

**Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП  
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям  
развития научно-технологического комплекса России на 2014 –  
2020 годы»**

**Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного  
контракта:** 14.578.21.0006

**Название проекта:** Разработка и исследование технологии создания  
ресурснезависимого прикладного программного обеспечения  
высокопроизводительных вычислительных систем гибридного типа

**Основное приоритетное направление:** Информационно-  
телекоммуникационные системы

**Исполнитель:** федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Южный федеральный университет"

**Руководитель проекта:** Каляев Игорь Анатольевич

**Должность:** Директор НИИ МВС ЮФУ (доверенность №49-15/280 от  
28.06.2010)

**E-mail:** kaliaev@mvs.sfedu.ru

**Ключевые слова:** *многопроцессорные вычислительные системы,  
реконфигурируемые вычислительные системы, высокопроизводительные  
системы гибридного типа, технологии параллельного программирования,  
плис*

### **Цель проекта**

Разработка и исследование новых методов, технологических приемов и средств ресурснезависимого программирования многопроцессорных вычислительных систем гибридного типа на основе унифицированных процессорных и реконфигурируемых вычислительных узлов, обеспечивающих выполнение прикладных программ на различных конфигурациях вычислительной системы с высокой эффективностью.

Подавляющее большинство существующих методов программирования вычислительных систем гибридного типа состоит в раздельном программировании разнородных вычислительных узлов и осуществляется на различных языках программирования в разных средах программирования. Это приводит к тому, что фактически вычислительная система используется как многомашинный комплекс, обмен между различными подсистемами которой осуществляется через передачу сообщений или обмен файлами, что, в свою очередь, существенно уменьшает реальную производительность системы и сильно усложняет модернизацию и, тем более, масштабирование программы при изменении доступного вычислительного ресурса. Поэтому разработка и исследование новых методов и средств программирования многопроцессорных вычислительных систем гибридного типа, обеспечивающих выполнение прикладных программ на различных конфигурациях вычислительной системы с высокой эффективностью, объединенных в единую технологию ресурснезависимого программирования вычислительных систем гибридного типа, является актуальным.

### **Основные планируемые результаты проекта**

Методы ресурснезависимого прикладного программирования высокопроизводительных вычислительных систем гибридного типа, содержащих унифицированные микропроцессорные и реконфигурируемые

вычислительные узлы, обеспечивающие эффективное решение задач различных предметных областей. Проект технического задания на проведение ОКР по созданию программного комплекса.

### **Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции**

В результате выполнения исследований будет создан программный комплекс разработки прикладных программ для перспективных вычислительных комплексов, содержащих ПЛИС и традиционные микропроцессоры, потенциальными потребителями которого являются организации, службы и ведомства, решающие вычислительно-трудоемкие задачи на вычислительных системах гибридного типа (ЗАО «Эврика», ФГУП РНИИРС, ФГУП «НИИ «Квант», ОАО «Концерн «РТИ Системы», МЧС РФ, МО РФ и др.)

Все полученные научно-технические результаты (разработанные методы и методики описания, преобразования и трансляции прикладных задач) являются новыми и оригинальными, соответствуют мировому уровню в области построения и использования вычислительных систем гибридного типа и могут служить основой для создания многопроцессорных вычислительных систем гибридного типа сверхвысокой производительности, обеспечивающих близкий к линейному рост производительности при увеличении вычислительных ресурсов системы.

Научная новизна проводимых исследований подтверждается отсутствием сведений об аналогичных исследованиях по тематике программирования высокопроизводительных вычислительных систем среди докладов международных и всероссийских конференций (Параллельные вычислительные технологии (2010-2015), Научный сервис в сети Интернет (2007-2014), Российские суперкомпьютерные дни-2015, Parallel Computing Technologies (2011-2015), Всероссийская мультikonференция по проблемам управления (2005-2015)), в которых принимали участие сотрудники Исполнителя, и в источниках открытой печати. Отсутствие сведений о разработках в области редукции производительности для создания ресурсонезависимых прикладных программ научными группами как в РФ, так и за рубежом, позволяют сделать вывод об отсутствии аналогов и научной новизне развиваемого подхода к программированию вычислительных систем гибридного типа.

### **Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта**

Решаемая в проекте задача создания методов и средств ресурсонезависимого прикладного программирования высокопроизводительных вычислительных систем гибридного типа имеет значение для высокотехнологичных приложений связи, гидро- и радиолокации, прогнозирования последствий техногенных катастроф, оборонной промышленности.

