

выражение с определенной комбинацией индексов подынтегральных тензоров.

Расчеты проводятся в Центре высокопроизводительных вычислительных систем Пермского государственного технического университета.

Таким образом, реализована модель, входными данными которой являются геометрия структуры, физические характеристики материала и условия нагружения, а выходными – статистические характеристики полей напряжений и деформаций.

### **А.Б. Терентьев**

Научно-исследовательский центр специальных вычислительных технологий,  
г. Нижний Новгород

## **АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА CUBLIC ДЛЯ НАУЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

В настоящее время всё сильнее ощущается необходимость в высокопроизводительных вычислениях над большими объёмами данных, а следовательно возрастает интерес к средствам, позволяющим реализовать такие вычисления. Одним из таких средств являются современные графические процессоры, имеющие наилучшее на сегодняшний день соотношение цены, производительности и энергопотребления. Однако сложность разработки соответствующего эффективного программного обеспечения не позволяет этой технологии получить широкое распространение.

Целью и содержанием проекта Cublic является создание вычислительной платформы, позволяющей решать вычислительные задачи практически любой сложности без привлечения профессиональных программистов.

Аппаратное обеспечение проекта базируется на графических процессорах. Программная платформа включает в себя три основных компонента: редактор алгоритмов, среда выполнения и система удалённого доступа через Internet. Редактор алгоритмов позволяет описывать любой вычислительный алгоритм как диаграмму, включающую предопределённые вычислительные примитивы (блоки), их свойства и связи. Блоки могут группиро-

ваться в модули, которые, в свою очередь, могут быть использованы наравне с блоками на любом уровне вложенности. Процесс низкоуровневого распараллеливания задачи скрыт от пользователя и выполняется автоматически в рамках среды выполнения. Таким образом, для решения прикладной задачи от специалиста-предметника требуется только владение основами математического моделирования.

В системе реализованы следующие виды элементарных блоков: блоки синхронизации, вектор-матричных операций, генерации, элементарных функций, решения СЛАУ, визуализации и блоки специализированных высокоуровневых алгоритмов. На базе вышеперечисленных блоков реализуются модули, которые можно применять в решении сложных предметных задач в том числе и в области биологии.

Совместно со специалистами, занимающимися изучением биологических процессов головного мозга, с помощью Cublic были решены следующие задачи: моделирование внутреннего взаимодействия в нейральных сетях, динамики роста нейральных сетей, межнейронного взаимодействия с учётом периода рефрактерности, длины аксона, пластичности, а также реализованы алгоритмы исследования зависимости параметров нейральной сети от структуры её внутренних связей.

С помощью вычислительной платформы Cublic к настоящему моменту был также решён ряд предметных задач: построение фрактальных множеств Жюлиа и Мандельброта, «пыли» Фату, смоделирована нейронная сеть с учетом различных параметров нейронов и их связей. В рамках совместных НИР проводятся реальные расчеты в областях физики живых систем, атмосферного анализа, акустики.

Одним из основных преимуществ разрабатываемой платформы является её эффективная работа на различных гибридных архитектурах, начиная с персонального компьютера с графическими картами и заканчивая новейшими разработками компании «Г-платформы» TB2-TL(tm) и суперкомпьютерами из первой десятки Top500 – Tianhe-1 (7-е место) на базе графических вычислителей ATI Radeon HD 4870 и Nebulae (2-е место) на базе NVidia Tesla C2050.

Текущая информация о проекте представлена на сайте <http://hopcomp.net>.

**М.В. Усанин, А.М. Сипатов, Л.Ю. Гомзиков**

ОАО «Авиадвигатели», г. Пермь

## **ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ЭЙЛЕРА И НАВЬЕ–СТОКСА**

В настоящее время для решения проблем аэродинамического профилирования проточной части турбореактивного двигателя наряду с экспериментальным широко используют вычислительный подход. Применение вычислительного подхода позволяет значительно снизить материальные и временные затраты на разработку, а получаемая информация позволяет проводить более подробный анализ. Сегодня вычислительный подход является основным инструментом для аэродинамического проектирования турбомашин. С его помощью решают практически весь спектр задач динамики газа. Для решения задач газовой динамики существуют коммерческие программные продукты, например CFX, FLUENT и др. Как правило, в этих пакетах реализованы схемы не более чем второго порядка точности по пространству и времени, основанные на методах контрольного объема совместно с противопоточной схемой (Upwind) и неявной аппроксимацией по времени. Они с успехом могут использоваться для решения стационарных задач, но для расчета нестационарных и волновых процессов малоприспособлены. Это связано с относительно высокой численной диссипацией и дисперсией указанных выше расчетных схем. Важной и актуальной проблемой в вычислительной газовой динамике и аэроакустике является разработка и внедрение в процесс проектирования новых низкодиссипативных методов расчета, позволяющих получать более точные решения для нестационарных процессов. Данная работа является промежуточным этапом на пути создания высокоточного параллельного кода применимого для решения задач нестационарной газовой динамики и аэроакустики.