

**Отзыв научного руководителя на диссертацию В.Г. Кондакова
«О модификациях схемы КАБАРЕ для многомерных задач газовой динамики»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ**

Тема диссертации - разработка эффективных алгоритмов для решения уравнений газовой динамики является чрезвычайно актуальной. В частности, ее актуальность обусловлена всё более широким использованием вычислительного эксперимента в задачах аэродинамики и аэроакустики в промышленности, где, с учетом развития вычислительной техники, все большую роль играет использование методов расчета на основе вихреразрешающих моделей (DES, LES). Ведущие производители авиационных двигателей, такие как Роллс-Ройс и Дженерал Электрик, объявили о планирующемся сокращении дорогостоящих натурных экспериментов и переходе к более полному использованию вихреразрешающих методов при проектировании своих будущих конструкторских разработок. В такого рода нестационарных моделях ключевым элементом являются эффективные вычислительные алгоритмы для решения уравнений газовой динамики. В рамках совершенствования такого рода алгоритмов в настоящей диссертации взята за основу схема Кабаре (Самарский & Головизнин, Мат.Модел. 1998; Goloviznin & Karabasov, J.Comp.Phys. 2009): предложена модификация базового алгоритма от одномерных до трехмерных задач газовой динамики, разработана параллельная версия схемы для проведения сквозных расчетов в вихреразрешающем режиме, и проведены тестовые расчеты с учетом сравнения с экспериментом.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

В первой главе приводится схема Кабаре для одномерной газовой динамики на неравномерной сетке. Введены консервативные и потоковые переменные для аппроксимации основополагающих уравнений в консервативной и квазилинейной форме записи. Для вычисления потоковых переменных на новом слое используется метод характеристической декомпозиции решения на локальные инварианты Римана. Вкладом автора здесь является введение усовершенствованной процедуры реконструкции потоковых переменных в случае возникновения звуковых точек.

Вторая глава посвящена обобщению схемы Кабаре, с учетом модифициций описанных в первой главе, на решение уравнений газовой динамики на двумерных ортогональных сетках. Рассмотрены примеры тестовых расчетов как для задач вихревой динамики, так и в задачах при наличии ударных волн.

Третья глава диссертации посвящена обобщению схемы Кабаре на трехмерные ортогональные сетки для решения уравнений Навье-Стокса. Автором реализована соответствующая трехмерная программа на языке Фортран. Наряду с последовательной программой также реализована ее параллельная версия. Проведен ряд верификационных расчетов, включающих расчет полностью установившегося течения Пуазейля в канале в вязком режиме а также задачу моделирования обтекания обратного уступа турбулентным потоком в вихре разрешающем режиме. Проведено сравнение с экспериментом.

В четвёртой главе предложено обобщение схемы Кабаре на произвольные гексагональные сетки. Подробно рассмотрена процедура характеристической декомпозиции в локальном криволинейном базисе координат. Приведены примеры как для уравнений Эйлера, так и для уравнений слабосжимаемого газа.

Алгоритмы, разработанные в четвертой главе, в пятой главе используются для сквозных расчетов задачи об истечении высокоскоростной турбулентной струи в полузатопленное пространство. Условия истечения соответствовали геометрии сопла и физическим параметрам истечения струи в европейском эксперименте "JEAN". Проведено сравнение с экспериментом как для средних полей скорости, так и для среднеквадратичных пульсаций и статистических моментов 4го ранга таких, как пространственно-временная ковариация компонент пульсации скорости. Последняя характеристика играет важную роль для моделирования шума порождаемого турбулентными струями.

В целом можно отметить, что работа выполнена на высоком научном уровне. Вклад автора и актуальность сомнений не вызывают. Работа удовлетворяет всем современным требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а сам автор диссертации Кондаков Василий Гаврилович заслуживает присуждения искомой степени.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

научный сотрудник лаборатории
нейтронно-физических расчетов
доктор физ.-мат. наук

С.А. Карабасов

подпись С.А. Карабасова заверяю
Ученый секретарь ИБРАЭ РАН
кандидат физ.-мат. наук

В.Е. Калантаров

*Подписи Карабасова С.А. и Калантарова В.Е.
удостоверяю.*



**ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА
ОТДЕЛА КАДРОВ
ПРОКОФЬЕВА Т.Ф.**