

СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (ИВПРВС)

В.Ф. Токаренко, нач. лаб. НИЦ «Курчатовский институт», вед. науч. сотр. РФЯЦ-ВНИИЭФ, канд. физ.-мат. наук.

С.П. Юркевичюс, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доц., jursp@extech.ru

В статье анализируются текущее положение дел по созданию ИВПРВС для решения разноплановых задач развития Российской Федерации. Приведен обзор зарубежных и российских грид-систем разрабатываемых и эксплуатируемых в настоящее время.

Ключевые слова: ИВПРВС (интеллектуальная высокопроизводительная распределенная вычислительная система), виртуальная организация (ВО), грид, промежуточное программное обеспечение, ресурсные центры, распределенная база данных, грид-кластер, метаменеджер, прикладное программное обеспечение, макет.

THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT HIGH-PERFORMANCE DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEM (IHPDCS)

V.F. Tokarenko, Head of Laboratory, NRC «Kurchatov Institute», Leading Researcher of RFNC-VNIIEF, Doctor of Physics and Mathematics

S.P. Jurkiewichus, Leading Researcher, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, Associate Professor, jursp@extech.ru

The article analyzes the current situation to establish IHPDCS to solve diverse problems of development of the Russian Federation. It provides an overview of foreign and Russian grid-systems designed and currently in operation.

Keywords: IHPDCS (intelligent high-performance distributed computing system), virtual organization (VO), Grid, middleware, resource centers, distributed database, Grid cluster, meta-manager, application software, layout.

Введение

Суперкомпьютеры, не объединенные в территориально-распределенную систему, обладают рядом существенных недостатков.

От этих недостатков можно избавиться при объединении суперкомпьютеров в грид-сеть, создавая гетерогенные вычислительные сети из различных компьютеров не связанных единым программным обеспечением.

В современных грид-системах реализуется проблемно-ориентированная среда PSE (Problem Solving Environment) — модульная архитектура программного комплекса. Архитектура PSE ориентирована на снижения сложности процессов разработки, тестирования и поддержки программных продуктов на фоне увеличения общей сложности решаемых задач. Такой подход реализован в концепциях ССА (Common Component Architecture), АОА (Aspect Oriented Architecture), SOA (Service Oriented Architecture). Эти концепции обеспечивают функциональную изоляцию компонентов программного комплекса, что позволяет интерпретировать отдельные программные модули в рамках PSE как сервисы SaaS (Software as a Service).

Сервисы могут быть разработаны различными группами авторов, реализованы с использованием разных технологий программирования и функционировать под различными формами управления и на различных вычислительных системах.

Пользователь может строить различные композитные приложения для решения сложных междисциплинарных задач, не сосредотачиваясь на низкоуровневой реализации отдельных модулей.

Применение грид-систем в РФ и за рубежом

Современные грид-системы во всем мире решают разноплановые задачи. В табл. 1 приведены некоторые сведения о них.

Таблица 1

Зарубежные центры грид-систем

№	Грид-система	Страна	Профиль
1	TeraGrid	ТераГрид координируется через Грид-Инфраструктуру Group (GIG) в Университете Чикаго, работая в партнерстве с Поставщиком Ресурсов сайтов (США)	Новое направление. TeraGrid это открытая научная инфраструктура сочетание больших вычислительных ресурсов (в том числе суперкомпьютеров, хранения и визуализации научных систем). Девиз TeraGrid: использовать только самое новое программное и аппаратное обеспечение, строить самые быстрые сети, реализовывать новые направления на системе, разрабатывать и совершенствовать структуру и стандарты. TeraGrid включает в себя множество независимых (внешних) ГРИД-сайтов: NCSA, SDSC, ANL, Caltech, PSC (под ETF)
2	GEANT	ЕС	В GEANT является результатом сотрудничества между 34 партнерами проекта: 32 европейских Ниос, ДАНТЕ и TERENA; и четырех Ассоциированных NREN. Соединение европейских ГРИД в единую систему осуществлено в рамках сетевого проекта
3	DataGrid	ЕС	В рамках «CoreGRID» ведутся работы по исследованию и разработке ГРИД-технологий (передача данных, программное обеспечение и приложения и т.д.)
4	DataGrid, BEinGRID, BRIEN в составе BEinGRID, SEE-GRID	ЕС	Управление знаниями, построение новых программных моделей и архитектур и т.д. Бизнес, коммерческое применение, развита инфраструктура в 12 странах ЕС
5	DataGrid, UK National Grid Service (NGS)	Великобритания	Разработка ПО промежуточного уровня, основанного на Globus и пакета CONDO. Решения задач в рамках EDG, принимаются задачи от проекта EGEE
6	D-GRID, 24 версии	Германия	Представленный в Германии ГРИД – является полноценной отраслью, способной выполнять практически любые задачи, которые ставят перед ней промышленность, наука и образование, бизнес и экономика, а также задачи в рамках евро- и мирового ГРИД-проекта
7	CNGrid, CEGP, EUChinaGRI DEC	Китай	Фундаментальные и прикладные исследования, объединение компьютерных сетей крупнейших университетов страны объединение европейских и китайских грид-систем

