

## Приложение 1

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение опытно-конструкторских работ (ОКР) по теме:

«Разработка программно-аппаратного комплекса, основанного на применении метода решеточных уравнений Больцмана и методов клеточных автоматов и предназначенного для численного моделирования мультифизических систем»

#### 1 Основание для проведения ОКР и сроки (периоды) выполнения работ

1.1 Решение Конкурсной комиссии Заказчика № \_\_ (протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_).

1.2 Сроки выполнения работ:

Начало работ: с даты заключения государственного контракта.

Срок окончания работ: \_\_\_\_\_.

#### 2 Исполнитель ОКР

---

#### 3 Цель выполнения ОКР

Разработка программно-аппаратного комплекса для моделирования инженерных мультифизических задач гидрогазодинамики и теории упругости с применением параллельных вычислений на графических процессорах, поддерживающих технологию CUDA, а также на гибридных кластерных системах, содержащих графические процессоры.

#### 4 Назначение продукции

Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс (ПАК) предназначен для инженерных расчетов мультифизических систем с заданной геометрией. ПАК состоит из двух частей: программной и аппаратной. Программная часть включает в себя модули газодинамических расчетов, расчетов фазовых переходов и расчета тепломассопереноса методом решеточного уравнения Больцмана (LBE), деформаций и хрупких разрушений методом подвижных клеточных автоматов (МСА). Аппаратная часть включает в себя станцию для массивных параллельных вычислений с несколькими графическими вычислительными устройствами и установленными программными компонентами. Возможна поставка программной части комплекса без аппаратной.

#### 5 Технические требования к программе или программному комплексу

##### 5.1 Состав продукции

В состав разрабатываемого ПАК должны входить:

5.1.1 Библиотека модулей для моделирования мультифизических процессов в составе:

- 1) Модуль для расчета изотермических однокомпонентных течений без фазовых переходов методом LBE с возможностью действия внешних сил.
- 2) Модуль для расчета многокомпонентных течений методом LBE.
- 3) Модуль расчета течений с теплопереносом.
- 4) Модуль расчета методом LBE течений с фазовыми переходами с возможностью действия внешних сил.
- 5) Модуль расчета деформаций твердого тела методом подвижных клеточных автоматов.

5.1.2 Пользовательский интерфейс, состоящий из:

- 1) Модуля задания геометрии, граничных условий и параметров расчетной задачи.
- 2) Интерфейсной части для управления работой модулей программного комплекса и визуализации результатов расчетов.

5.1.3 В случае, если комплекс поставляется с аппаратной частью разрабатываемого ПАК, то рабочая станция (компьютер) должна включать в себя:

- Материнскую плату с одновременной поддержкой в режиме x16 (шина PCI-E x16) двух или трех графических карт, поддерживающих технологию CUDA. Необходимо, чтобы расстояние между разъемами PCI-E x16 было достаточным для монтажа видеокарт. Это расстояние выбирается из расчета, чтобы после установки видеокарт зазор между ними обеспечивал достаточное охлаждение видеокарт (рекомендуется зазор не менее 15 мм).
- Современный центральный процессор (тактовая частота не менее 2.6 ГГц, кэш 3-го уровня не менее 4096 кб).
- Оперативная память не менее 6 ГБ или не менее суммарного объема памяти всех установленных видеокарт.
- 2 или 3 видеокарты с поддержкой технологии CUDA с памятью не менее 2 ГБ на одну видеокарту.
- Блок питания для обеспечения мощностью видеокарт и остальных устройств компьютера (рекомендуется 1,2 кВт и более).
- 1 или 2 жестких диска с общей емкостью не менее 2 ТБ, тип интерфейса SATA-3.
- Корпус станции, который необходимо оснастить дополнительными вентиляторами для дополнительного охлаждения пространства внутри корпуса.
- Устройства ввода/вывода информации.

Рабочая станция оснащается программным обеспечением, в состав которого входят операционная система (Windows XP, Windows 7 или LINUX-подобная), драйверы для поддержки видеокарт, технологии CUDA и пакет NVIDIA GPU Computing SDK, содержащий набор тестовых программ для проверки работоспособности видеокарт.

