

**Резюме проекта (НИР), выполняемого в рамках ФЦП  
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-  
технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы»  
итоговое**

Номер контракта: 07.514.11.4106

Тема: Разработка и развитие инновационных методов и алгоритмов моделирования, основанных на применении решеточных методов и методов клеточных автоматов, предназначенных для численного исследования мультифизических систем

Приоритетное направление: Стратегические компьютерные направления и программное обеспечение

Критическая технология: Технологии производства программного обеспечения

Период выполнения: 26 октября 2011 г. – 04 сентября 2012 г.

Плановое финансирование проекта: 7,644 млн. руб.,

Бюджетные средства - 6,37 млн. руб.,

Внебюджетные средства - 1,274 млн. руб.

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН)

Ключевые слова: Решеточные уравнения Больцмана, фазовые переходы, подвижные клеточные автоматы, графические процессоры, уравнения состояния, деформация тел.

## **1. Цель исследования, разработки**

1.1. Формулировка задачи/проблемы, на решение которой направлен реализуемый проект:

Задача исследования – разработка и развитие уникальных алгоритмов и методов численного моделирования, основанных на применении решеточных методов и методов клеточных автоматов и используемых для решения мультифизических задач: моделирования многокомпонентной термо- и гидродинамики, прочностных и деформационных проблем и др. Данные алгоритмы и методы будут адаптированы к высокопроизводительным вычислительным системам на основе новейших графических процессоров, что позволит значительно увеличить скорость и точность моделирования по сравнению с другими методами.

1.2. Формулировка цели реализуемого проекта; конечного продукта, создаваемого с использованием результатов, полученных при выполнении проекта; места и роли проекта и его результатов в решении задачи/проблемы, сформулированной в п. 1.1.

Целью проекта является создание экспериментального образца программного обеспечения, основанного на решеточных методах и методах клеточных автоматов и работающего на современных многопроцессорных графических устройствах. Такой образец – необходимый шаг при разработке перспективного программного обеспечения, превосходящего существующие образцы в быстродействии и точности моделирования.

## **2. Основные результаты проекта**

1) Выбраны способы решения поставленных задач и разработаны методы и алгоритмы моделирования, основанные на применении метода решеточных уравнений Больцмана (далее LBE) и метода подвижных клеточных автоматов для численного исследования следующих мультифизических задач: многокомпонентная гидродинамика, тепломассоперенос, механические деформации объектов и течения с фазовыми переходами жидкость-пар. Разработан Экспериментальный Образец Программных Реализаций (ЭОПР) метода решеточных уравнений Больцмана и метода подвижных клеточных автоматов. Предложенные алгоритмы распараллелены на графических процессорах серии "Fermi" и могут выполняться одновременно на нескольких GPU. Проведены испытания ЭОПР. Разработаны программа и методика экспериментальных исследований ЭОПР алгоритмов и методов. Проведены испытания.

2) Основные характеристики созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции.

Предложенные алгоритмы распараллелены на графических процессорах с архитектурой "Fermi" и могут выполняться одновременно на трех GPU (на 1536 ядрах) на одном PC или на десятках GPU гибридных GPU-кластеров.

3) Оценка элементов новизны научных решений.

Предложен принципиально новый метод учета действия объемных сил в методе LBE, что обеспечивает выполнение расчетов фазовых переходов с высокой точностью.

Впервые параллельные вычисления применены не только для простых вариантов метода LBE, но и для LBE с фазовыми переходами. Для уменьшения времени вычислений исполнители данного проекта использовали распараллеливание метода LBE с учетом фазовых переходов на многоядерных графических процессорах (GPU) фирмы nVIDIA, в том числе и на узлах гибридных кластеров, содержащих GPU.

4) Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень.

Анализ научно-технической информации показал, что исследования по методу LBE в России проводились в последнее время, в основном, только исполнителями данного проекта. За рубежом данные исследования проводятся во всех развитых странах: Японии, США, Германии, Великобритании, Корее, Китае. Предложенные исполнителями данного проекта и алгоритмы и реализации методов LBE и MCA опережают мировой уровень.

### **3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки**

Программа для ЭВМ, свидетельство о государственной регистрации № 2012614286 от 14.05.2012 «Метод LBE для газодинамических течений с фазовыми переходами (LaBSim-flow)», РФ.

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

1) Описание областей применения полученных результатов:

Разработанное программное обеспечение для сложных инженерных мультифизических расчетов при исследовании сложных физических систем найдет применение в энергетике, машиностроении, авиастроении, при моделировании многокомпонентной термо- и гидродинамики, решении прочностных и деформационных проблем. Результаты проекта могут быть использованы для проведения опытно-конструкторских работ, направленных на создание инновационной технологии и программного обеспечения для осуществления сложных инженерных мультифизических расчетов.

2) Описание практического внедрения полученных результатов или перспектив их использования;

На данном этапе практического внедрения результатов не предполагается.

3) Оценка или прогноз влияния полученных результатов на развитие научно-технических и технологических направлений; разработку новых технических решений; на изменение структуры производства и потребления товаров и услуг в соответствующих секторах рынка и социальной сферы.

Ожидается, что результаты контракта позволят радикально упростить численные расчеты по сравнению с существующими технологиями и уточнить проектирование сложных технических устройств, эксплуатирующих мультифизические процессы.

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

Ожидаемый социально-экономический эффект использования ожидаемых результатов проекта:

1. Повышение производительности труда при проектировании технических систем.
2. Снижение материалоемкости инновационных разработок за счет перевода части натурных исследований сложных систем в область вычислительного эксперимента.
3. Усиление конкурентных позиций отечественной науки и бизнеса в результате разработки собственного программного обеспечения для параллельных вычислений на современных компьютерах/кластерах, а также развития новых методов моделирования.

### **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**


Коммерциализация проектом не предусмотрена.

Директор ИГиЛ СО РАН, д.ф.-м.н.

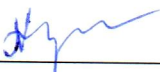
В.н.с., д.ф.-м.н.

М.П.



  
\_\_\_\_\_

А.А. Васильев

  
\_\_\_\_\_

А.Л. Куперштох