

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе

Крапошина Матвея Викторовича

«Математическое моделирование сжимаемых течений с использованием

гибридного метода аппроксимации конвективных потоков»,

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы

и комплексы программ

Численное моделирование течений при числах Маха, меняющихся в значительном диапазоне, включающем в себя как дозвуковые, так и сверхзвуковые области, ставит перед исследователем актуальную проблему выбора метода решения: необходимо использовать либо неявные или полунеявные методы с относительно большим шагом по времени, либо явные методы, но с существенно меньшими шагами по времени. Например, неявные методы, основанные на идее расщепления по физическим процессам, показали свою эффективность при решении задач для полностью несжимаемых или слабосжимаемых сред, в то время как для случая сжимаемых течений предпочтение обычно отдаётся явным методам гудуновского типа.

Дополнительную сложность выбору метода решения задачи придаёт вопрос, связанный с возможностью модификации имеющейся реализации метода в случае изменения постановки задачи, т.е. исходной системы уравнений. Для некоторых явных методов гудуновского типа или методов, основанных на расщеплении, достаточно изменения выражения для вычисления скорости звука, в то время как для полностью неявного метода гудуновского типа требуется пересмотр всех аппроксимирующих выражений.

Автором диссертации предложен компромиссный подход, объединяющий возможности полунеявных методов типа PISO/SIMPLE и явных гудуновских методов (схема Курганова – Тадмора). Разработанный новый метод позволяет с одной стороны рассматривать течения в широком диапазоне чисел Маха без измельчения шага по времени в дозвуковых областях по сравнению с явными характеристическими методами и при этом

обеспечивает монотонность решения, которая свойственна явным методам годуновского типа. При этом метод достаточно универсален и позволяет моделировать течения различных сред (однофазных, многокомпонентных, двухфазных и др.) без принципиального изменения аппроксимирующих соотношений и с минимальной модификацией алгоритма интегрирования.

Проблема, рассмотренная в диссертационной работе М.В. Крапошина, имеет как фундаментально-теоретическое значение, поскольку касается вопросов разработки новых численных методов, так и ярко выраженный прикладной характер, а задачи, решённые в ходе выполнения исследования, нашли применение в контрактных и плановых работах ИСП РАН. Научная новизна работы заключается в разработке гибридного метода для решения актуальных задач газодинамики сжимаемых течений. Практическую ценность диссертации составляет разработанный комплекс программ, доказавший свою эффективность и нашедший применение при решении практических задач коллективом ИСП РАН, а также другими коллективами в России и за рубежом.

Основные научные результаты, полученные диссертантом, следующие.

1. Гибридный метод аппроксимации потоков на основе метода расщепления типа PISO/SIMPLE и метода годуновского типа — схемы Курганова-Тадмора. Метод включает в себя процедуру последовательного решения неявных дискретных аналогов балансных уравнений переноса, описывающих движение среды, и совместное использование двух подходов к вычислению потоков — метода расщепления и метода годуновского типа.

2. Реализация гибридного метода в виде набора самостоятельных приложений-«решателей», позволяющих исследовать течение однофазных, многокомпонентных или двухфазных сжимаемых сред, в том числе с учётом подвижности внешних границ расчётной области.

3. Математическая модель гидродинамики двухфазного потока водокольцевого насоса в сжимаемом приближении с учётом немонотонной нелинейной зависимости скорости звука от состава смеси. Результаты расчётов течений двухфазной сжимаемой смеси с использованием разработанных моделей показали, что даже при достаточно низких скоростях среды могут возникать явления, характерные для сверхзвуковых режимов.

По теме работы автором опубликовано 5 работ, из них 4 — в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий

международных системах цитирования. Работа прошла апробацию на семинарах, международных конференциях и НТС.

Исходный код разработанных программ реализован по лицензии GPL и находится в открытом доступе, что позволило воспользоваться результатами работы сторонним коллективам.

Учитывая сказанное, считаю что диссертация М.В. Крапошина представляет собой законченную работу, выполненную на высоком научном уровне, отвечает требованиям Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, а её автор Крапошин Матвей Викторович безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель,
Научный руководитель ИСП РАН,
академик РАН,
доктор физико-математических наук,
профессор



В.П. Иванников

Подпись В.П. Иванникова заверяю
Учёный секретарь ИСП РАН,
кандидат физико-математических наук



Н.В. Пакулин

"20" 11 2016 г.