Грид-системы часто поддерживаются правительственными фондами с целью содействия быстрейшему научному открытию или экономическому развитию в стране или регионе. В эти «региональные грид-инфраструктуры» входят: ChinaGrid, TeraGrid и Open Science Grid в Соединенных Штатах, германский проект D-Grid, японский национальный исследователь-

ский проект NAREGI, английская программа e-Science Programm и EGEE и EGEE-II (Enabling Grids for E-sienceE) в Европе.

Так, например, EGEE обеспечивает гридом научную коллаборацию исследователей всего мира по таким разнообразным темам как моделирование тестирования лекарств против вируса гриппа H5N1 (avian flu virus) и обеспечение физиков всего мира возможностью проводить свои эксперименты в области физики высоких энергий, используя петабайты данных, генерируемые на Большом адронном коллайдере (LHC). Всеобъемлющий грид EGEE предоставляет ресурсы для любых приложений самой сложной структуры, но он также обеспечивает гибкость, необходимую для адекватного соответствия быстрым изменениям в формах организации, функционирования и распада групп в условиях различных организационных ограничений. Россия в рамках консорциум РДИГ является полноправным участником грида EGEE.

Отметим работы, которые ведутся в России в настоящее время в основном на базе зарубежного промежуточного программного обеспечения.

В рамках пилотного проекта модернизации вычислительной системы в МСЦ РАН был развернут кластер, состоявший из 160 блейд-серверов HP BladeSystem c-Class на базе двухъядерных процессоров Intel Xeon 5160 и архитектуры InfiniBand. На момент внедрения кластера это была одна из крупнейших в мире установок на базе блейд-серверов c-Class; производительность вычислительной системы достигала 7,7 TFLOPS. В рамках второго этапа проекта МСЦ РАН совместно с компаниями HP и Intel инициировали расширение вычислительного кластера до 470 блейд-серверов HP ProLiant BL460c (3760 вычислительных ядер) на базе четырехъядерных процессоров Intel Xeon 5365, что увеличит пиковую производительность системы до 45 TFLOPS. После завершения третьего этапа проекта пиковая производительность вычислительной системы достигнет 100 TFLOPS. Благодаря использованию самых современных блейд-технологий HP на базе четырехъядерных процессоров Intel суперкомпьютер МСЦ РАН максимально компактен — он занял лишь 18 стандартных серверных стоек. В результате система оказалась в 1,8 раза компактнее аналогичного решения на базе стандартных стоечных серверов и потребляет на 13% меньше электроэнергии.

При создании суперкомпьютера УГАТУ были в полной мере использованы международный опыт корпорации в области создания суперкомпьютеров, а также ключевые преимущества фирменных технологий энергосбережения, охлаждения, управления сложными системами. Суперкомпьютер УГАТУ имеет классическую для подобных систем массивно-параллельную архитектуру, но на стадии проработки технических решений было решено использовать самые современные технологии. Применение блейд-серверов IBM позволило снизить потребляемую мощность, уменьшить занимаемую площадь и упростить управление серверами. Объединение блейд-серверов в единую систему выполнено с помощью высокоскоростной технологии InfiniBand на базе 288-портового коммутатора Cisco с неблокируемой коммутационной матрицей, что гарантирует минимальные задержки в межпроцессорном взаимодействии. Для отвода тепла от оборудования в закрытом пространстве серверных стоек используется модульная система воздушно-водяных теплообменников Rittal LCP. Российская компания «Т-Платформы» представила новый проект под названием exCellenT-Platforms, в рамках которого планируется разработка и внедрение широкой линейки комплексных решений на базе процессоров Cell Broadband Engine (BE). Эти процессоры с архитектурой на базе RISC имеют одно центральное и восемь вычислительных ядер. Благодаря такой конструкции Cell обеспечивает очень высокую производительность в вычислениях с плавающей точкой.

В 2005 г. НПО «Сатурн» запустило в эксплуатацию свой первый вычислительный кластер на базе серверов IBM xSeries, который до настоящего времени остается самым высокопроизводительным в промышленности России и СНГ.

В настоящее время ведется разработка грид-системы ННС НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с Объединенным институтом

ядерных исследований, Петербургским институтом ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН и НИЦ «Курчатовский институт».

