



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Суперкомпьютерные технологии в промышленности. Опыт применения и актуальные задачи

**Начальник научно-исследовательского отдела
ИТМФ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
д-р физ.-мат. наук
Ю.Н. Дерюгин**

23 октября 2013 г.

Суперкомпьютерные технологии (СКТ) – технологии расчетного обоснования сложных изделий промышленности на качественно новом уровне

Стратегическая цель:

Обеспечение уровня предсказательного моделирования

СКТ основываются на использовании:

- ✓ современных мощных суперЭВМ;
- ✓ более полных и универсальных физико-математических моделях и высокоточных математических методах;
- ✓ полномасштабных компьютерных (виртуальных) моделях высокотехнологичных изделий

Развитие СКТ направлено на решение ключевых задач создания и сопровождения высокотехнологичных изделий на всех этапах его жизненного цикла:

Проектирование и конструкторско-технологическая обработка

Изготовление

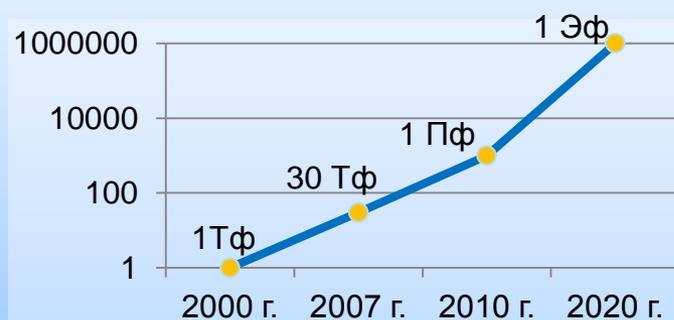
Испытание

Производство

Утилизация



Рост производительности суперЭВМ



Во всем мире СКТ позиционируется как безальтернативный инструмент создания и сопровождения высокотехнологичной продукции

Исследование и обоснование характеристик и безопасности в различных режимах функционирования высокотехнологичных изделий; Высокая информативность

Повышение качества разработки и сокращение сроков

Сокращение количества натуральных испытаний

Снижение себестоимости

Повышение качества и тактико-технических характеристик

Повышение конкурентоспособности



Ключевая задача: создание на базе СКТ типовых компьютерных моделей высокотехнологичных изделий и их широкое внедрение в работы предприятий 3

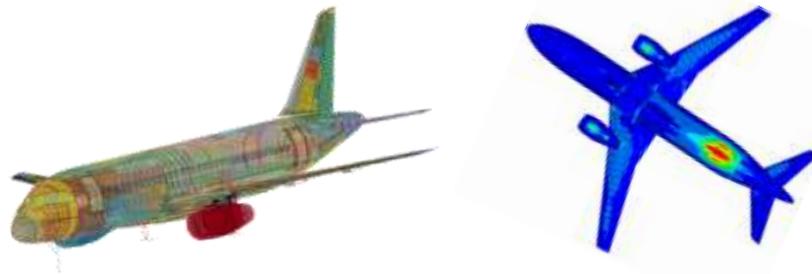
Обоснование безопасности жесткой посадки пассажирского самолета SuperJet-100



Традиционные технологии

✓ **Невозможность проведения натуральных испытаний (стоимость эксперимента = стоимость самолета ~ 900 млн.руб.)**

✓ **Человеческая жизнь бесценна**



Новые технологии

Полномасштабная компьютерная модель с учетом всех конструктивных элементов

Высокий уровень детализации: 12 млн. ячеек суперЭВМ петафлопсного класса: 3 600 ядер

Проведен полный цикл расчетных исследований по анализу безопасности конструкции современного пассажирского лайнера в условиях посадки без шасси

Получен сертификат безопасности «Международного авиационного комитета» без проведения эксперимента

Автомобильная промышленность

Компания	Volvo 	GM 	Toyota 
Результаты применения	<p>Модель Volvo S60 – снижение затрат на испытания в 25 раз</p>	<p>Модель Chevrolet Tahoe – снижение затрат на инжиниринг 40%, снижение сроков разработки в 2,5 раза</p>	<p>Модель Toyota Camry – снижение сроков разработки в 3,6 раза</p>

Авиастроение

Компания Boeing (Boeing787):

- сокращение количества реальных испытаний опытных образцов в **7** раз,
- сокращение на **1** год сроков разработки,
- экономический эффект: **2 млрд. \$**



Военная промышленность

Разработка американской подводной лодки нового поколения Virginia:

- экономия: **сотни млн. \$ (~10-15%)**
- уменьшение сроков разработки на **20** месяцев (**~25%**)

Высокий уровень внедрения СКТ – существенный фактор, определяющий темпы развития и конкурентоспособность ОПК и высокотехнологичных отраслей промышленности

Мощная государственная поддержка СКТ в странах-лидерах мирового рынка

США

Законы:

- «О поддержке суперкомпьютерных вычислений» (Public Law 102-194, 1991)
- «Америка конкурирует» (H.R. 2272, 2007)

Постоянно действующие программы:

- ✓ **ASC** (DOE: развитие СКТ в интересах поддержания и совершенствования ядерного арсенала) (с 1995)
 - ✓ **ASCR** (DOE: «мирный» аналог ASC) (с 2001)
 - ✓ **EISC** (DOE: развитие эксафлопсных технологий)
 - ✓ **программы NSF** (Национальный научный фонд)
 - ✓ **HPCMP** (DOD: программа министерства обороны) (с 1993)
- Межведомственная координация программ: **NITRD**

**Евро-
союз**

Централизованные программы по созданию общеевропейской инфраструктуры поддержки высокопроизводительных вычислений: **DECI, PRACE (EESI, TEXT)**
Проекты, направленные на развитие численных методов, ПО и компьютерных моделей в интересах промышленности: **VIVACE, NURISP, NURISM** и др.

СКТ – мощное оружие в конкурентной борьбе на высокотехнологичном рынке

75% крупнейших высокотехнологичных компаний США (автомобилестроение, аэрокосмос, нефтедобыча, электроника, фармацевтика и др.), заявили, что **не смогли бы конкурировать** на рынке без применения **суперкомпьютерных вычислений** (данные IDC, 2008 год, по заказу Совета по конкурентоспособности США)

- **Boeing: модель Boeing-787** – сокращение испытаний опытных образцов в **7 раз**, уменьшение сроков разработки на **1 год**, экономический эффект ~ **\$ 2 млрд.**
- **General Motors: при разработке новых моделей автомобилей** – сокращение расходов на инжиниринг на **40%**, уменьшение сроков разработки – в **2.5 раза**

Пакеты программ	США, Евросоюз	Россия
Коммерческие пакеты программ STAR-CD (CCM+) ANSYS, LS-DYNA, ABAQUS, NASTRAN, MATFLOW и другие	Продукты для коммерческого рынка (решение основных классов задач: гидро-,аэродинамики, прочности и т.д.)	Основные пакеты программ, используемые на предприятиях России. Полная зависимость от зарубежных коммерческих пакетов
Пакеты программ крупных промышленных компаний: Boeing, Airbus, General Motors, Toyota	Специализированные пакеты – основной инструмент проектирования продукции. Имеют закрытый характер и не доступны для широкого использования. Основа для разработки компьютерных моделей высокотехнологичных изделий крупных компаний.	Недоступны для использования в России



Широкая научно-промышленная кооперация – более 40 участников

РАН
(НИИСИ, ИПМ и др.)

**Отраслевые КБ, НИИ,
предприятия**

Минобрнауки
(ННГУ, КГУ и др.)

**IT-
компании**

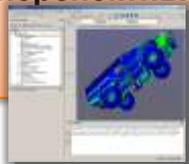
Основные результаты реализации

Отечественные Компоненты СКТ

Программное обеспечение для имитационного моделирования на суперЭВМ, промышленное внедрение в проектирование и разработку перспективной продукции

Виртуальные модели технических систем, промышленное внедрение в проектирование и разработку перспективной продукции

Базовый ряд суперЭВМ, системное программное обеспечение, технологии удаленного доступа



Области применения:

ЯОК

ОПК, стратегические отрасли промышленности
(авиастроение, РКО, атомная энергетика, автомобилестроение)

**Компетенции
РФЯЦ-ВНИИЭФ в
области
создания
супер-ЭВМ**



- ✓ архитектура супер-ЭВМ
- ✓ инженерные решения
- ✓ проектирование и разработка
- ✓ создание вычислительных центров «под ключ»
- ✓ компоненты супер-ЭВМ собственной разработки
- ✓ универсальное системное программное обеспечение

Базовый ряд супер-ЭВМ РФЯЦ-ВНИИЭФ



Сверхмощные супер-ЭВМ

Вычислительный центр
РФЯЦ-ВНИИЭФ для решения задач ЯОК и
стратегических отраслей промышленности

**Вычислительные системы
среднего класса**

Отраслевые и региональные центры
(МО РФ и др.)