5.1.4 В случае, если комплекс поставляется для расчетов на гибридном GPU-кластере, последний должен удовлетворять требованию наличия 2 или более видеокарт на расчетном узле с поддержкой технологии CUDA с памятью не менее 2 ГБ на одну видеокарту.

Рекомендуется наличие поддержки MPI протокола обмена данными между узлами кластера.

5.1.5 Эксплуатационная документация в составе:

- 1) описание программы в соответствии с ГОСТ 19.402-78;
- 2) спецификация в соответствии с ГОСТ 19.202-78;
- 3) описание применения в соответствии с ГОСТ 19.502-78;
- 4) руководство системного программиста в соответствии с ГОСТ 19.503-79;
- 5) руководство оператора в соответствии с ГОСТ 19.505-79.

5.1.6 Набор тестовых задач с описанием начальных и граничных условий, входных данных и результатов вычислений.

## **5.2 Требования к функциональным характеристикам**

### **5.2.1 Требования к составу выполняемых функций**

5.2.1.1 Разрабатываемый ПАК должен обеспечивать:

- 1) расчет инженерных мультифизических задач гидрогазодинамики и теории упругости с применением параллельных вычислений на графических процессорах, а также кластерных системах на графических процессорах, поддерживающих технологию CUDA;
- 2) работоспособность на системах, построенных на базе нескольких графических процессоров (GPU), таких как отдельные персональные компьютеры (станции), или вычислительные гибридные GPU-кластеры;
- 3) масштабируемое выполнение сверхбольших задач (до 15000000 процессов и больше);
- 4) автоматическое размещение процессов и их потоков на вычислительных ядрах;
- 5) поддержку функциональности, предусмотренной стандартом MPI.

5.2.1.2 Разрабатываемый ПАК должен обеспечивать возможность:

- 1) задания геометрии мультифизической задачи;
- 2) задания начальных и граничных условий мультифизических задач с тепломассопереносом, возможностью фазовых переходов, а также деформациями твердых тел;
- 3) задания параметров задачи;
- 4) вывод промежуточных результатов в файлы заданного формата или в виде графиков и картин распределения плотности, скорости и т.п. на монитор пользователя;
- 5) автоматизированного запуска параллельных приложений для гибридных суперкомпьютерных и кластерных систем (до 500 вычислительных узлов и более), выполненных на GPU;

### **5.2.2 Требования к организации входных данных**

Входными данными разрабатываемого ПК должны являться:

- 1) параметры расчета в виде файла в заданном формате, описанном в руководстве пользователя;
- 2) начальные поля рассчитываемых величин в виде файлов в заданном формате, описанном в руководстве пользователя;
- 3) данные о наборе узлов кластерной системы и дополнительная информация об условиях параллельного исполнения программы, которые передаются в запускаемое приложение в виде файла в заданном формате, описанном в руководстве пользователя;

### **5.2.3 Требования к организации выходных данных**

Выходными данными разрабатываемого ПАК должны являться:

- 1) файлы, содержащие информацию о полях плотности, давления, скоростей течения и других величинах, рассчитываемых с помощью ПАК;
- 2) поля плотности, скоростей и т.д. в виде изображений на мониторе, отрисовываемых в реальном времени;
- 3) графики вычисляемых параметров;
- 4) файлы, содержащие информацию о текущем состоянии расчетов (контрольные точки), которые затем могут быть использованы для возобновления расчетов;

### **5.2.4 Требования к производительности**

5.2.4.1 Разрабатываемый ПАК должен поддерживать не менее чем до 15 000 000 одновременно выполняющихся потоков.

5.2.4.2 Разрабатываемый ПАК для рабочих станций должен обеспечивать запуск приложений одновременно не менее чем на 1000 графических CUDA ядрах (частота не менее 1,4 ГГц) с используемой графической памятью общим объемом не менее 6 ГБ (тип GDDR5 с частотой не менее 4000 МГц), оперативной памятью рабочей станции не менее 6 ГБ.

5.2.4.3 Суммарная пиковая вычислительная мощность не менее 1000 GFLOPS.

5.2.4.4 ПАК должен обеспечивать расчеты методами LBE в областях, содержащих до 10 000 000 или более расчетных ячеек.