Предпосылки для успешного выполнения работ. Основываясь на результатах выполненной НИР по контракту № 02.514.11.4031 с Роснаукой, согласно которым теоретически и экспериментально была продемонстрирована возможность создания вычислительных комплексов для решения разноплановых связанных задач с помощью существующих независимых кодов на распределенных многопроцессорных вычислительных системах (РМВС), состоящих из различного класса компьютеров. На созданной экспериментальной версии системы, состоящей из РМВС, РБППО (распределенной библиотеки прикладного программного обеспечения) и ИС РБППО (интеллектуальной среды РБППО), в которую вошли:

– компьютеры РФЯЦ-ВНИИЭФ: супер ЭВМ под ОС Linux и ПК под ОС Windows, объединенные по протоколу TCP/IP;

– ПК НИЦ «Курчатовский институт» под ОС Windows, связанные по закрытому каналу VPN с компьютерами РФЯЦ-ВНИИЭФ;

– первая версия РБППО из вычислительных объектов (ВО), состоящих из кода или системы кодов и интеллектуальной оболочки (ИО), которая обеспечивает обмен данными между ИО в среде РМВС, а также между кодом и ИО. ВО образованы на базе кодов МСУ, СТЕПАН разработки НИЦ «Курчатовский институт» и КОРАТ 3D разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ расчета нейтронно-физических процессов, КОБРА разработки НИЦ «Курчатовский институт», РАТЕГ разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ расчета теплогидравлических процессов, визуализации и управления с программным пакетом SimWorT разработки ЗАО «ИнтерДум»;

– ИС РБППО в виде программного пакета PSS_IS.

С помощью разработанной системы были выполнены расчеты стационарных, нестационарных и аварийных режимов в активной зоне реактора РБМК.

Результаты работ были приняты комиссией по приемке заключительных этапов НИР по ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 годы», мероприятие 1.4 «Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований и создание научно-технического задела по перспективным технологиям в области информационно-телекоммуникационных систем» (Акт о приемке научно-исследовательской работы «Технология разработки программных комплексов, ориентированных на СуперЭВМ, для исследований функционирования сложных технических систем на всех этапах их жизненного цикла» по государственному контракту от 18 мая 2007 г. № 02.514.11.4031, шифр 2007-4-1.4-00-06-085, от 26 декабря 2008 г.).

Разработанная система была представлена на следующих мероприятиях:

– II Международная выставка и конгресс «Перспективные технологии XXI века» – сентябрь 2008 г.;

– Международный салон «Комплексная безопасность 2009» – май 2009 г.;

– IX Московский Международный салон инноваций и инвестиций – август 2009 г.;

– 3-й Международная выставка и конференция «Энергетика, и электротехника и промышленная электроника» – ноябрь 2009 г.

А также участвовала в конкурсах:

– в 2008 г. – «Перспективные технологии XXI века для реального сектора экономики», научно-техническая разработка «Технология разработки программных комплексов, ориентированных на СуперЭВМ, для исследований функционирования сложных технических систем на всех этапах их жизненного цикла» награждена дипломом и медалью лауреата конкурса;

– в 2009 г. – «Инновационные разработки и технология», разработка «Грид-система с суперЭВМ для разработки наукоемких, конкурентоспособных объектов новой техники» награждена дипломом и золотой медалью.

СПО ИС РБППО – программный пакет PSS_IS зарегистрирован в Роспатенте за номером № 2010616827 от 13.10.2010 г.

По сути дела, ключевые элементы грид-ИВПРВС были отработаны на РМВС. В этой системе ВО играют роль сервисов, не привязанных к определенным вычислительным ресурсам. Они могли функционировать как на суперЭВМ, так и на однопроцессорных ЭВМ. Роль ППО выполняет PSS. Система через шлюзы может взаимодействовать с различными вычислительными платформами. В РМВС реализованы функции самонастройки как в режиме формирования задачи с помощью ИО, так и в процессе ее решения, путем динамической перестройки расчетной модели с помощью ИО. Решены вопросы управления распределенной памятью с помощью PSS.

В течение 2008–2012 гг. РФЯЦ-ВНИИЭФ был выполнен большой объем работ по внедрению РМВС в различные организации (ОКБМ, ОКБГП, АЭП (М), АЭП (СПб), АЭП (НН)) на базе PSS и ее модернизации SMM (номер регистрации № 2014611971, дата 14.02.2014). Результаты выполненных работ отражены в научно-технических отчетах [1–16].

Макет ИВПРВС. Прежде чем приступить к разработке ИВПРВС, необходимо отработать все ее элементы на макете. Такой макет планируется создать на базе вычислительных ресурсов РФЯЦ-ВНИИЭФ и НИЦ «Курчатовский институт» либо АЭП СПб.

На базе макета ИВПРВС должна быть отработана технология создания российской версии интеллектуальной высокопроизводительной распределенной вычислительной системы для решения многоплановых задач научно-технического развития РФ с последующим внедрением ее в разработку полномасштабных ИВПРВС различного назначения.