**Компактные
супер-ЭВМ**

Массовый продукт для предприятий
промышленности, организаций науки и
образования

ВЦ РФЯЦ-ВНИИЭФ – Федеральный Центр коллективного пользования

- В составе ВЦ 6 современных высокопроизводительных супер-ЭВМ собственной разработки, в том числе самая мощная в России
- Супер-ЭВМ объединены в единый Вычислительный Комплекс, интегрированный в вычислительную сеть в защищенном исполнении
- ВЦ оснащен современными инженерными системами
- Системное программное обеспечение для супер-ЭВМ различного класса
- Прикладное программное обеспечение для имитационного моделирования на супер-ЭВМ
- Многоуровневая система хранения данных, система визуализации
- Аппаратно-программные средства защиты информации

Структура вычислительного центра РФЯЦ-ВНИИЭФ



Назначение высокопроизводительного вычислительного комплекса:

- Решение задач ГОЗ и оборонных отраслей
- Решение задач предсказательного моделирования в интересах гражданских отраслей промышленности: атомной энергетики, авиастроения, автомобилестроения, ракетно-космической отрасли и др.



Супер-ЭВМ разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ (2001-2012)

Дата создания	Место в России (на момент создания)
01.2001	1
10.2004	1
12.2006	1
12.2007	1
03.2011	1
12.2011	1
12.2012	1

- ✓ Передовые технические характеристики
- ✓ Уровень загрузки – 95%



РОСАТОМ

Компактные супер-ЭВМ разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ



- ✓ **Новый продукт в России**
- ✓ **Технико-экономические характеристики – мировой уровень**
- ✓ **Высокая конкурентоспособность на рынке**

Поставка КС-ЭВМ РФЯЦ-ВНИИЭФ предприятиям высокотехнологичных отраслей



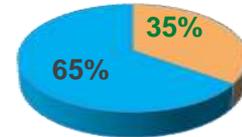
ЦЕЛЬ: Массовое оснащение:
 - промышленности
 - науки
 - образования



ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
 — 2010 год: 1.1 Тфлопс
 — 2011 год: 3.1 Тфлопс
 — 2012 год: 5 Тфлопс

ИТОГО (2010-2012 гг.):
 более 80 КС-ЭВМ

Оснащение промышленности супер-ЭВМ



КС-ЭВМ РФЯЦ-ВНИИЭФ

Супер-ЭВМ других производителей

- Приняты Госкомиссией
- Серийное производство
- «Продукт года-2011» (Softool-2011), 12 дипломов российских и международных выставок и форумов



17-21 мая 2010 «Ярмарка атомного машиностроения-2010» (Н.Новгород, ВЗАО «Нижегородская ярмарка») – **Диплом**

15-18 июня 2010 Выставка в рамках Санкт-Петербургского экономического форума (Санкт-Петербург) – **Диплом**

21-25 июня 2010 «НЕФТЕГАЗ-2010» (Москва, Экспоцентр) – **Диплом**

15-19 июля 2010 «ИННОПРОМ» (Екатеринбург) – **Диплом**

27-30 октября 2010 «Россия Единая-2010» (Н.Новгород, ВЗАО «Нижегородская ярмарка») – **Диплом**

18-21 апреля 2011 XII Международный форум «Высокие Технологии-2011» (Москва)

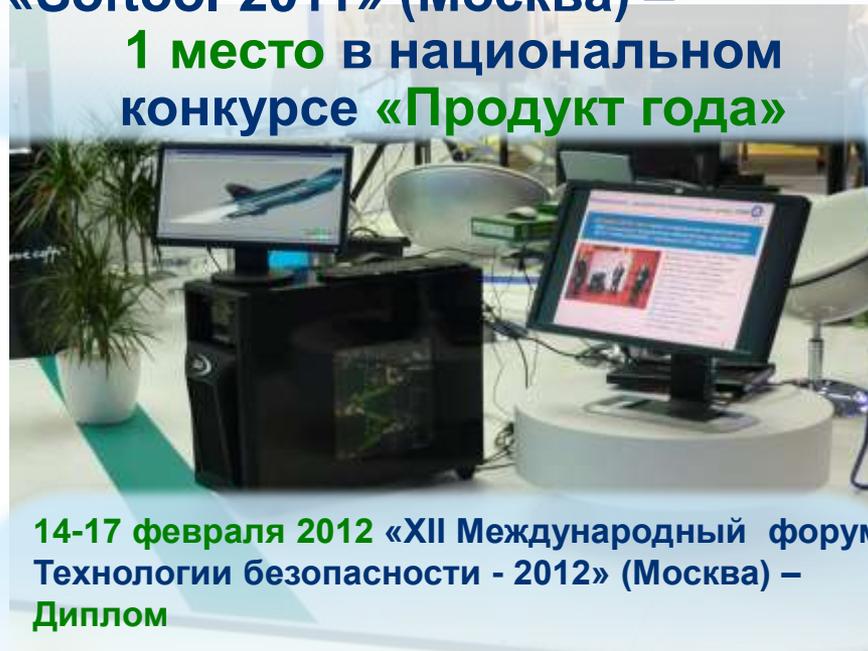
26 апреля 2011 «IT Forum 2020» (Н.Новгород, ВЗАО «Нижегородская ярмарка»)

6-8 июня 2011 «АТОМЭКСПО-2011» (Москва, ЦВЗ Манеж) – **Диплом**

12-16 сентября 2011 «RAO/CIS Offshore 2011» (Санкт-Петербург) – **Диплом**

5-8 октября 2011 «Россия Единая» (Нижний-Новгород)

25-28 октября 2011
«Softool-2011» (Москва) –
1 место в национальном конкурсе «Продукт года»



14-17 февраля 2012 «XII Международный форум Технологии безопасности - 2012» (Москва) – **Диплом**

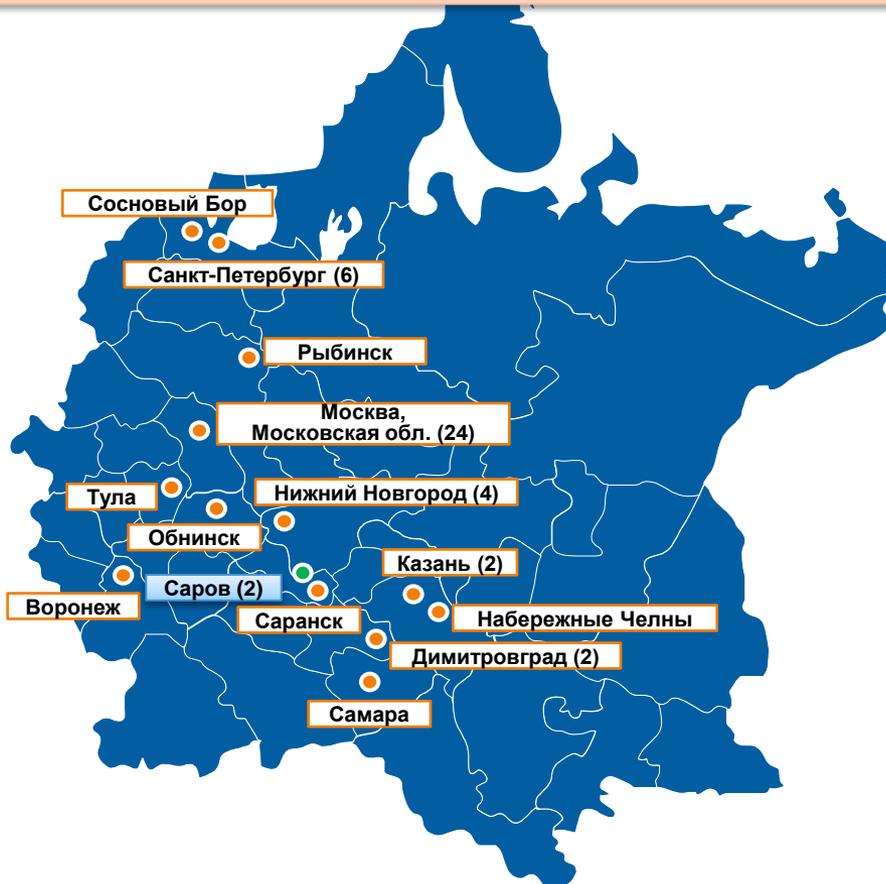
13-15 марта 2012 «Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Санкт-Петербург) – **Диплом**