5.2.4.5 ПАК должен обеспечивать расчеты методами МСА ансамблей, содержащих до 100 000 или более частиц.

### **5.3 Требования к надёжности**

Разрабатываемый ПАК должен удовлетворять следующим требованиям по отказоустойчивости:

- 1) обеспечивать запись промежуточных состояний моделируемой физической задачи в виде файлов (информация о значении плотностей, давлений, скоростей течения, деформациях и т.д.);
- 2) обеспечивать заданную точность расчетов. В случае ее нарушения ПАК должен информировать пользователя сообщением;
- 3) обеспечивать расчеты на заданном интервале времени;
- 4) контролировать устойчивость по начальным условиям в тех задачах, где это предусмотрено;

- 5) обеспечивать выполнение тестовых задач (п. 5.1.6);
- 6) обеспечивать сообщениями реакцию на ошибки запуска и выполнения программы:
  - недостаточно памяти на GPU;
  - недостаточно оперативной памяти компьютера;
  - несоответствия запрошенного количества GPU и имеющегося в наличии;
  - несоответствия запрошенных параметров параллельного запуска (размер решетки, блока и т.д.) параметрам, допустимым используемой моделью GPU;
  - недостаточно места на жестком диске для сохранения данных в файл;
  - выход значений рассчитываемых параметров за пределы физически допустимых диапазонов.

## **5.4 Условия эксплуатации**

### **5.4.1 Климатические условия эксплуатации**

Требования отсутствуют.

### **5.4.2 Требования к видам обслуживания**

Виды и периодичность обслуживания ПАК должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51188-98 и рекомендациям Министерства труда и социального развития РФ, изложенным в Постановлении № 28 от 23 июля 1998 г. «Об утверждении межотраслевых типовых норм времени на работы по сервисному обслуживанию ПЭВМ и оргтехники и сопровождению программных средств».

### **5.4.3 Требования к численности и квалификации персонала**

Требования отсутствуют.

## **5.5 Требования к составу и параметрам технических средств**

5.5.1 Программная часть разрабатываемого ПАК должна функционировать на гибридных кластерных системах (от 2-х до 100 вычислительных узлов):

- построенных на базе графических карт, поддерживающих технологию CUDA, с внутренней памятью не менее 2 Гб;
- с оперативной памятью на узле не менее 2 Гб на каждую установленную видеокарту;
- со свободным дисковым пространством не менее 2 Гб на одну видеокарту;
- с коммуникационной средой, поддерживаемой MPI.

5.5.2 Состав и характеристики технических средств, необходимых для разработки программного комплекса:

- 1) локальный гибридный GPU-кластер минимум из 2 узлов для обеспечения тестирования передачи данных между узлами по протоколу MPI;
- 2) функциональный сервер (2 шт.) на персональном компьютере с параметрами:
  - тип процессора Intel или AMD;
  - наличие не менее 2 GPU (графических карт NVIDIA);
  - тактовая частота не менее 2.0 ГГц;
  - оперативная память не менее 6.0 Гб;
  - дисковая подсистема не менее 500 Гб.

## **5.6 Требования к информационной и программной совместимости**

5.6.1 Разрабатываемые программные компоненты ПАК должны функционировать под управлением следующих операционных систем:

- 1) программные компоненты ПАК, определенные в п. 5.1.1, должны работать в операционных системах Windows XP, Windows 7, а также в LINUX-подобных средах, в том числе и на кластерах.
- 2) программные компоненты для задания параметров расчета и визуализации расчетных дан-

ных должны работать в операционных системах Windows XP или Windows 7, а также в LINUX-подобных средах.

5.6.2 Разрабатываемый ПАК должен совместно функционировать и взаимодействовать с программными средствами MPI.

5.6.3 Поддерживаемое программное обеспечение:

- 1) Компиляторы GNU\*: C, C++;
- 2) Компилятор Intel(R) C++.

5.6.4 Состав и характеристики сторонних программных средств, необходимых для обеспечения функционирования разрабатываемого ПАК, должны быть окончательно определены на этапе эскизного проектирования.