Принципиальная схема макета приведена на рисунке.

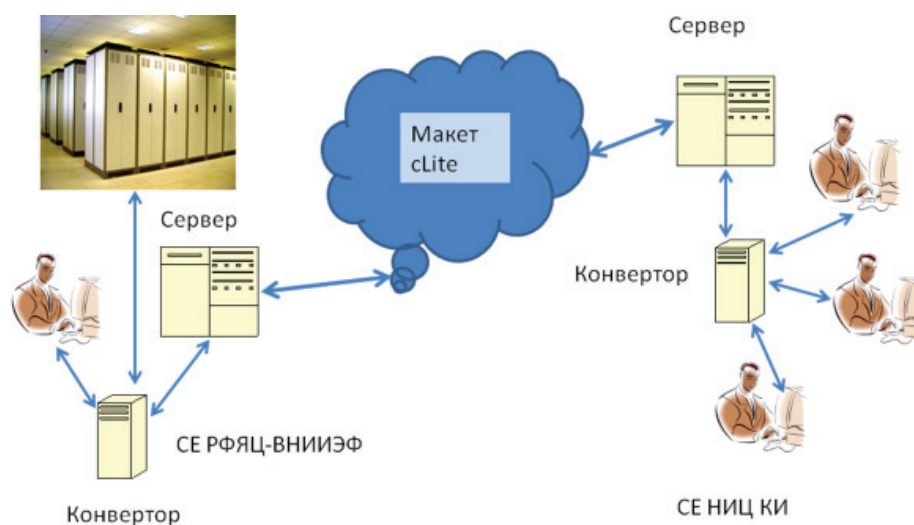


Схема макета ИВПРВС

На макете должно быть отработано следующее программное обеспечение.

Промежуточное ПО в составе:

- набор программ для установки на управляющий узел вычислительного кластера;
- набор программ, предназначенный для установки на узел хранения данных;
- набор программ, предназначенный для установки на каждый вычислительный узел кластера;
- набор программ, реализующих пользовательский интерфейс ИВПРВС;
- набор программ, реализующих систему управления загрузкой (ресурсов);
- набор программ, реализующих сервис автоматического обновления сертификатов;

- набор программ, реализующих файловую систему ИВПРВС;
- набор программ, реализующих виртуальные организации.

На прикладном программном обеспечении должны быть отработаны следующие технологии:

- оптимизация приложений по отношению к архитектуре;
- оптимизация архитектуры по отношению к приложениям;
- оптимизация производительности;
- эффективность энергопотребления;
- отказоустойчивость.

В качестве пользовательского программного обеспечения планируется использовать:

- коды расчета нейтронно-физических процессов в активных зонах реакторов: Программный комплекс ТДМСС (РФЯЦ-ВНИИЭФ);
- коды расчета тепловых и гидро- и газодинамических процессов в активной зоне, в теплообменниках и в элементах конструкции энергоблока: Пакет программ ЛОГОС (РФЯЦ-ВНИИЭФ);
- коды моделирования процессов деформации и разрушения в конструкциях ЯЭУ: Программный комплекс ЛЭГАК-ДК (РФЯЦ-ВНИИЭФ);
- набор кодов расчета АЭС, предложенные НИЦ КИ.

Заключение

Грид-системы нашли широкое распространение во всем мире, и часто поддерживаются правительственными фондами с целью способствовать быстрейшему научному открытию или экономическому развитию в стране или регионе. В эти «региональные грид-инфраструктуры» входят: ChinaGrid, TeraGrid и Open Science Grid в Соединенных Штатах, германский проект D-Grid, японский национальный исследовательский проект NAREGI, английская программа e-Science Programm и EGEE и EGEE-II (Enabling Grids for E-sienceE) в Европе.

Так, например, EGEE обеспечивает гридом научную коллаборацию исследователей всего мира по таким разнообразным темам как моделирование тестирования лекарств против вируса гриппа H5N1 (avian flu virus) и обеспечение физиков всего мира возможностью проводить свои эксперименты в области физики высоких энергий, используя петабайты данных, генерируемые на Большом адронном коллайдере (LHC). Всеобъемлющий грид EGEE предоставляет ресурсы для любых приложений самой сложной структуры, но он также обеспечивает гибкость, необходимую для адекватного соответствия быстрым изменениям в формах организации, функционирования и распада групп в условиях различных организационных ограничений.

Россия в рамках консорциум РДИГ является полноправным участником грида EGEE. В настоящее время в РФ ведется разработка грид-системы ННС НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с Объединенным институтом ядерных исследований, Петербургским институтом ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН и НИЦ «Курчатовский институт».