4-6 июня 2012 «IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ АТОМЭКСПО - 2012» (Москва) – **Диплом**

14-15 июня 2012 «VI Международный научно-промышленный форум «Ярмарка атомного машиностроения» (Н.Новгород) – **Диплом**

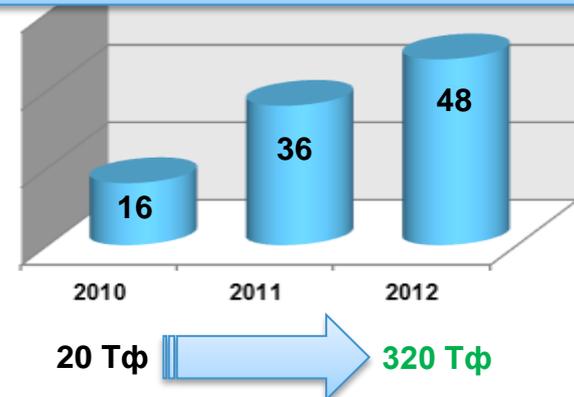
Вычислительный Центр Коллективного Пользования РФЯЦ-ВНИИЭФ

Создана технология предоставления вычислительных ресурсов супер-ЭВМ РФЯЦ-ВНИИЭФ предприятиям ОПК и стратегических отраслей промышленности для проведения расчетов в удаленном режиме, в том числе в защищенном исполнении



Подключено **48** предприятий ОПК и стратегических отраслей промышленности (авиастроение, ракетно-космическая отрасль, атомная энергетика) и других организаций

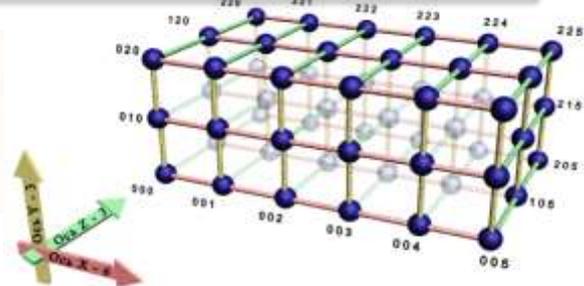
Количество предприятий, подключенных к ВЦКП и объем предоставляемых вычислительных ресурсов



Отечественная система межпроцессорных обменов (СМПО) – ключевая аппаратная компонента супер-ЭВМ

Впервые в России разработан и изготовлен высокопроизводительный коммутатор и интерфейс связи с вычислительным модулем в одном кристалле:

- ✓ разработана отечественная коммуникационная среда - СМПО с пиковой производительностью линка **40 Гбит/с**;
- ✓ создана полнофункциональная библиотека межпроцессорных обменов в стандарте MPI;
- ✓ на базе СМПО создана экспериментальная вычислительная система (24 вычислительных узла), производительностью **3,5 Тфлопс**.



Перспективы:

- ✓ уменьшение коммуникационной задержки и увеличение пропускной способности за счет оптимизация логических блоков;
- ✓ создание экспериментальной вычислительной системы на базе СМПО производительностью 10 ТФлопс;
- ✓ подготовка проекта к переводу на СБИС.

ЦЕЛЬ: Ликвидация зависимости от импорта компонент, критичных для создания супер-ЭВМ

	ЛОГОС-CFD
	ЛОГОС-Прочность (ЛЭГАК-ДК)
	ДАНКО+ГЕПАРД
	НИМФА

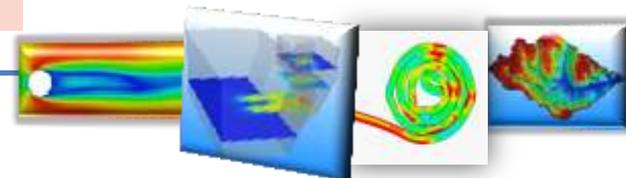
Моделируемые процессы:

- аэро-, гидро-, газодинамика
- тепломассоперенос
- турбулентное перемешивание
- прочность
- деформация
- разрушение
- многофазная фильтрация и др.

Области применения:

- Авиастроение
- Атомная энергетика
- Автомобилестроение
- Ракетно-космическая отрасль
- Нефтегазовая отрасль
- Нефтехимическая отрасль
- Строительная отрасль и др.

- Созданы **базовые версии пакетов программ**
- Охват основных классов задач промышленности
- Адаптированы под решение задач 4 отраслей: авиастроения, атомной энергетике, автомобилестроения, ракетно-космической отрасли (ОАО «ОКБ Сухого», ОАО НПО «Сатурн», ФГУП «ЦАГИ», «СПБАЭП», ОАО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», ОАО «ОКБМ Африкантов», ОАО «КАМАЗ», ФКП «НИЦ РКП» и др.)
- Продукт, отчуждаемый от разработчика
 - оснащено более **230** рабочих мест на **22** предприятиях
 - предприятиями просчитано **7265** задач
- Продукт передового научно-технического уровня, участники разработки – более **40** ведущих предприятий, отраслевых НИИ и КБ, научных школ
- Пакеты программ **сертифицированы** по ГОСТ Р, **приняты** Межведомственной Комиссией



МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫЙ ЭФФЕКТ

1

Неотъемлемый компонент проектирования и создания высокотехнологичных изделий промышленности

- **Широкая область применения:** до **70%** основных классов задач предприятий
- **Адаптировано** под задачи ОПК, авиастроения, атомной энергетики, автомобилестроения, ракетно-космической отрасли
- **Базовый компонент** виртуальных моделей сложных технических систем:
7 моделей **4** отраслей

2

Импортонезависимость, снятие жестких ограничений для ОПК

- На **100%** собственная разработка
- **Доступны** всем предприятиям России

3

Наукоемкий продукт мирового уровня

- Участие в разработке **лучших** научных школ, **ведущих** НИИ и КБ
- Комплексное моделирование. Ускорение расчетов в десятки тысяч раз



Пакеты программ для имитационного моделирования на суперЭВМ разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

Актуальность создания



Варианты применения пакетов программ имитационного моделирования в России

Использование зарубежных пакетов программ имитационного моделирования на суперЭВМ

- Сложность адаптации за счет недоступности кодов пользователям;
- Существенные ограничения для предприятий ОПК и стратегических отраслей;
- Одностороннее прекращение поставки новых версий и технической поддержки;
- Значительные финансовые затраты;

Оценка единовременного оснащения потенциальных потребителей в России: 20 млрд. руб.

Оценка затрат на примере ИТМФ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»:

Оснащение 150 мест разработчиков:

330 млн. руб. – закупка лицензионного программного обеспечения

150-200 млн.руб.– ежегодная техническая поддержка

Использование отечественных пакетов программ разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

- Возможность глубокой адаптации под специфику задач предприятий
- Доступность всем без исключения предприятиям России
- Оснащение на безвозмездной основе. Стоимость техподдержки существенно ниже, чем у зарубежных аналогов
- Создание компьютерных моделей, адаптированных под изделия промышленности
- Возможность работы на суперЭВМ различной архитектуры

Актуальные задачи по развитию отечественных пакетов программ

- Развитие средств препостпроцессинга;
- Повышение быстродействия на выделенных классах задач;
- Адаптация применительно к использованию на суперЭВМ принципиально новой архитектуры.

Виртуальная модель - комплекс систем взаимосвязанных расчётов и виртуальных испытаний на основе мультифизического моделирования на суперЭВМ.

Типовое решение для обработки различных образцов изделий

Уникальные базы знаний предприятий (свойства материалов, типовые модули, экспериментальные данные для валидации и т.п.)

