

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Чепрасова Сергея Александровича «Разработка модели турбулентности и исследование особенностей моделирования течения и шума струй со скачками уплотнения на основе методов RANS и LES»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация Чепрасова С.А. посвящена вопросам, связанным с численным моделированием струйных течений. В работе предложена модификация модели турбулентности ν_T -92, позволяющая более точно воспроизводить структуру скачков уплотнения в струе с помощью статистического моделирования. Также в рамках диссертации уделено внимание проблемам моделирования струй в нестационарной постановке с помощью вихререзающих подходов, оценке их аэроакустических характеристик в дальнем поле.

Стоит отметить, что проблемы, рассмотренные в работе Чепрасова С.А., весьма актуальны. Это обусловлено тем, что в условиях интенсивного развития вычислительной техники и численных методов математическое моделирование становится серьезным и достаточно надёжным инструментом для исследования. Тем не менее, широкому внедрению математического моделирования в приложения авиационной промышленности все еще мешает целый ряд проблем, исследованию и частичному решению которых, как раз, и посвящена диссертация Чепрасова С.А.

Автореферат написан последовательно и достаточно ясно. В нем раскрыты цели и задачи работы, ее актуальность, научная новизна и практическая ценность. Сначала автором кратко описаны математические модели и численные методы, используемые в рамках диссертационной работы. Далее автор раскрывает процесс разработки модификации модели турбулентности ν_T -92, которая позволяет более точно моделировать течение струй со скачками уплотнения. В конце автор исследует возможность повышения точности предсказания шума с помощью подхода LES-моделирования струи на грубой сетке.

К числу положительных сторон диссертационной работы Чепрасова С.А. стоит отнести её направленность на улучшение технологичности численного моделирования струйных течений, то есть возможности производить необходимые расчеты за разумное время без привлечения слишком больших вычислительных ресурсов. Это особенно актуально для промышленных предприятий и конструкторских бюро, где чрезвычайно важен выбор решения в кратчайшие сроки.

В качестве замечаний и вопросов можно отметить следующие.

1. В автореферате указано, что в качестве подсеточной LES модели использовалась модель Смагоринского с константой $C=0.01$. При этом для аппроксимации конвективных членов бралась достаточно диссипативная схема, в которой численная вязкость превосходила подсеточную, модельную. В автореферате не дано никаких пояснений, чем определен такой выбор результирующей искусственной вязкости, а также выбор константы Смагоринского (почему, например, не 0.001).
2. Из Рис. 6 видно, что моделирование на более подробной сетке привело к худшему предсказанию осреднённых уровней пульсаций давления по сравнению аналогичными результатами на грубой сетке. Это достаточно неожиданный факт, вызывающий подозрения в завышенном уровне пульсаций, моделируемом предложенным методом, и снижении этого уровня только за счет огрубления сетки и введения дополнительной численной вязкости. В этом смысле, согласование результатов на грубой сетке с экспериментальными результатами можно рассматривать как случайное и не имеющее физического смысла.

3. Употребление на стр. 19-20 такого определения, как «прямой численный метод расчёта шума струи», под которым подразумевается совместное использование LES и FWH методов, является терминологически неточным, так как под этим в литературе обычно понимается прямой расчет шума без использования FWH метода, что в английском языке обозначается DNC (Direct Noise Computation).
4. Судя по автореферату, размеры турбулизаторов течения в сопле (Рис. 8), представляются достаточно крупными. Это может существенно повлиять на аэродинамические характеристики течения в сопле, в частности, площадь сечения сопла, скорость на выходе из сопла и однородность струи. Таким образом, численно исследуемое течение может существенно отличаться от экспериментального. Также непонятно значительное завышение уровней шума на числах Струхалия от 0.7 до 1.3 для течения без турбулизаторов (Рис. 9). В представленных на Рис. 9 спектрах, построенных по результатам расчетов, отсутствует или слабо видна ярко выраженная в эксперименте тоновая составляющая шума.
5. В автореферате на стр. 22-23 сделаны достаточно пессимистичные выводы о возможности корректного моделирования турбулентных струй в окрестности кромки сопла (а, значит, и струй в целом) с помощью современных методов на современных вычислительных системах. Здесь хочется добавить оптимизма, отметив, что в последнее время достигнуты достаточно неплохие результаты, позволяющие на основе вихререзающих подходов и введения синтетической турбулентности достаточно корректно моделировать турбулентный пограничный слой и течения как с ярко выраженным, так и со слабым отрывом.

На наш взгляд, высказанные замечания не являются критичными и не умаляют достоинств проделанной работы. Автором в полной мере продемонстрирована высокая квалификация по избранной специальности, а сама диссертационная работа заслуживает высокой оценки.

Судя по автореферату, диссертационная работа по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы – полностью соответствует критериям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Чепрасов С.А. заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

К.ф.-м.н., м.н.с.

Института прикладной математики
им. М.В.Келдыша РАН



А.П.Дубень

Д.ф.-м.н., ст.н.с., зав. сектором

Института прикладной математики
им. М.В.Келдыша РАН



Т.К. Козубская

Подписи Т.К. Козубской и А.П. Дубеня заверяю,
ученый секретарь ИПМ им. М.В.Келдыша РАН,

к.ф.-м.н.



А.И. Маслов