## **5.7 Требования к упаковке и маркировке**

### **5.7.1 Требования к упаковке**

Программные компоненты разрабатываемого ПАК должны быть записаны на CD диск, который должен быть упакован с учетом требований ГОСТ Р 53624-2009.

### **5.7.2 Требования к маркировке**

5.7.2.1 Разрабатываемый ПАК должен иметь маркировку с обозначением товарного знака компании-разработчика, типа (наименования), номера версии, порядкового номера, даты изготовления и номера сертификата соответствия Госстандарта России (если таковой имеется).

5.7.2.2 Маркировка должна быть нанесена на CD диск с установленным ПАК с учетом требований ГОСТ 9181.

## **5.8 Требования к транспортированию и хранению**

5.8.1 Разрабатываемый ПАК в составе рабочей станции, оснащенной графическими процессорами с установленным программным обеспечением для расчетов мультифизических задач, или программная часть в приложении для вычислительных кластеров, записанная на CD диск, должны транспортироваться в упаковке в грузовом салоне автомобильного, крытых вагонах или контейнерах железнодорожного или морского транспорта, а также в герметичных отсеках авиационного транспорта на расстояние:

- воздушным транспортом на любое расстояние;
- железнодорожным транспортом до 10000 км;
- автомобильным транспортом до 10000 км со скоростью не более 120 км/час по шоссейным дорогам с твердым покрытием и не более 90 км/час по грунтовым дорогам.

5.8.2 Условия транспортирования:

- ПАК хранится и транспортируется в штатной упаковке.
- Температура окружающей среды: от 5 до 40 °С;
- Размещение и крепление при транспортировке должны обеспечивать устойчивое положение, исключая смещение или удары.
- Распаковку ПАК, находившегося при температуре ниже 10 °С, необходимо производить в отапливаемом помещении, выдержав его в нормальных климатических условиях не менее 12 часов.
- В помещениях для хранения не должно быть пыли, кислот, щелочей, а также паров и газов, вызывающих коррозию.

5.8.3 Гарантийный срок хранения программной части разрабатываемого ПАК, записанной на CD диск, в упаковке в отапливаемом помещении - не менее 5 лет.

## **5.9 Требования по стандартизации и унификации**

5.9.1 Разрабатываемый ПАК должен обеспечивать унификацию функциональных задач, операций и интерфейсов.

5.9.2 Экранные формы ПАК должны проектироваться с учетом требований унификации:

- 1) все экранные формы пользовательского интерфейса должны быть выполнены в едином графическом дизайне, с одинаковым расположением основных элементов управления и навигации;
- 2) для обозначения сходных операций должны использоваться сходные графические значки, кнопки и другие управляющие (навигационные) элементы. Термины, используемые для обозначения типовых операций (добавление информационной сущности, редактирование поля данных), а также последовательности действий пользователя при их выполнении, должны быть унифицированы;
- 3) внешнее поведение сходных элементов интерфейса (реакция на наведение указателя «мышь», переключение фокуса, нажатие кнопки) должны реализовываться одинаково для однотипных элементов. Система должна соответствовать требованиям эргономики и профессиональной медицины при условии комплектования оборудованием (ПЭВМ, монитор и прочее оборудование), имеющим необходимые сертификаты соответствия и безопасности Росстандарта.

## **6 Требования к документации**

6.1 На первом этапе работ в течение не более 30-ти рабочих дней с даты подписания государственного контракта должна быть разработана и согласована с Заказчиком "Комплектность технической документации, разрабатываемой в рамках государственного контракта".

6.2 Техническая (программная, эксплуатационная) документация должна соответствовать требованиям стандартов ЕСКД, ЕСПД.

6.3 Перечень другой отчетной документации, подлежащей оформлению и сдаче Исполнителем Заказчику на этапах выполнения работ, определяется требованиями нормативных актов Заказчика.

6.4 Техническая и другая отчетная документация представляется Заказчику или уполномоченной им организации на бумажном носителе в двух экземплярах и в электронном виде на оптическом носителе в одном экземпляре.

## **7 Специальные требования**

### **7.1 Требования к испытаниям**

7.1.1 На всех этапах разработки ПК должна производиться оценка качества программных средств в соответствии с требованиями ГОСТ 28195-99.