Основные способы использования результатов:

а) обработка данных мониторинга компьютерных сетей, для которой необходимы вычислительные средства, обеспечивающие оперативную

- обработку больших информационных потоков различных форматов и увеличивающие производительность до 10000 раз по сравнению с существующими решениями;
- б) обработка радиолокационной информации в реальном времени для обнаружения космических объектов, требует вычислительных средств с производительностью в 100 раз выше по сравнению с существующими решениями;
- в) обработка гидроакустической информации для выделения и классификации сигналов от объектов различных групп в условиях действия изотропных и локальных помех и низком соотношении сигнал/шум в реальном времени, для которой необходимы вычислительные средства в 200 раз более производительные по сравнению с существующими решениями;
- г) моделирование радионуклидного переноса в атмосфере в районе функционирования АЭС при возникновении критических ситуаций и аварий для оперативного планирования действий, сил и средств по обеспечении безопасности населения требует производительности не менее, чем в 100 раз выше по сравнению с существующими решениями;
- д) моделирование распространения и прогнозирование последствий лесных пожаров с учетом карты ветров и рельефа местности требуют вычислительные средства в 200 раз более производительные по сравнению с существующими решениями;
- е) моделирование нефтеносности пластов месторождений для повышения дебита скважин, для которой необходимы вычислительные средства, обладающие в 70 раз более высокой производительностью по сравнению с существующими системами.

### **Текущие результаты проекта**

Разработаны метод и алгоритм описания алгоритмов прикладных задач для многопроцессорной вычислительной системы гибридного типа в единой параллельно-конвейерной форме, обеспечивающей ресурснезависимое представление задач для быстрого перехода от параллельного к конвейерному способу организации вычислений и их различных сочетаний;

Разработаны метод и алгоритмы преобразования фрагментов прикладной задачи к параллельной или конвейерной форме, учитывающей особенности организации вычислительных процессов и архитектуры узлов вычислительной системы гибридного типа для обеспечения возможности программирования унифицированных процессорных и реконфигурируемых вычислительных узлов в едином контуре;

Разработаны методика и алгоритм определения эффективного варианта реализации прикладной задачи на множестве узлов вычислительной системы гибридного типа, позволяющую адаптировать программу под текущую конфигурацию вычислительной системы для обеспечения высокой эффективности прикладной программы (не ниже 0,5);

Разработаны метод и алгоритмы трансляции ресурснезависимых языковых конструкций в структурную и управляющую компоненты прикладной программы для выполнения прикладных задач на различных конфигурациях вычислительной системы гибридного типа.

Разработаны метод и алгоритм синтеза прикладных задач, содержащих параллельные и конвейерные вычислительные фрагменты для создания технологии и средств ресурсонезависимого программирования многопроцессорных вычислительных систем гибридного типа.

Разработана программная модель средств трансляции единого языка программирования высокого уровня для различных типов вычислительных узлов многопроцессорной вычислительной системы гибридного типа, обеспечивающей поддержку микропроцессорных и реконфигурируемых вычислительных узлов.

Разработана программная модель средств синтеза масштабируемых параллельно-конвейерных решений прикладных задач для многопроцессорной вычислительной системы гибридного типа, обеспечивающей синтез конфигурационных файлов для реконфигурируемых вычислительных узлов и программ на языке C# для микропроцессорных вычислительных узлов.

Разработана программная модель средств синхронизации и управления вычислениями на разнородных узлах многопроцессорной вычислительной системы гибридного типа, обеспечивающей одновременные вычисления на реконфигурируемых и микропроцессорных вычислительных узлах многопроцессорной вычислительной системы гибридного типа.

Разработана программная модель средств мониторинга эксплуатационных параметров (напряжение, ток и температура) вычислительных узлов вычислительной системы гибридного типа, обеспечивающей контроль состояния реконфигурируемых и микропроцессорных вычислительных узлов многопроцессорной вычислительной системы гибридного типа.

Разработан комплект программной документации на экспериментальный образец программного комплекса средств разработки прикладных программ для вычислительных систем гибридного типа.

Проведены отладка элементов и разработка тестовой задачи цифровой обработки сигналов на макетах вычислительной системы гибридного типа, содержащих процессорные и реконфигурируемые вычислительные узлы на основе ПЛИС Virtex-7 и Kintex-7.

Разработанные методы и методики описания, преобразования и трансляции прикладных задач на основе редукации производительности для многопроцессорной вычислительной системы гибридного типа, а также полученные научно-технические результаты являются новыми и оригинальными.