Статья подготовлена по материалам научно-исследовательской работы, выполненной ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по заданию № 2.39.2016/НМ Министерства образования и науки России на выполнение работ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Отчет «Создание модулей графического интерфейса расчетных кодов и их интеграция в ПТК (РАТЕГ, КОРСАР, ГУ ЛОГОС–РАТЕГ–НФ)» НИР.0-0-22-ОТ-071, инв. № НИР-Т-80, ОАО «СПбАЭП», 2011 г., 8/23677, 42 л, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2011 г.

2. Отчет «Разработка и согласование с РФЯЦ-ВНИИЭФ методики объединения кодов ЛОГОС и КОРСАР» Рег. № Т-2062, ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», 2011 г. 8/23575 18л, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2011 г.
3. Отчет «Модернизация ПК ТЕРМИТ для выполнения технических требований к ПТК «Виртуальный энергоблок» по состоянию на 4-й квартал 2011 г.» Рег. № Д-9517, ФГУП «НИТИ им. А.П. Алек-сандрова», 2011 г. 8/23641, 33 л, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2011 г.
4. Доработка ПС РК КОРСАР-САПФИР&РС для связи с управляющим комплексом и интеллектуальной распределенной средой обмена данными: отчет о НИР, Коротаев В.Г.; инв. № 8/22687. НИТИ, 2011.
5. Доработка ПС РК КОРСАР-САПФИР&РС для работы в составе ПТК и взаимодействия с PSS: отчет о НИР, Коротаев В.Г., инв. № Т-2048нс. НИТИ, 2011.
6. Реализация мероприятия «Создание концепции и технологии «Виртуальная АЭС с ВВЭР» проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий» в части работ по разработке программно-технического комплекса (ПТК) «Виртуальный энергоблок АЭС с ВВЭР». Модернизация программной оболочки интеграции расчетных кодов. Техническое задание: тех.задание; Образцов Е.П., Кремнев И.С., Соколов В.Г., инв. № 8/22722. СПБАЭП, 2011.
7. Отработка связки кодов ЛОГОС-РАСНАР на прикладных задачах проекта «виртуальной корабельной ЯЭУ»: отчет о НИР/ВНИИЭФ, Денисова О.В., Кривонос А.С., Тарасова Н.В., Ялозо А.В., инв. № 8/23842, г. Саров, 2012.
8. Пакет программ ЛОГОС. Некоторые алгоритмы решения сопряженных и связанных задач аэродинамики и теплопереноса: отчет о НИР/ВНИИЭФ, Зеленский Д.К., Глазунов В.А., Жучков Р.Н., Чистякова И.Н., Пучкова О.Л., Ялозо А.В., инв. № 8/24040, г. Саров, 2012.
9. Создание связи программных комплексов КОРАТ-3Д и РАТЕГ на основе технологии PSS: отчет о НИР/ВНИИЭФ; Воронова О.А., Данилов Ю.Ф., Деулин А.А., Евдокимов В.В., Кульнев Д.В., Лобанов П.С., Самигулин М.С., Шемякина Т.В., инв. № 8/20910, г. Саров, 2008.
10. Развитие методики КАРАТ в рамках программного комплекса РЕАКТОР: отчет о НИР/ВНИИЭФ, Деулин А.А., Максимов А.С., Осколкова О.О., Шемякина Т.В., инв. № 8/20911. г. Саров, 2008.
11. Разработка технологии связи комплексов ЛОГОС-2 и РАСНАР неявным методом: отчет о НИР/ВНИИЭФ, Козелков А.С., Тарасова Н.В., Лашкин С.В., Ялозо А.В., Деулин А.А., Лобанов П.С., инв. № 8/21592, г. Саров, 2009.
12. Система интеграции программных пакетов PSS версия 1.2: описание новых принципов обмена данными, расширение возможностей системы конвертирования: отчет о НИР/ВНИИЭФ; Кульнев Д.В., Деулин А.А., Шемякина Т.В., Лобанов П.С., Модянов Р.В., инв. № 8/21696, г. Саров, 2009.
13. Реализация связи пакетов программ ЛОГОС и РАСНАР (в рамках работ по теме: «Внедрение суперкомпьютерных технологий в новых проектах корабельных реакторных установок и разработки виртуальной корабельной ЯЭУ»): отчет о НИР/ВНИИЭФ, Денисова О.В., Деулин А.А., Козелков А.С., Тарасова Н.В., Ялозо А.В., инв. № 8/22972, г. Саров, 2011.
14. Технология проведения расчетов связанных и сопряженных задач в комплексе ЛОГОС Версия 3.1: отчет о НИР/ВНИИЭФ, Спиридонов В.Ф., Козелков А.С., Кульнев Д.В., Циберев К.В., Анищенко А.А., Потехин А.Л., Артамонов М.В., Алейников А.Ю., Гордеев А.В., Деулин А.А., Иванов К.В., Никитин В.А., Олесницкая К.К., Присташ М.М., Резвова Т.В., Кондрахина А.В., Лобанов П.С., Антипин И.А., Шубина М.А., Лопаткин А.И., Ялозо А.В., инв. № 8/23825, г. Саров, 2012.
15. Программный комплекс ЛОГОС для комплексного имитационного моделирования процессов аэро-, гидро-, газодинамики и упругопластического деформирования и прочности конструкций с учетом взаимного влияния этих процессов друг на друга, отчет о НИР/ВНИИЭФ, Спиридонов В.Ф., Козелков А.С., Кульнев Д.В., Циберев К.В., Анищенко А.А., Потехин А.Л., Артамонов М.В., Гордеев А.В., Деулин А.А., Иванов К.В., Никитин В.А., Олесницкая К.К., Присташ М.М., Резвова Т.В., Лобанов П.С., Антипин И.А., Лопаткин А.И., Ялозо А.В., Саразов А.В.; инв. № 8/24193, г. Саров 2012.
16. Костюков В.Е., Соловьев В.П., Шагалиев Р.М., Гребенников А.Н., Деулин А.А., Егоршин С.П., Шаменок И.О. (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»), Безлепкин В.В., Кухтевич В.О., Образцов Е.П. (ОАО «СПБАЭП»), Быков М.А., Мохов В.В. (ОАО «ОКБ ГИДРОПРЕСС»), Мигров Ю.А., Черных В.П. (ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»). Развитие суперкомпьютерных технологий для решения актуальных задач атомной отрасли. Журнал «Клуб 3Д. Инновационное проектирование», пятый выпуск, 2012 г., Нижний Новгород.

