

## Отзыв на автореферат диссертации

Лаптева Игоря Вячеславовича

«Исследование пространственных вязких течений в каналах сложной конфигурации»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности: 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертационная работа Лаптева Игоря Вячеславовича «Исследование пространственных вязких течений в каналах сложной конфигурации» посвящена разработке метода моделирования трехмерных вязких течений в каналах, соплах и сопловых насадках ракетных двигателей.

Актуальность работы определяется вопросами прогнозирования характеристик ракетных двигателей на различных режимах их функционирования. Ракетные двигательные установки на твердом и жидком топливе работают в достаточно жестких условиях – высокие давления и температуры, наличие агрессивной среды. Поэтому вопросы, связанные с прогнозированием динамических и тепловых нагрузок на различные элементы ДУ, представляют большой практический интерес.

Диссертационная работа содержит результаты расчетных и экспериментальных исследований течений в поворотных соплах и в донных насадках многосопловых ДУ и анализ этих результатов.

В работе предложен метод численного моделирования трехмерных вязких течений, базирующийся на методе крупных частиц Белоцерковского и Давыдова, модифицированный для расчетов на стыковочных сетках. Кроме того, предложен механизм реализации модели турбулентной вязкости Болдуина-Ломакса в рамках используемого численного метода. На основе разработанных методик и алгоритмов создан пакет программ для моделирования пространственных вязких течений в каналах сложной конфигурации.

В работе получены результаты по моделированию течений в поворотном управляющем сопле (в том числе при истечении газа в область повышенного противодавления) и в донных насадках многосопловых ДУ.

Для подтверждения полученных результатов расчетов и верификации разработанных численных методов в работе представлено большое количество экспериментальных данных по моделированию течений в поворотных соплах и донных насадках многосопловых ДУ на различных режимах их функционирования. Большая часть этих данных достаточно хорошо согласуется с результатами расчетов.

Из недостатков работы можно отметить следующие:

1. Судя по рис. 12, формулировка вывода о влиянии степени нерасчетности (представленного в автореферате под номером 4: «Полученные экспериментальные данные согласуются с результатами расчета») является слишком расплывчатой. Этот вывод можно признать обоснованным лишь в том случае, если имеется ввиду *качественное* соответствие (в том, что «происходит заметное снижение управляющего усилия»), поскольку угловой коэффициент исследуемой зависимости при малых степенях нерасчетности в расчете получился примерно в 3 раза больше, чем в эксперименте.

2. Для обоснования части вывода №6 (об оптимальной длине насадка) проведено слишком малое число расчетов (всего одна расчетная точка справа от оптимума); впрочем, это практически не влияет на обоснованность другой части этого вывода (о том, что «максимальное относительное усилие, создаваемое насадком, составляет 0,5-0,7%»).

3. Хотя во вводной части автореферата утверждается, что «достоверность результатов подтверждается ... результатами других расчетов», о сравнении с другими расчетами в основном содержании автореферата не упоминается. Также нет указаний на то, чем именно защищаемый «новый метод задания граничных условий на поверхностях сложной пространственной конфигурации» отличается от аналогичных методов, применяемых в других современных газодинамических пакетах (например, от метода подсеточного разрешения геометрии в отечественном пакете FlowVision). Если конкретизации этих двух вещей отсутствуют также в тексте диссертации, это следует отнести к недостаткам работы.

Тем не менее, указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов.

Работа базируется на достаточном количестве примеров, и проведена на высоком научном уровне. Достоверность полученных результатов подтверждена сравнением с экспериментальными данными.

### **Заключение**

Судя по автореферату, диссертация Лаптева И.В. представляет собой законченную работу, выполненную на высоком уровне, отвечающую требованиям ВАК, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Кандидат физико-математических наук, доцент  
кафедры вычислительной математики  
Московского физико-технического института

А. В. Евдокимов

Подпись Евдокимова А. В. удостоверяю  
Ученый секретарь МФТИ

Ю.И. Скалько