Пакеты программ для имитационного моделирования на суперЭВМ, адаптированные под специфику отраслей

Базы данных геометрий, свойств материалов

2012 год: Созданы пилотные версии:

Головной разработчик	Виртуальная модель	Подтверждение эффективности на конкретных образцах изделий
ОАО «Компания «Сухой»	самолет (двигатель)	SSJ-100, Су-35, УРБК
ОАО «СПБАЭП»	виртуальная АЭС с ВВЭР	АЭС-2006, ВВЭР ТОИ
ОКБМ Африкантов	виртуальная корабельная ЯЭУ	АПЛ проектов «Ясень», «Борей», РУ РИТМ-200 ледокола нового поколения
ОАО «КАМАЗ»	виртуальный автомобиль	КАМАЗ-5490, 5308, 43269
ФКП «НИЦ РКП»	виртуальные модели изделий РКТ	ЖРД РД0146, РН «Русь-М», «Союз»

приняты Межведомственной Комиссией и введены в **опытную эксплуатацию** на выделенных предприятиях

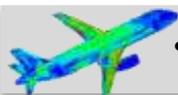
Уникальные продукты межотраслевой кооперации, недоступные на рынке

Необходимый инструмент для повышения конкурентоспособности продукции

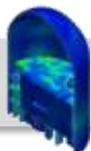
✓ Созданы на базе отечественных пакетов программ

✓ Уникальная межотраслевая разработка

✓ Новое качество моделирования сложных технических систем в условиях реальной эксплуатации



• виртуальный самолет (двигатель)



• виртуальная АЭС с ВВЭР



• виртуальная корабельная ЯЭУ



• виртуальный автомобиль



• виртуальные модели изделий РКТ

- 2012 год: **пилотные версии**
- **отработаны** на конкретных образцах перспективных изделий: SSJ-100, Су-35, УРБК, КАМАЗ-5490, 5308, 43269, АЭС-2006, ВВЭР ТОИ, ЖРД РД0146, РН «Русь-М», «Союз», АПЛ проектов «Ясень», «Борей», РУ РИТМ-200 для ледокола нового поколения
- **приняты** Межведомственной Комиссией
- введены в **опытную эксплуатацию** на предприятиях

Предприятия – основные участники разработки



Виртуальная модель

Адаптированные программные средства имитационного моделирования на супер-ЭВМ

Многофункциональные отечественные пакеты программ имитационного моделирования на супер-ЭВМ РФЯЦ-ВНИИЭФ

Специализированные коды предприятий

Расчетные компьютерные модели изделий и их элементов

Детальные дискретные сеточные модели

Наборы типовых модулей

Базы данных

3D геометрии изделий и их элементов

Начальные и граничные условия, соответствующие различным режимам эксплуатации

Характеристики веществ и материалов

Экспериментальные данные для валидации

Постановки тестовых расчетов

Результаты верификационных и валидационных расчетов

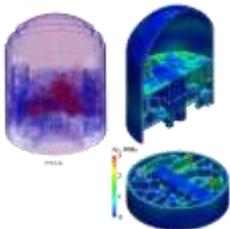
Виртуальные модели – основа новой технологии проектирования высокотехнологичной продукции

Виртуальные модели –
продукт межотраслевой кооперации,
недоступный на рынке

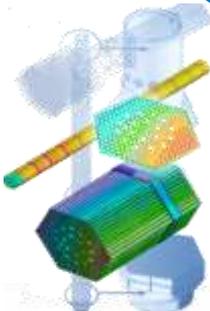


В результате внедрения СКТ:

Связанный расчет
горения водорода и
НДС в помещениях
контейнера АЭС с
ВВЭР-1000
(ДАНКО+ГЕПАРД)



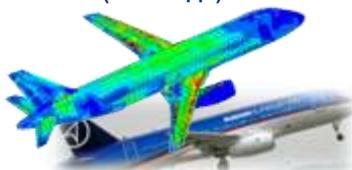
Моделирование
гидродинамики
теплоносителя в
ТВС АЭС-2006 РУ с
ВВЭР (ЛОГОС)



Моделирование
старта РН со
стартового
комплекса
космодрома
«ВОСТОЧНЫЙ»
(ЛОГОС)



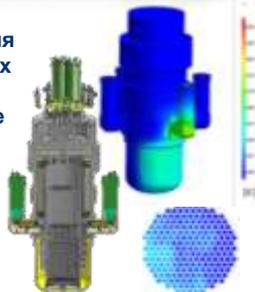
Моделирование аварийной
посадки без шасси
пассажирского самолета SSJ-100
(ЛЭГАК-ДК)



Моделирование
аэродинамики самолета
SSJ-100 (ЛОГОС)



Расчеты смешения
неизотермических
поток в
напорной камере
РУ РИТМ-200
(ЛОГОС)



Моделирование
подрыва на mine
бронированных
автомобилей
(ЛЭГАК-ДК)



- ✓ Создана основа для перехода к новой технологии разработки авиационной техники
- ✓ Разработана технология точного прогнозирования поведения конструкции ЛА в реальных условиях

- ✓ Созданы качественно новые технологии обоснования проектных решений АЭС с ВВЭР
- ✓ Разработана новая технология проектирования и комплексной отработки корабельных ЯЭУ, пригодная для проектирования ЯЭУ малой и средней мощности

- ✓ Разработаны предложения по реорганизации процессов проектирования на основе масштабного внедрения СКТ на ОАО «КАМАЗ»
- ✓ Обеспечено сокращение объемов испытаний на пассивную безопасность в 2-3 раза

- ✓ Создана основа новой технологии отработки двигателя РД0146: сокращение экспериментальной отработки в 4-5 раз (6-10 двигателей вместо 25-50)
- ✓ Введено обязательное полномасштабное расчетное моделирование при отработке критических режимов работы РКС



Программно-технический комплекс «Виртуальный энергоблок АЭС с ВВЭР»



- ✓ Моделирование всех основных систем энергоблока
- ✓ Отработка технологии на базе проектов ЛАЭС-2

Разработчики: ОАО «СПБАЭП», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ФГУП «НИТИ им.Александрова»



Практические результаты:

- создана качественно новая технология обоснования проектных решений АЭС с ВВЭР с использованием суперЭВМ;
- в ОАО «СПБАЭП» создан самый крупный в Санкт-Петербурге суперкомпьютерный центр, оснащенный суперЭВМ РФЯЦ-ВНИИЭФ (46,1 ТФлопс), технология отработана на примере проекта ЛАЭС-2.

Мультипликативный экономический эффект:

2011-2012 гг. – исправление несоответствий проектной документации 1-ого энергоблока ЛАЭС-2: **~250 млн. рублей**

Создан уникальный программно-технический комплекс (ПТК) для имитационного моделирования всех основных систем энергоблоков ВВЭР



Практические результаты:

- создана качественно новая технология обоснования проектных решений АЭС с ВВЭР с использованием суперЭВМ;
- в ОАО «СПБАЭП» создан самый крупный в Санкт-Петербурге суперкомпьютерный центр, оснащенный суперЭВМ РФЯЦ-ВНИИЭФ (46,1 Тфлопс), технология отработана на примере проекта ЛАЭС-2.