References

1. (2011) *Otchet «Sozdanie modulej graficheskogo interfejsa raschetnykh kodov i ih integracija v PTK (RATEG, KORSAR, GU LOGOS–RATEG–NF)» NIR.0-0-22-OT-071, inv. No. NIR-T-80, OAO «SPbAJeP»* [The Report, «Creating modules of GUI design codes and their integration into PTK (RATEG, CORSAIR, GU LOGO–RATEG–PF)», R&D 0-0-22-FROM-071, inv. No. NIR-T-80, JSC «SPbAEP»] 2011, 8/23677, 42-1, FSUE «RFNC-VNIIEF».
2. (2011) *Otchet «Razrabotka i soglasovanie s RFJaC-VNIIJeF metodiki ob#edinenija kodov LOGOS i KORSAR» Reg. No. T-2062, FGUP «NITI im. A.P. Aleksandrova»* [The Report «Development and coordination with RFNC-VNIIEF methods of combining codes LOGOS and CORSAIR» Reg. No. T-2062, FGUP NITI named after A.P. Alexandrov], 8/23575 18L, FSUE «RFNC-VNIIEF».
3. (2011) *Otchet «Modernizacija PK TERMIT dlja vypolnenija tehniceskikh trebovanij k PTK «Virtual'nyj jenergoblok» po sostojaniju na 4-j kvartal 2011g.» Reg. No. D-9517, FGUP «NITI im. A.P. Aleksandrova», 2011 g. 8/23641, 33 l, FGUP «RFJaC-VNIIJeF»* [Report «Upgrading the PC TERMITE to meet technical requirements of PTK «Virtual unit» as of the 4th quarter of 2011» Reg. No. D-9517, FGUP NITI named after A.P. Alexandrov, 2011. 8/23641, 33 l, FSUE «RFNC-VNIIEF»].
4. (2011) *Dorabotka PS RK KORSAR-SAPFIR&RC dlja svjazi s upravljajushhim kompleksom i intellektual'noj raspredelennoj sredoj obmena dannymi: otchet o NIR, Korotaev V.G., inv. No. 8/22687* [Revision PS RK KORSAR-SAPFIR&RC to communicate with the control facility and the source-term distributed data exchange environment: a research report, Korotaev V.G.; inv. No. 8/22687] NITI [NITI].
5. (2011) *Dorabotka PS RK KORSAR-SAPFIR&RC dlja raboty v sostave PTK i vzaimodejstvija s PSS: otchet o NIR, Korotaev V.G., inv. No. T-2048ns* [Revision PS RK KORSAR-SAPFIR&RC for operation in the PTC interact with the PSS: a research report, Korotaev V.G., inv. T-2048nc] NITI [NITI].
6. (2011) *Realizacija meroprijatija «Sozdanie koncepcii i tehnologii «Virtual'naja AJeS s VVJeR»» proekta «Razvitie superkomp'juterov i grid-tehnologij» v chasti rabot po razrabotke programmno-tehnicheskogo kompleksa (PTK) «Virtual'nyj jenergoblok AJeS s VVJeR». Modernizacija programnoj obolochki integracii raschetnykh kodov. Tehnicheskoe zadanie: teh.zadanie; Obrazcov E.P., Kremnev I.S., Sokolov V.G., inv. No. 8/22722* [The implementation of the event «Creation of concepts and technologies of the Virtual NPP with VVER», project «Development of supercomputers and grid technologies» in the part of works on development of program-technological complex (PTK) «Virtual unit of NPP with VVER». Modernization program of shell integration of computer codes. Technical specification: technical specifications; Specimens E.P., Kremnev I.S., Sokolov V.G., inv. No. 8/22722] SPbAJeP [SPbAEP].
7. (2012) *Otrabotka svjazki kodov LOGOS-RASNAR na prikladnykh zadachah proekta «Virtual'noj korabel'noj JaJeU»: otchet o NIR/VNIIJeF, Denisova O.V., Krivonos A.S., Tarasova N.V., Jaloza A.V., inv. No. 8/23842* [Testing of bundles of codes LOGOS-RASNAR on the application tasks of the project «The virtual naval nuclear power systems: research report Institute», Denisova O.V., Krivonos A.S., Tarasova N.I., Yalozo A.V., inv. No. 8/23842] Sarov [Sarov].
8. (2012) *Paket programm LOGOS. Nekotorye algoritmy reshenija soprjzhennyh i svjazannyh zadach ajerodinamiki i teploperenosa: otchet o NIR/VNIIJeF, Zelenskij D.K., Glazunov V.A., Zhuchkov R.N., Chistyakova I.N., Puchkova O.L., Jaloza A.V.; inv. No. 8/24040* [The LOGOS software. Some algorithms dealing and the associated problems of aerodynamics and heat transfer: research report Institute. Zelensky D.K., Glazunov V.A., Zhuchkov R.N., Chistyakova I.N., Puchkova O.L., Yalozo A.V., inv. No. 8/24040] Sarov [Sarov].
9. (2008) *Sozdanie svjazi programmnykh kompleksov KORAT-3D i RATEG na osnove tehnologii PSS: otchet o NIR/VNIIJeF. Voronova O.A., Danilov Ju.F., Deulin A.A., Evdokimov V.V., Kul'nev D.V., Lobanov P.S., Samigullin M.S., Shemyakina T.V., inv. No. 8/20910* [Creation of communication software systems KORAT-3D and RATEG technology PSS: research report Institute. Voronova O.A., Danilov Yu.F., Deulin A.A., Evdokimov V.V., Kulnev D.V., Lobanov P.S., Samigullin M.S., Shemyakina T.V., inv. No. 8/20910] Sarov [Sarov].
10. (2018) *Razvitie metodiki KARAT v ramkah programmogo kompleksa REAKTOR: otchet o NIR/VNIIJeF, Deulin A.A., Maksimov A.S., Oskolkova O.O., Shemyakina T.V., inv. No. 8/20911* [The development of CT techniques in the software package REACTOR: research report Institute. Deulin A.A., Maksimov S.A., Oskolkova O.O., Shemyakina T.V., inv. No. 8/20911] Sarov [Sarov].
11. (2009) *Razrabotka tehnologii svjazi kompleksov LOGOS-2 i RASNAR nejavnym metodom: otchet o NIR/VNIIJeF, Kozelkov A.S., Tarasova N.V., Lashkin S.V., Jaloza A.V., Deulin A.A., Lobanov P.S., inv. No. 8/21592*

