудах конференций. Получено 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Для калибровки константы порога срабатывания ограничителя потока и оценки монотонности схемы расчета конвективных потоков выбрана задача о распространении ударной волны в канале. В качестве замечания следует отметить недостаток пояснений по поводу выбора данной задачи. Хотя понятно, что это проблема во много связана с ограниченностью пространства автореферата. Здесь же к замечаниям следует добавить отсутствие исследования применения различных схем конвективного потока. Если говорить о сеточных методах, то в автореферате отсутствует описание математической модели для расчета на последовательности грубых сеток. В заключение отмеченных замечаний добавлю отсутствие требований к вычислительным системам, применяемых для расчета с использованием пакета программ ЛОГОС, в рамках которого выполнена диссертационная работа. Также в автореферате допущена неточность формулировки решаемых систем уравнений: в уравнениях Навье-Стокса отсутствует параметр «турбулентная вязкость». Вероятно, подразумевается система уравнений осреднённых по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса. Помимо этого, в автореферате отсутствует аргументация выбора модели

Спаларта-Алмареса. Также не совсем понятна причина, по которой была выбрана локально-однородная структура сетки, которая используется в областях с измельчениями: вероятно, более рациональным вариантом будет использование анизотропии по направлению к нормали исследуемым структурам ударных волн. Автором также не полностью отражена структура алгоритма адаптации сетки. В частности, предполагается ли уточнение параметров на новых – полученных в рамках адаптированной сетки новых полях.

Однако перечисленные недостатки и замечания могут быть решены, если обратиться к основному тексту работы или к опубликованным материалам, список которых представлен в автореферате (публикации, труды конференций).

Сделанные замечания носят рекомендательный характер, поэтому считаю, что диссертация является завершённой научно-квалификационной работой и удовлетворяет критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ, а ее автор Стручков Андрей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Сергеенко Константин Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Главный специалист отдела теплофизики
АО «НИКИЭТ», к.т.н.

Сергеенко Константин
Михайлович
тел. (499) 263-32-86
e-mail: km.sergeenko@nikiet.ru

27.11.2023

Подпись К.М. Сергеенко заверяю
Учёный секретарь АО «НИКИЭТ»

А. В. Джалавян

Сведения об организации: Акционерное Общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н. А. Доллежала (АО «НИКИЭТ»)

Адрес организации: 107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 3

Телефон: (499) 263-73-37

E-mail: nikiet@nikiet.ru