Мультипликативный экономический эффект:

2011-2012 гг. – исправление несоответствий проектной документации 1-ого энергоблока ЛАЭС-2:
~250 млн. рублей

«Виртуальный энергоблок АЭС с ВВЭР» - совокупность расчетных моделей, баз данных и программно-аппаратных средств, воспроизводящих работу энергоблока АЭС с ВВЭР (ЛАЭС-2)



Примеры решения на супер-ЭВМ практических задач

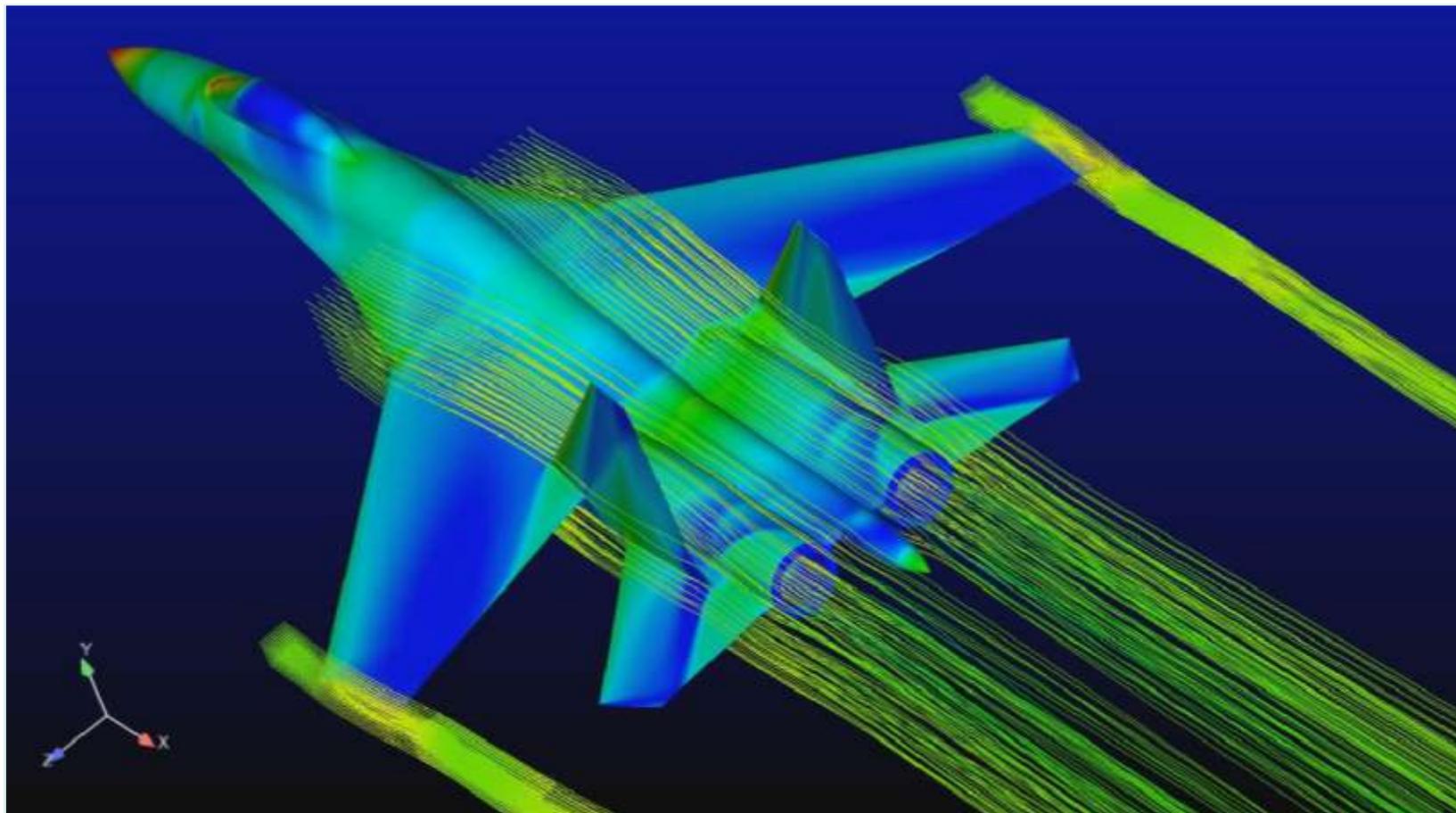


Определение оптимального профиля боевого самолета Су-35 с целью снижения аэродинамических потерь (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОАО «Компания Сухой»)

РФЯЦ
ВНИИЭФ

Цель: сокращение количества экспериментальных продувок в аэродинамических трубах

Расчетная сетка:	Число процессоров:	Время расчета:
20 млн. ячеек	288	~18 часов



Расчет аварийной посадки среднемагистрального пассажирского лайнера SSJ-100 при отказе системы выпуска-уборки шасси (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОАО «Компания Сухой»)



Цель: анализ безопасности конструкции, получен Сертификат безопасности «Международного Авиационного Комитета» без натурных испытаний



ПК ЛОГОС

Расчетная сетка:

5 млн. ячеек

Число процессоров:

12

Время расчета:

~5 часов



Расчет оптимального расположения автоматического средства поражения в присутствии носителя (Су-30) (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОАО «Компания Сухой»)



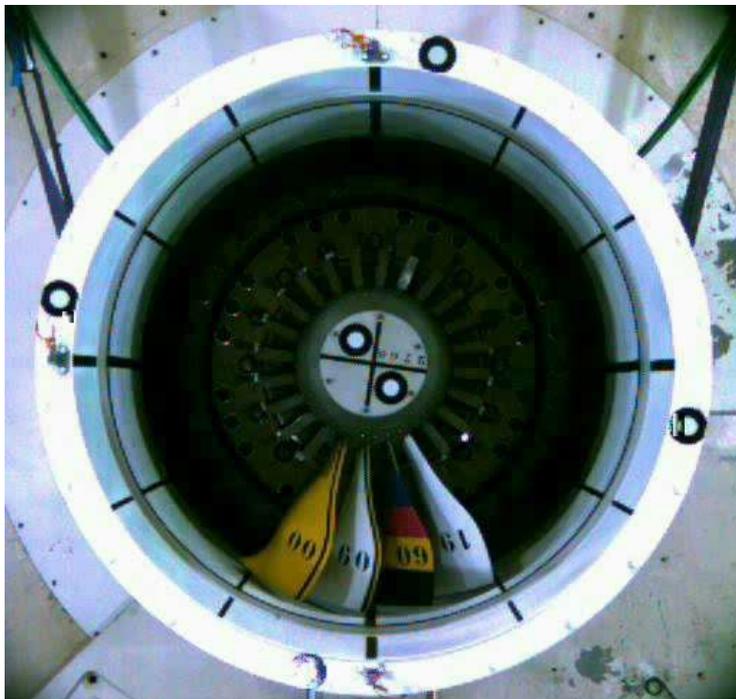
Цель решения задачи: сократить количество экспериментальных пусков ракет

Расчетная сетка:	Число процессоров:	Время расчета:
30 млн. ячеек	900	~200-500 часов

Расчет на ПЭВМ
НЕВОЗМОЖЕН



Цель моделирования: Определение прочности корпуса двигателя SAM-146 при обрыве лопатки во время сертификации.



Contours of Effective Stress [v-m]
min=0, at elem# 609
max=419.767, at elem# 1027686



Практические результаты:

- проведен анализ безопасности конструкции с использованием отечественного пакета программ ЛОГОС
- получен сертификат безопасности «Международного Авиационного Комитета» без проведения натурных испытаний, опосредованный экономический эффект выражен в замене натурных испытаний стоимостью ~ **80 млн. руб.**

Внедрение отечественных СКТ в работы ОПК и предприятий промышленности. Примеры применения.

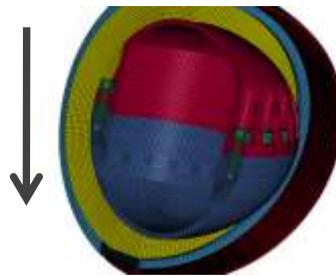
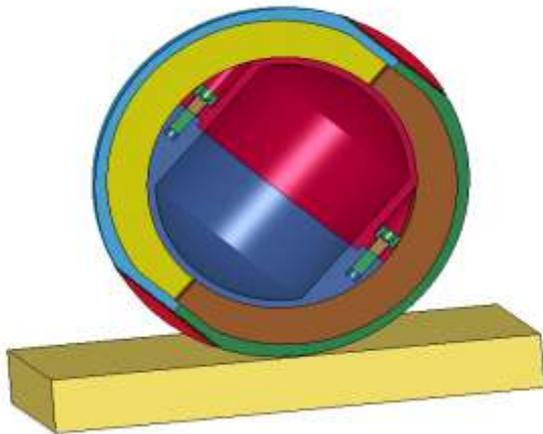


Моделирование падения авиационного контейнера для перевозки делящихся материалов на жесткую поверхность

Цель: анализ безопасности авиационного контейнера для перевозки делящихся материалов разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» согласно нормативным требованиям МАГАТЭ

$V=90$ м/с

LEGA-K-DK
Time = 0



Количество процессоров **400**



Время счета **1 час**

Время счета на ПЭВМ:
10 суток

Обоснование безопасности авиационного контейнера для перевозки делящихся материалов разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