[The development of communications technology complexes LOGOS-2 and RASNAR implicit method: a research report «RFNC-VNIIEF» R&D Institute, Kozelkov A.S., Tarasova N.I., Laskin S.V., Yalozo A.V., Deulin A.A., Lobanov P.S., inv. No. 8/21592] *Sarov* [Sarov].

12. (2009) *Sistema integracii programmnykh paketov PSS versija 1.2: opisaniye novykh principov obmena dannymi, rasshireniye vozmozhnostey sistemy konvertirovaniya: otchet o NIR/VNIIJeF; Kul'nev D.V., Deulin A.A., Shemyakina T.V., Lobanov P.S., Modjanov R.V., inv. No. 8/21696* [System integration software packages PSS version 1.2: Description of new principles of data exchange, empowerment system conversion: research reportio RFNC-VNIIEF R&D Institute; Kulnev V.D., Deulin A.A., Shemyakina T.V., Lobanov P.S., Modyanov R.V., inv. No. 8/21696] *Sarov* [Sarov].

13. (2011) *Realizatsiya svyazi paketov programm LOGOS i RASNAR (v ramkah rabot po teme: «Vnedreniye superkomp'yuternykh tekhnologiy v novykh proektakh korabel'nykh reaktornykh ustanovok i razrabotki virtual'noj korabel'noj JaJeU»): otchet o NIR/VNIIJeF, Denisova O.V., Deulin A.A., Kozelkov A.S., Tarasova N.V., Yalozo A.V., inv. No. 8/22972* [Implementation of communication software packages such as LOGOS and RASNAR (in the framework of works on the topic: «Implementation of supercomputer technologies in new projects naval reactor plant and development of virtual naval nuclear power systems: R&D report» RFNC-VNIIEF Institute, Denisova O.V., Deulin, A.A., Kozelkov A.S., Tarasova N.I., Yalozo A.V., inv. No. 8/22972] *Sarov* [Sarov].