7.1.2 Для подтверждения соответствия разрабатываемой продукции требованиям настоящего технического задания и нормативно-технической документации должны быть проведены следующие испытания опытного образца:

- 1) предварительные испытания с целью предварительной оценки соответствия опытного образца ПАК требованиям настоящего ТЗ, а также для определения готовности опытного образца к приемочным испытаниям;
- 2) приемочные испытания с целью оценки всех определенных настоящим ТЗ характеристик ПАК, проверки и подтверждения соответствия опытного образца ПАК требованиям ТЗ в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации (применения, использования) ПАК, а также для принятия решений о возможности промышленного производства и реализации ПАК.

7.1.3 Для проведения испытаний должно быть изготовлено следующее количество опытных образцов разрабатываемого ПК:

- 1) для предварительных испытаний – 1 шт.;
- 2) для приемочных испытаний - 1 шт.

7.1.4 Предварительные испытания опытных образцов должны быть проведены по утвержденным программам и методикам головного исполнителя ОКР.

7.1.5 Приемочные испытания опытных образцов должны быть проведены по утвержденным программам и методикам головного исполнителя ОКР, согласованным с Заказчиком.

7.1.6 Для обеспечения испытаний должны быть разработаны следующие средства:

- 1) программное обеспечение, предназначенное для тестирования, комплексной отладки и настройки разрабатываемого ПАК;
- 2) тестовые задачи для проверки алгоритмов ПАК.

## 8 Техничко-экономические показатели

### 8.1 Основные технико-экономические требования

8.1.1 Разрабатываемый ПАК должен обеспечить:

- 1) внедрение графических процессоров и алгоритмов моделирования методом решеточных уравнений Больцмана в научную и инженерную практику;
- 2) масштабируемость на массивно-параллельную архитектуру графических процессоров;
- 3) снижение стоимости и сроков разработки и проектирования сложных технических систем и объектов за счет:
  - предоставления программных средств для имитационного моделирования инженерно-физических задач (параллельных вычислений на GPU) в системах с газодинамическими течениями и упругими деформациями;
  - универсальности выполнения исполняемого модуля прикладной программы на рабочих станциях и/или кластерах;
- 4) повышение эффективности использования кластерных систем за счет повышения отказоустойчивости выполнения параллельных приложений.

8.1.2 Разрабатываемый ПАК должен быть ориентирован на коммерческое применение в областях, где используются высокопараллельные расчеты, и являться конкурентоспособным на мировом рынке.

8.1.3 Должны быть проведены маркетинговые исследования рынка разрабатываемой продукции и разработан бизнес-план коммерциализации созданного ПК.

### 8.2 Требования к достижению программных индикаторов и показателей

В процессе выполнения ОКР должны быть достигнуты значения программных индикаторов и показателей:

Наименование	ед. изм.	год			
		2012	2013	2014	2015
<b>Индикаторы</b>					
И2.4.1 Число разработанных технологий, соответствующих мировому уровню либо превосходящих его	единиц	-	1	-	-
И2.4.2 Число завершенных проектов, перешедших в стадию коммерциализации	единиц	-	1	-	-
И2.4.3 Число патентов (в том числе международных) на результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках выполнения комплексных проектов	единиц	-	1	-	-
И2.4.4 Численность молодых специалистов, привлеченных к проведению исследований в рамках комплексных проектов (докторов наук, кандидатов наук, докторантов, аспирантов, сотрудников без ученой степени, специалистов, студентов (не менее 30% от общей численности исполнителей работы в каждом году))	человек	(указывается участником размещения заказа)	(указывается участником размещения заказа)	-	-
И2.4.5 Число диссертаций на соискание уче-	Еди-	0	0	-	-