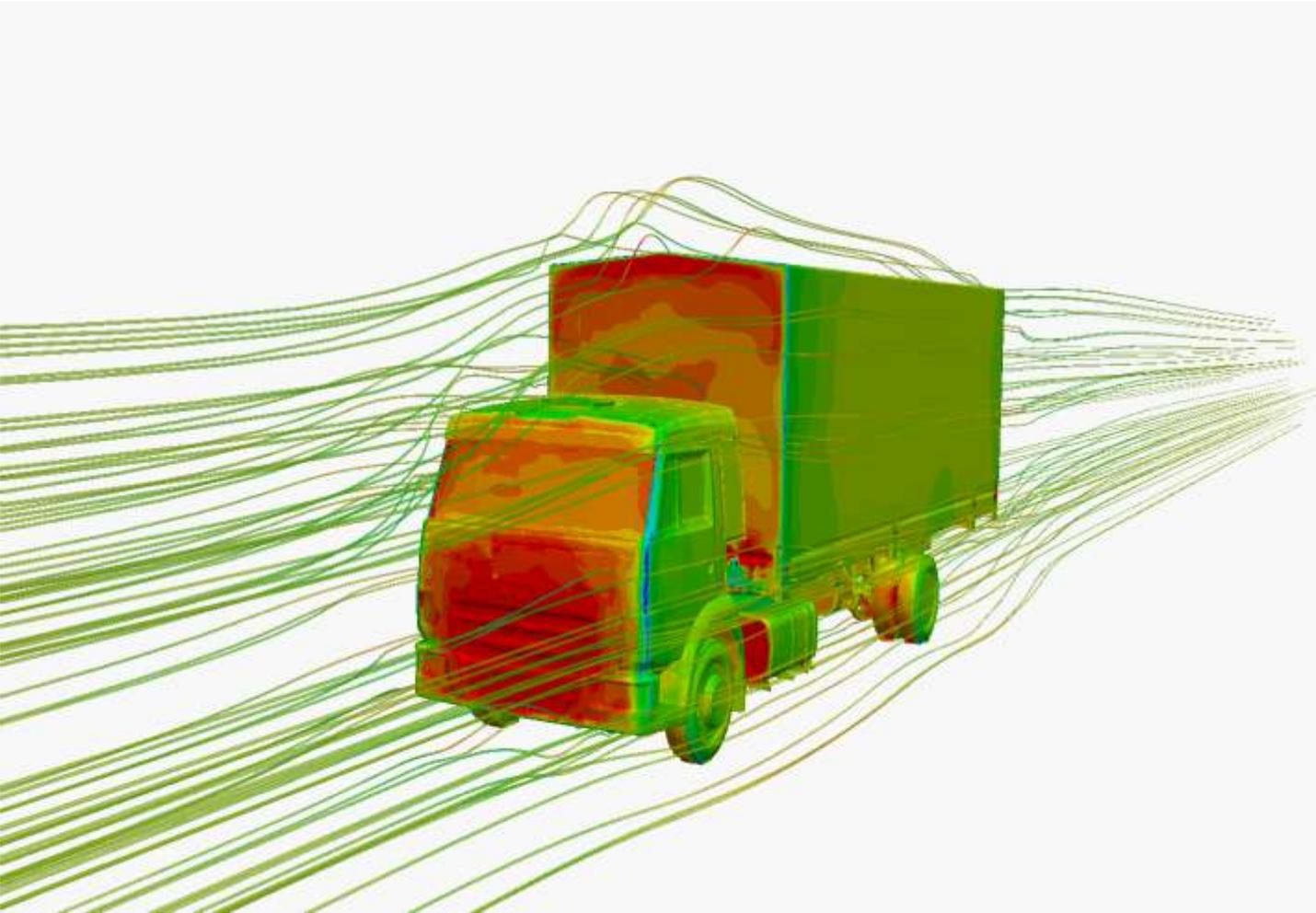


Минимизация аэродинамических потерь на примере магистрального тягача КАМАЗ-5308

(ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОАО «КАМАЗ»)



Расчет аэродинамических характеристик автомобиля



Расчетная сетка:
20 млн. ячеек

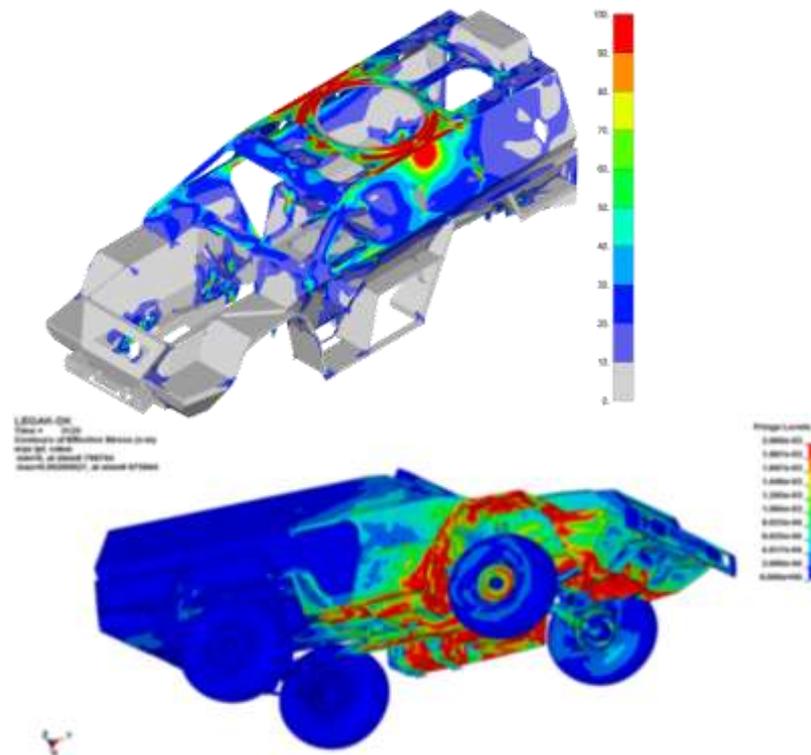
Число процессоров:
200

Время расчета:
~10 часов

Расчет на ПЭВМ
НЕВОЗМОЖЕН

Расчетная сетка:	Число процессоров:	Время расчета:
5 млн. ячеек	1000	~100 часов

Расчет на ПЭВМ
НЕВОЗМОЖЕН



Переход от описательного моделирования к предсказательному:

- максимальная детализация без упрощений
- учет всех физических процессов (контакт, трение, тепло, ...)
- прямое пространственно-временное моделирование исследуемого процесса

Проведенные взрывные испытания автомобиля подтвердили оптимальность и надежность конструкторских решений, выработанных на основе расчетного анализа