14. (2012) *Tekhnologiya provedeniya raschetov svyazannykh i sopryazhennykh zadach v komplekse LOGOS Versiya 3.1: otchet o NIR/VNIIEF, Spiridonov V.F., Kozelkov A.S., Kul'nev D.V., Tsiberev K.V., Anishchenko A.A., Potekhin A.L., Artamonov M.V., Aleynikov A.Yu., Gordeev A.V., Deulin A.A., Ivanov K.V., Nikitin V.A., Olesnitskaya K.K., Pristash M.M., Rezvova T.V., Kondrakhina A.V., Lobanov P.S., Antipin I.A., Shubina M.A., Lopatkin A.I., Yalozo A.V., inv. No. 8/23825* [The technology of calculations associated and conjugate problems in complex LOGOS Version 3.1: R&D report. RFNC-VNIIEF Institute, Spiridonov V.F., Kozelkov A.S., Kulnev D.V., Zibarev K.V., Anishchenko A.A., Potekhin A.L., Artamonov M.V., Aleynikov A.Yu., Gordeev A.V., Deulin A.A., Ivanov K.V., Nikitin V.A., Olesnicky K.K., Pristach M.M., Rezvova T.V., Kondrahin V.A., Lobanov S.P., Antipin I.A., Shubin M.A., Lopatkin A.I., Yalozo A.V., inv. No. 8/23825] *Sarov* [Sarov].

15. (2012) *Programmnyy kompleks LOGOS dlya kompleksnogo imitatsionnogo modelirovaniya protsessov aero-, gidro-, gazodinamiki i uprugoplasticheskogo deformirovaniya i prochnosti konstruktсий s uchetom vzaimnogo vliyaniya etikh protsessov drug na druga, otchet o NIR/VNIIEF, Spiridonov V.F., Kozelkov A.S., Kul'nev D.V., Tsiberev K.V., Anishchenko A.A., Potekhin A.L., Artamonov M.V., Gordeev A.V., Deulin A.A., Ivanov K.V., Nikitin V.A., Olesnitskaya K.K., Pristash M.M., Rezvova T.V., Lobanov P.S., Antipin I.A., Lopatkin A.I., Yalozo A.V., Sarazov A.V.; inv. No. 8/24193* [Software complex LOGOS for complex simulation processes of Aero-, hydro-, gas dynamics, and elastic-plastic deformation and strength of structures with consideration for mutual influence of these processes on each other, R&D report. RFNC-VNIIEF Institute, Spiridonov V.F., Kozelkov A.S., Kulnev D.V., Zibarev K.V., Anishchenko A.A., Potekhin A.L., Artamonov M.V., Gordeev A.V., Deulin A.A., Ivanov K.V., Nikitin V.A., Olesnicky K.K., Pristach M.M., Rezvova T.V., Lobanov P.C., Antipin I.A., Lopatkin A.I., Yalozo A.V., Tarasov A.V., inv. No. 8/24193] *Sarov* [Sarov].

16. (2012) *Razvitiye superkomp'yuternykh tekhnologiy dlya resheniya aktual'nykh zadach atomnoy otrasli. Kostyukov V.E., Solov'ev V.P., Shagaliev R.M., Grebennikov A.N., Deulin A.A., Egorshin S.P., Shamenok I.O. (FGUP «RFYaTs-VNIIEF»), Bezlepkin V.V., Kukhtevich V.O., Obratsov E.P. (OAO «SPbAEP»), Bykov M.A., Mokhov V.V. (OAO «OKB GIDROPRESS»), Migrov Yu.A., Chernykh V.P. (FGUP «NITI im. A.P. Aleksandrova»)* [Development of supercomputer technologies for solving urgent problems of the nuclear industry. Kostyukov V.E., Solov'ev V.P., Shagaliev R.M., Grebennikov A.N., Deulin A.A., Egorshin S.P., Shamenok I.O. (FSUE «RFNC-VNIIEF»), Bezlepkin V.V., Kukhtevich V.O., Obratsov E.P. (JSC «SPbAEP»), Bykov M.A., Mokhov V.V. (JSC «Design Bureau HYDRO-PRESS»), Migrov Y.A., Chernykh V.P. (FGUP NITI named after A.P. Alexandrov)] *Zhurnal «Klub 3D. Innovatsionnoye proektirovaniye», pyatyy vypusk, 2012 g. Nizhniy Novgorod* [The magazine «Club 3D. Innovative design», fifth edition. Nizhny Novgorod].