

УДК 519.63

Пакет программ ЛОГОС. Методика расчета двумерных задач газовой динамики с учетом теплопроводности на подвижных неструктурированных сетках

Е.А. Веселова¹, Ю.Н. Дерюгин¹, Д.К. Зеленский¹

Всероссийский Научно Исследовательский Институт
Экспериментальной Физики¹

В ряде практических приложениях необходимо достаточно точно моделировать распространение ударной волны в различных средах. Использование здесь методов сквозного счета приводит к существенной погрешности в определении скорости и положения ударной волны. Для решения такого класса задач в [1] развиты методы на структурированных подвижных эйлеровых сетках с выделением основных особенностей решения. Основная трудность в проведении расчетов по этим методам состоит в поддержании качественной сетки, особенно в центральной части, где в следствии вырождения ячеек на оси симметрии, происходит сильное ограничение счетного шага.

В данной работе проводится разработка методики расчета двумерных задач газовой динамики с теплопроводностью на подвижных неструктурированных сетках. Математическая модель, используемая для описания процессов распространения ударных волн, основана на уравнениях многокомпонентной газовой динамики и уравнении переноса излучения в диффузионном приближении. Расчетная методика построена на основе использования неструктурированных подвижных сеток, методе расщепления по физическим процессам, явного метода интегрирования уравнений Эйлера и неявного метода решения уравнения теплопереноса. Расчетный шаг расщепляется на три этапа. На первом этапе определяется новое положение сетки. Движение сетки связывается с движением выделенных разрывов, таких как ударная волна, контактные разрывы, фронт пламени. Граничные условия на выделенных разрывах разрешаются методом распада разрыва, из решения которого определяется скорость смещения граней. По изменению положения выделенных разрывов производится перестройка сетки. На втором этапе интегрируются уравнения Эйлера на подвижной сетке. Разностные уравнения получены дискретизацией исходных уравнений в интегральной форме квадратурными формулами прямоугольников. Численно конвективные потоки определяются на основе решения задачи о распаде разрыва. Для повышения точности моделирования предраспадные параметры потока определяются с использованием линейной реконструкции решения. В задачах со сферической симметрией с целью уменьшения немонотонности численного решения применяется алгоритм доворота вектора скорости у предраспадных параметров потока [2]. На третьем заключительном этапе решаются уравнения теплопроводности, на неподвижной неструктурированной сетке. Расчетные формулы получены путем интегрирования уравнений теплопроводности по контрольному объему ячейки. Тепловые потоки на гранях аппроксимируются по верхнему временному слою центральными разностями. Разностные уравнения решаются итерациями по нелинейности и методе отложенной коррекции учитывающей не ортогональность сетки. Получающаяся в результате аппроксимации система линейных алгебраических уравнений решается с использованием параллельных решателей из библиотеки PMLP [3]. Методики реализованы в рамках параллельного пакета программ ЛОГОС [4].

Приводятся результаты расчета тестовых и модельных задач, характеризующие возможности методики.

Литература

1. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. – М.: Наука, 1976. – 400 с.
2. Матяш С.В. Новый метод использования принципа минимальных приращений в численных схемах второго порядка аппроксимации. // Ученые записки ЦАГИ. 2005. Т.36, № 3-4. С.42-50.
3. Реализованные методы решения разреженных линейных систем в библиотеке линейной алгебры. Артемьев А. Ю., Бартенев Ю. Г., Басалов В.Г., Бондаренко Ю. А., Варгин А.М., Голубев А. А., Ерзунов В. А., Ломтев А.В., Максимов А. С., Панов А. И., Прокофьев А.И., Романова М. Д., Фролова Н. В.,Щаникова Е. Б. ВАНТ, сер Математическое моделирование физических процессов – 2002 – вып. 2.
4. Дерюгин Ю.Н., Козелков А.С., Спиридонов В.Ф., Цибереv К.В., Шагалиев Р.М. Многофункциональный высокопараллельный пакет программ ЛОГОС для решения задач тепломассопереноса и прочности, Сборник тезисов докладов Санкт-Петербургского научного форума "Наука и общество", 2012. С. 102.

MSC 34G10 58D25

LOGOS software package. The method of calculating two-dimensional problems of gas dynamics, taking into account thermal conductivity on moving unstructured grids

Е.А. Veselova¹, YU.N. Deryugin¹, D.K. Zelenskij¹

All-russian Research Institute of Experimental Physics