

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ СВЕРХЗВУКОВОЙ АЭРОГАЗОДИНАМИКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Димитриенко Ю.И., Захаров А.А., Коряков М.Н.,

Сыздыков Е.К., Аббакумов А.С.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Разработка сложного программного обеспечения для моделирования и визуализации расчетов задач аэрогазодинамики связана с решением ряда проблем, к которым относятся проектирование архитектуры программного комплекса, интеграция функционально разнородных компонент, организация дружественного интерфейса пользователя, выбор инструментальных средств и стандарта программирования. Оптимальное решение позволяет минимизировать затраты на расширение возможностей программного обеспечения, реализацию параллельного кода, миграцию на другие платформы, поддержку программного обеспечения группой разработчиков.

В работе описывается разработанный авторами программный комплекс «Сигма», который позволяет проводить моделирование двумерных плоских, осесимметричных и трехмерных течений идеального и вязкого газа, и имеет структуру, подобную общим системам обеспечения газодинамических расчетов [1-2]. Компоненты программного комплекса являются независимыми программными продуктами, реализованными с помощью объектно-ориентированного подхода, и поддерживают возможность создания расширений.

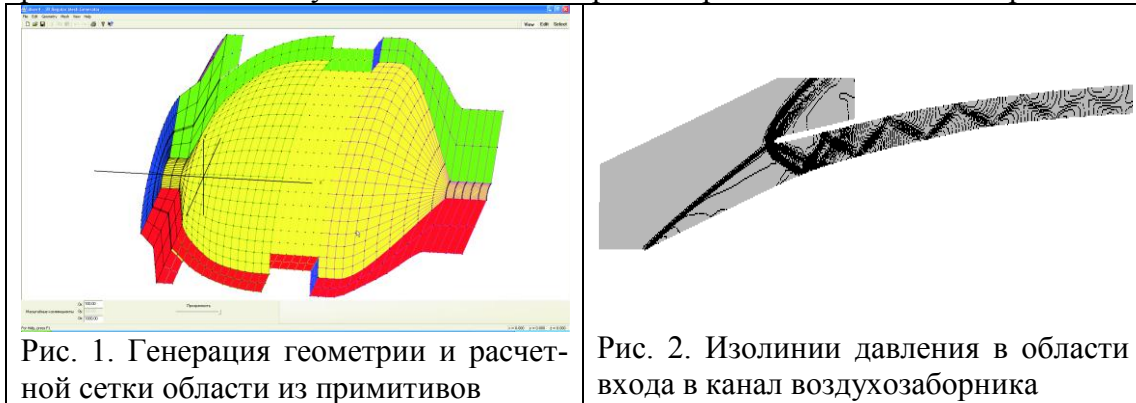
Препроцессор состоит из модуля трехмерного геометрического моделирования для задания облика конструкций, модуля задания свойств, параметров начальных и граничных условий, генератора адаптивной сетки. Он имеет графический интерфейс, позволяющий визуально создавать геометрические образы, маркировать границы и области, запускать процесс генерации сетки. Особенностью задания геометрии области является «обратный» метод построения, когда из блоков (примитивов) путем их деформации и стыковки собирается исходная геометрия области (рис. 1). Разностная сетка строится с помощью методов структурных алгебраических адаптивных сеток. Объединение локальных сеток криволинейных блоков в глобальную сетку основывается на методе ленточных адаптивных сеток [3-4]. Суть его состоит во введении одноиндексной нумерации узлов и построении специального списка для такой нумерации. Имеется возможность управления сгущением узлов в расчетной области.

Расчетный модуль позволяет проводить моделирование на основе явных конечно-разностных схем типа Мак-Кормака или TVD, модифицированных для расчетов на адаптивных сетках. Для учета вязкости применяются методы расщепления. Расчетный модуль поддерживает возможность ведения расчета до определенного момента времени, сохранения результатов расчёта через заданные интервалы времени и возобновления расчета с сохраненного состояния. Вывод результатов может производиться целиком для всей расчетной области, а также в отдельных сечениях и точках. Имеется поддержка интеграции с программами постпроцессорной обработки данных.

Для распараллеливания алгоритмов генерации сетки и численного решения использовались методы геометрического параллелизма и SPMD-модель вычислений. При программной реализации применялись библиотеки MPI 1.1 и OpenMP 2.0.

В работе приводятся некоторые результаты моделирования тестовых задач и течений в сверхзвуковых воздухозаборниках (рис. 2). Показаны результа-

ты распараллеливания на суперкомпьютере СКИФ МГУ «ЧЕБЫШЁВ», кластере МГТУ им. Н.Э. Баумана и на многоядерных персональных компьютерах.



Список литературы

1. Иванов И.Э., Крюков И.А., Терехов И.В. Объектно-ориентированная программная система подготовки данных и визуализации результатов газодинамических расчетов // Математическое моделирование. 2001. Т. 13, № 7. С. 110-115.
2. Иванов И.Э., Крюков И.А., Терехов И.В. Особенности построения программной системы обеспечения газодинамических расчетов // Математическое моделирование. 2002. Т. 14, № 8. С. 28-30.
3. Димитриенко Ю.И., Захаров А.А. Метод ленточных адаптивных сеток в газовой динамике. М.: Изд-во НТЦ Университетский, 2008.
4. Димитриенко Ю.И., Захаров А.А., Коряков М.Н. Разработка технологий параллельных вычислений для решения многомерных нестационарных задач газовой динамики // Аэрокосмические технологии: Сб. науч. тр. М., 2009. С. 142-145.