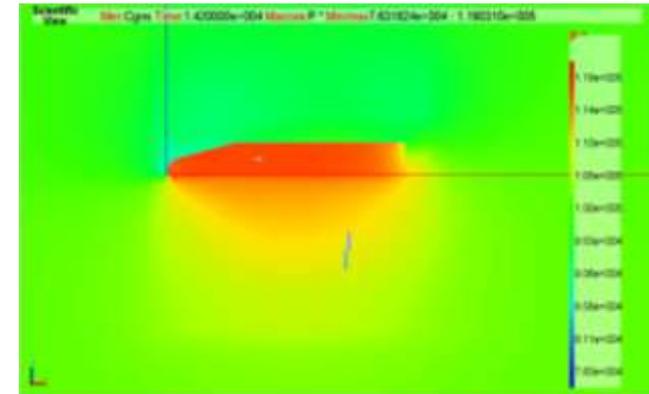
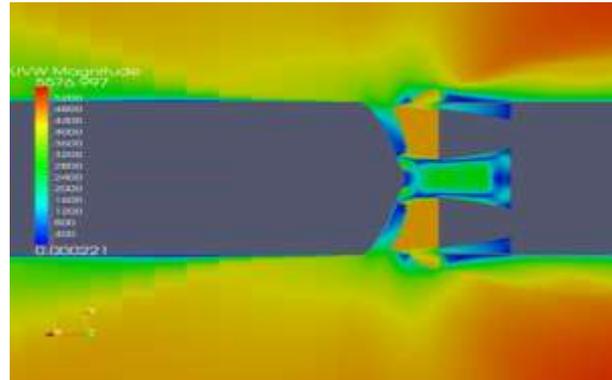
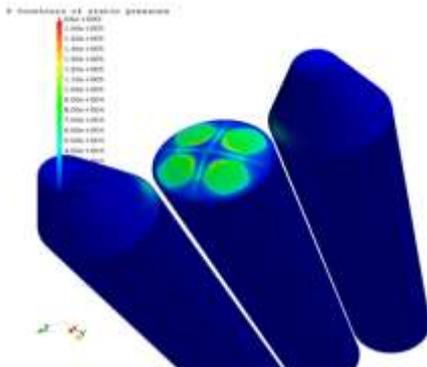
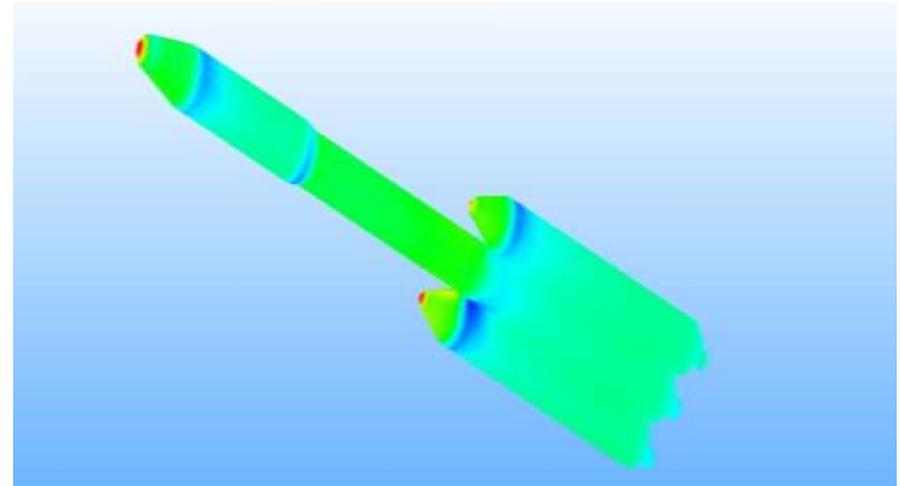
Пакет программ **ЛОГОС-CFD**

Размер расчетной модели:
8-20 млн. ячеек

Количество процессоров: **50-600**



Время расчета ~ **20 часов**



Цель решения задачи: сокращение количества испытаний на мелкомасштабных моделях и экспериментов в аэродинамических трубах

Цель решения задачи: анализ воздействия струи ЖРД на стартовый комплекс

Размер расчетной модели:

20 млн. ячеек

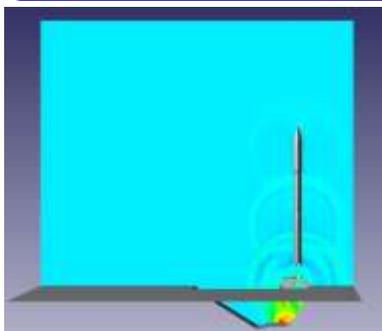
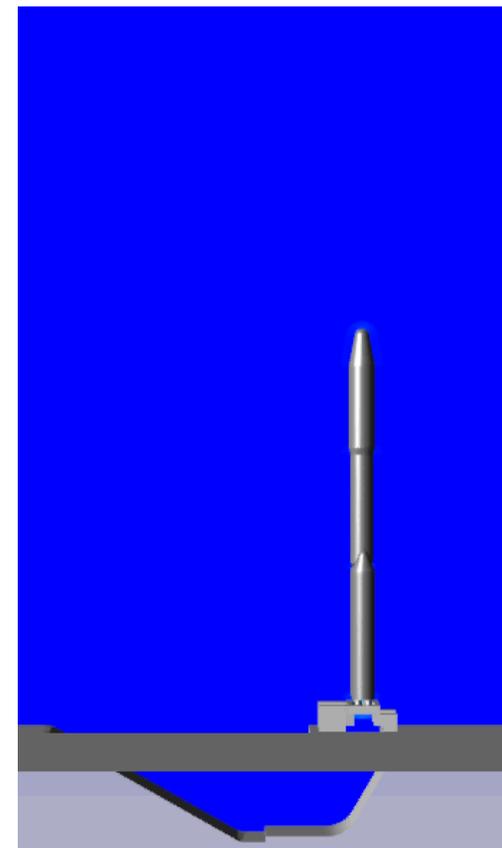
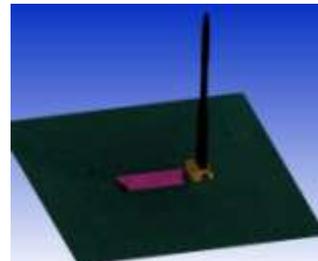
Количество процессоров 600



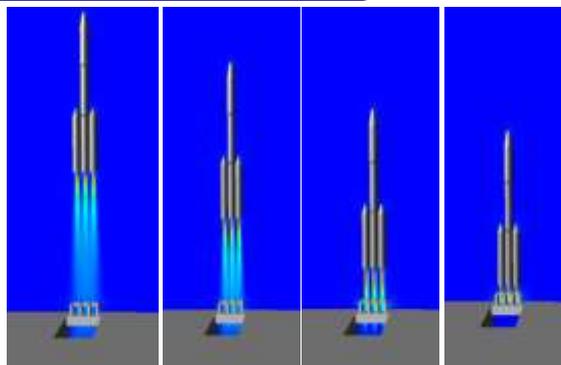
Время расчета ~ 60 часов



22.avi



Давление в расчете

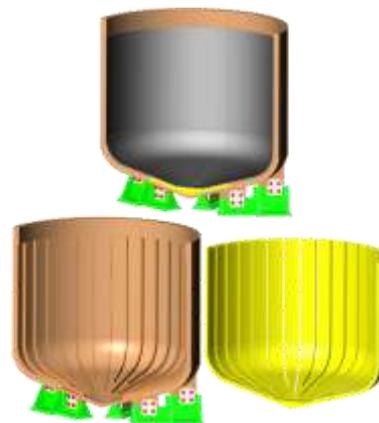
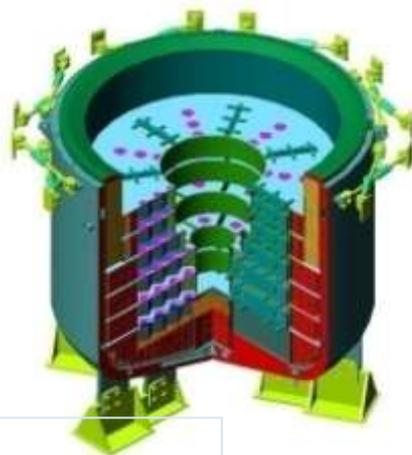


Скорость в расчете

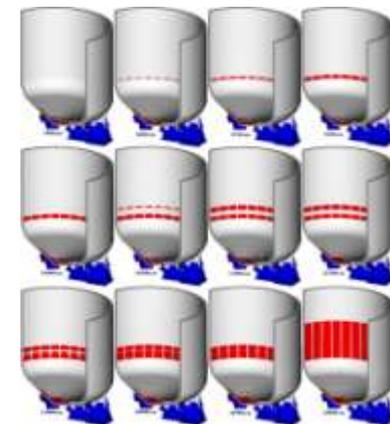
Выбор оптимальной конструкции стартового комплекса

Моделирования поведения устройства локализации расплава при сейсмическом воздействии в соответствии с требованиями МАГАТЭ

Пакет программ
ДАНКО



Конструкция УЛР



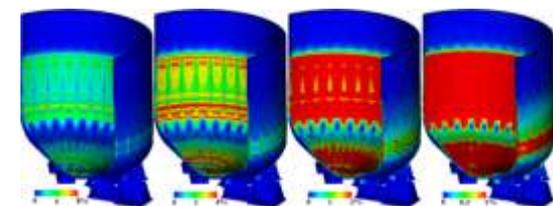
Картина разрушения внутренней стенки конструкции УЛР

Описание модели:

- разрушение элементов конструкции при достижении пороговой температуры (температуры плавления);
- меняющийся во времени вес расплава (архимедова сила).