ных степеней, защищенных в рамках выполнения комплексных проектов	ниц				
И2.4.6 Число публикаций, содержащих результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках выполнения комплексных проектов	единиц	0	1	-	-
<b>Показатели</b>					
Объем привлеченных внебюджетных средств (не менее 50 % от общей стоимости работ в каждом году)	млн. руб.	<i>(указывается участником размещения заказа)</i>	<i>(указывается участником размещения заказа)</i>	-	-
Объем дополнительного производства новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции за счет коммерциализации созданных передовых технологий	млн. руб.	<i>(указывается участником размещения заказа)</i>	<i>(указывается участником размещения заказа)</i>		
Дополнительный объем экспорта высокотехнологичной продукции	млн. руб.	<i>(указывается участником размещения заказа)</i>	<i>(указывается участником размещения заказа)</i>		
Количество новых рабочих мест, созданных в рамках реализации проектов, для высококвалифицированных работников	единиц	<i>(указывается участником размещения заказа)</i>	<i>(указывается участником размещения заказа)</i>		

## 9 Требования к патентной чистоте и патентоспособности

9.1 На 1 этапе должны быть проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96.

9.2 Патентная чистота на методы изготовления и конструктивные решения должна быть обеспечена в отношении Российской Федерации и стран, куда возможна поставка изделий, а также передача технической, информационной и другой документации.

9.3 Должны быть представлены сведения об охранных и иных документах, которые будут препятствовать применению результатов работ в Российской Федерации (и в других странах – по требованию заказчика), и условия их использования с представлением соответствующих обоснованных предложений и расчетов.

9.4 РИД, полученные в ходе выполнения ОКР, подлежат регистрации и охране в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

## 10 Перечень, сроки выполнения и финансирование по этапам

### 10.1 Наименование этапов и выполняемые работы

#### Этап 1. Технический проект

1.1 Разработка и согласование с Заказчиком комплектности технической документации, разрабатываемой в рамках государственного контракта.

1.2 Аналитический обзор информационных источников.

1.3 Исследование объекта ОКР.

1.4 Проведение патентных исследований в соответствии ГОСТ Р 15.011-96.

1.5 Выбор технических и программных средств для реализации ОКР.

1.6 Разработка технического проекта ПАК.

1.7 Реализация мероприятий по достижению программных индикаторов и показателей.

1.8 Разработка промежуточного отчета о ОКР и его рассмотрение на учёном (научно-техническом) совете.

1.9 Разработка отчетной документации в соответствии с требованиями технического задания и актов Заказчика.



## **Этап 2. Изготовление опытного образца и проведение предварительных испытаний**

- 2.1 Разработка экспериментального образца программных реализаций метода решеточных уравнений Больцмана и метода подвижных клеточных автоматов для параллельных расчетов на графических процессорах.
- 2.2 Разработка программной документации на образец ОКР.
- 2.3 Разработка программы и методики испытаний образца ОКР.
- 2.4 Проведение предварительных испытаний образца ОКР.
- 2.5 Реализация мероприятий по достижению программных индикаторов и показателей.
- 2.6 Разработка промежуточного отчета о ОКР и его рассмотрение на учёном (научно-техническом) совете.
- 2.7 Разработка отчетной документации в соответствии с требованиями технического задания и актов Заказчика.

## **Этап 3. Проведение приемочных испытаний**

- 3.1 Доработка экспериментального образца с учетом результатов предварительных испытаний.
- 3.2 Разработка программы и методики приемочных испытаний образца ОКР.
- 3.3 Проведение приемочных испытаний образца ОКР.
- 3.4 Реализация мероприятий по достижению программных индикаторов и показателей.
- 3.5 Разработка отчета о ОКР и его рассмотрение на учёном (научно-техническом) совете.
- 3.6 Разработка отчетной документации в соответствии с требованиями технического задания и актов Заказчика.

## **10.2 Разрабатываемые документы, сроки исполнения и финансирование по этапам**

Перечень документов, разрабатываемых на этапах выполнения НИР, сроки исполнения и объемы финансирования по этапам приведены в календарном плане.

## **11 Предполагаемое использование результатов ОКР**

- 11.1 Результаты проведенной ОКР могут быть использованы для проведения опытно-конструкторских работ направленных на создание инновационной технологии и программного обеспечения для осуществления сложных инженерных мультифизических расчетов.

## **12 Порядок приемки этапов ОКР**

- 12.1 Работы должны выполняться поэтапно в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.201-2000.
- 12.2 Сдача и приемка выполненных работ (этапов работ) осуществляется в порядке, установленном актами Заказчика.