

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Чепрасова Сергея Александровича

«Разработка модели турбулентности и исследование особенностей моделирования течения и шума струй со скачками уплотнения на основе методов RANS и LES»,

представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы

Работа Чепрасова С.А. посвящена актуальной проблеме моделирования турбулентных струй сжимаемого газа. Цель представленной работы состоит в совершенствовании современных методов численного моделирования характеристик течения и излучаемого шума для струйных течений со скачками уплотнения. В работе решаются две основные задачи, одна из которых состоит в увеличении точности вычислений на основе метода RANS, другая заключается в повышении эффективности методики LES при расчете шума. В ходе решения первой задачи разработана новая модификация полуэмпирической модели турбулентности, позволяющая увеличить точность RANS расчетов сложных струйных течений со скачками уплотнения характерных для выхлопных струй современных авиационных двигателей.

Новизна полуэмпирической модели состоит в том, что при описании струйных течений со скачками уплотнения методом RANS были учтены особенности взаимодействия турбулентности в слое смешения и падающего скачка уплотнения, путем введения различающихся турбулентных вязкостей в уравнения движения и уравнениях модели турбулентности. В результате решения второй задачи был предложен простой подход к заданию начальной турбулентности внутри сопла, позволяющий снизить погрешности вычислений шума струй на основе LES без значительного увеличения вычислительных затрат, что представляет практическую ценность в условиях проведения массовых расчетов, характерных для конструкторских бюро авиационной отрасли. Впервые было показано, что применения турбулизаторов, расположенных внутри сопла, позволяет увеличить точность расчетов шума струи без значительного увеличения вычислительных затрат. Кроме того, важно отметить, что автору удалось продемонстрировать возможность численного моделирования с помощью

LES тональной компоненты «Screech», характерной для сверхзвуковых струй со скачками уплотнения.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающего 96 наименований.

Во введении дан анализ современного состояния проблемы математического моделирования турбулентности в сжимаемых струйных течениях на основе RANS и LES подходов. Особое внимание уделено приложению LES подхода для расчета выхлопных струй авиационных двигателей.

В первой главе кратко изложены основы численного метода расчета поля течения и шума, который реализован в пакете Fluent и используется автором в данном исследовании. Автор диссертации исследовал возможности метода второго порядка для расчета турбулентных струй. Рассмотрен вопрос о влиянии положения поверхности интегрирования на точность расчета шума методом LES/FWH.

Вторая глава посвящена разработке поправок на сжимаемость в двух моделях турбулентности SST $k-\omega$ и Nut-92. Первоначально автор показывает на примере расчета двух струйных течений, что существующие варианты этих моделей и их модификации для учета сжимаемости недостаточно точно описывают поведение числа Маха и давления вдоль оси струи. Затем автор предлагает поправки к SST $k-\omega$ модели и исследует влияние этих поправок на точность расчета рассмотренных струйных течений. Для модификации Nut-92 модели автор сравнивает поля течений, получаемые при помощи Nut-92 и LES подхода. Показано, что наиболее заметная разница возникает в распределениях давления. Это позволяет автору предложить модификацию определения турбулентной вязкости и показать, что такая модификация повышает точность рассмотренных струйных течений.

В 3 главе моделируются акустические поля турбулентных струй на основе LES/FWH подхода. Приведенные в начале главы результаты расчета четырех струйных течений показывают, что для повышения точности необходимо более аккуратно задавать параметры турбулентности вблизи кромки сопла. Автор предложил несколько типов турбулизаторов, расположенных в пограничном слое сопла, и выбрал наиболее адекватный из них.

Обоснованность и достоверность полученных в работе результатов подтверждается тем, что результаты численного моделирования

сопоставляются с экспериментальными данными и результатами расчетов других авторов.

По итогам можно сделать следующие выводы:

1. Диссертация является актуальной и обладает научной новизной.
2. Научные положения, выносимые на защиту, а также выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются достаточно обоснованными и достоверными.
3. Степень опубликованности научных результатов высокая (7 статей, из них 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов докторских диссертаций);

Рецензируемая диссертационная работа написана доступным языком и содержит лишь небольшое количество опечаток.

Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

Имеется несколько замечаний по диссертационной работе:

1. В работе автор недостаточно четко аргументирует выбор тех или иных вариантов модификации SST $k-\omega$ и Nut-92 моделей турбулентности, что снижает логичность и последовательность изложения материала в диссертации.
2. Автор упоминает, что предложенная им модификация Nut-92 модели турбулентности (параграф 2.4) является универсальной, т.е. применимой и для других моделей. Неясно, почему это утверждение не подтверждено на примере SST $k-\omega$ модели, для которой автор реализовал целый ряд других модификаций (например, приведенных в таблице 2.1).

Отмеченные недостатки не снижают общего высокого уровня диссертации, являющейся законченной научно-технической работой, выполненной на актуальную тему, в которой автором достигнуты серьезные научные результаты. Автор проявил способности к научной работе, решил поставленные задачи квалифицированно, с хорошим знанием вопросов в области моделирования турбулентности и численных методов.

В целом диссертационная работа Чепрасова С.А. «Разработка модели турбулентности и исследование особенностей моделирования течения и шума струй со скачками уплотнения на основе методов RANS и LES»

соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК Министерства образования Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а сам Чепрасов Сергей Александрович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы».

Официальный оппонент

Старший научный сотрудник

Института проблем механики

им. А.Ю.Ишлинского РАН

к.ф.-м.н.



И.А. Крюков

Подпись официального оппонента заверяю

Ученый секретарь ИИМех РАН

к.ф.-м.н.



Е.Я.Сысоева

Дата

1. Крюков Игорь Анатольевич
2. 127422 Москва, Тимирязевская ул. 18/1, 40
3. 8-495-301-3881
4. kryukov@ipmnet.ru
5. Института проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, с.н.с.