Монтаж УЛР



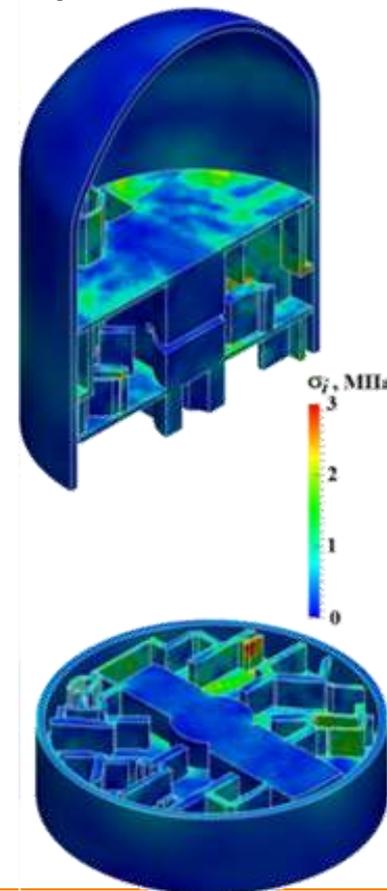
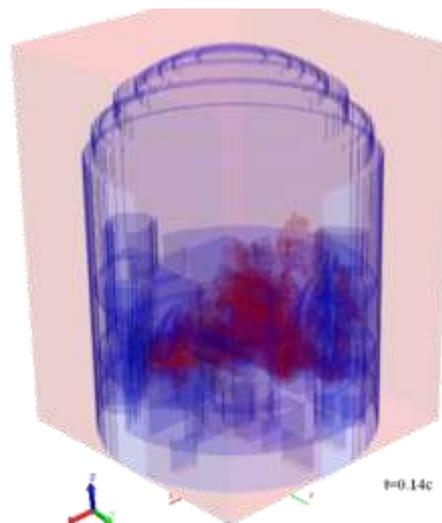
Интенсивность деформации (%)



Моделирование контейментного помещения с помощью пакетов программ ЛОГОС и ДАНКО+ГЕПАРД (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОАО «СПБАЭП»)



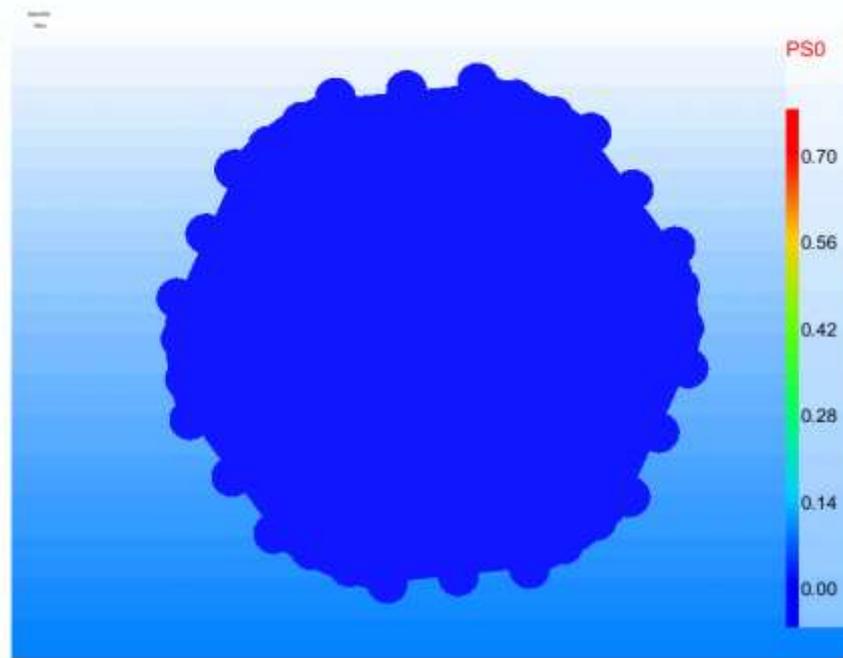
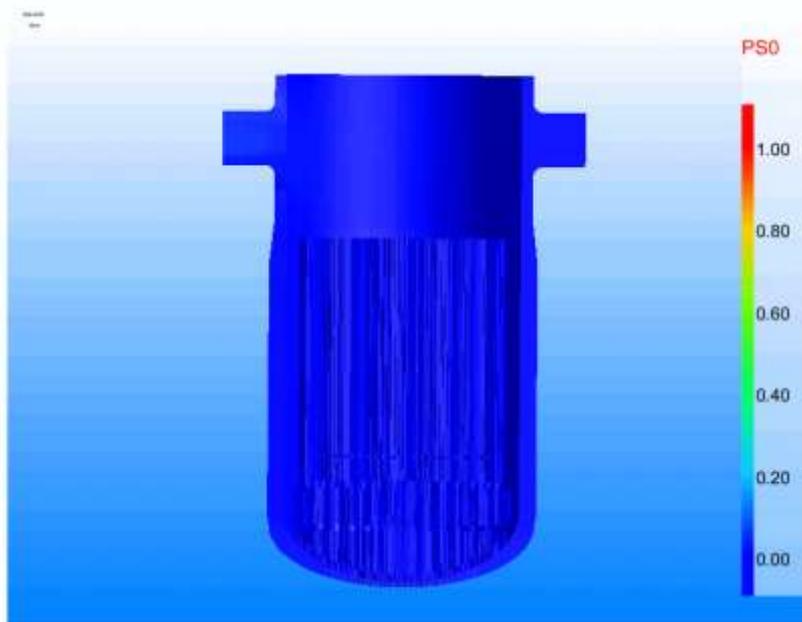
- моделирование работы системы вентиляции;
- определение нагрузок на строительные конструкции, возникающих при горении водородосодержащих смесей, образующихся в помещениях контеймента при тяжелых запроектных авариях
- расчетное обоснование надежности сооружения



Закрытие «белых» пятен при проектном обосновании

Ведется обоснование возможности отказа от устройств разделения гермообъемов (УРГ).
Экономия для одного энергоблока – 12 млн.руб.

Моделирование перемешивания теплоносителя в напорной камере РУ ВВЭР



Расчетная сетка:	Число процессоров:	Время расчета:
4 млн. ячеек	60	~ 80 часов

Расчет на ПЭВМ
НЕВОЗМОЖЕН

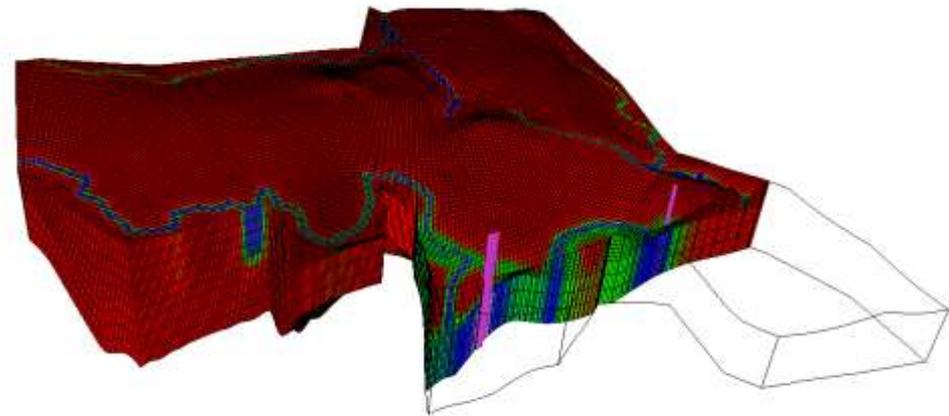
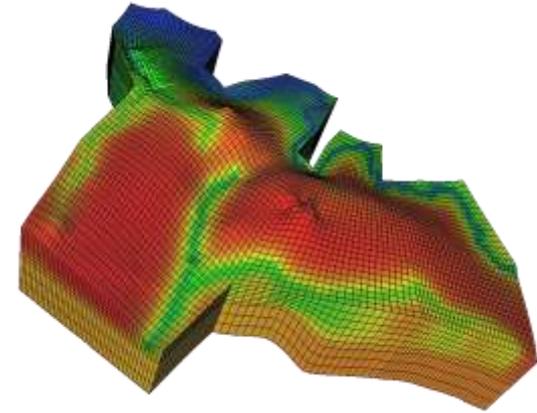
Пакет программ **НИМФА**

Размер расчетной модели:
100 млн. ячеек

Количество процессоров **10000**



Время счета **30 мин**



Цель решения задачи: обоснование безопасности строительства водозабора подземных вод в долине р.Неман для Балтийской АЭС



РОСАТОМ



Спасибо за внимание!