



РОСАТОМ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

РОССИЯ 2020:

Суперкомпьютерные технологии – основное
«технологическое оружие» XXI века для достижения
конкурентоспособности на мировом рынке

Суперкомпьютерные технологии в атомной энергетике

**Российский федеральный ядерный центр – всероссийский НИИ
экспериментальной физики
(ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ)**

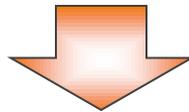
«Атомэкспо-2011»

Москва, 07.06.2011

Суперкомпьютерные технологии. Актуальность

Уровнем развития суперкомпьютерных технологий определяются качество, сроки и экономичность процессов создания наукоемкой высокотехнологичной конкурентоспособной продукции, вооружений, военной и специальной техники

В ведущих промышленно-развитых странах приняты государственные программы по применению супер-ЭВМ для решения задач высокотехнологичных отраслей промышленности



60% ресурсов суперЭВМ в мире сосредоточены в промышленности

Суперкомпьютерные технологии. Актуальность

**Имитационное моделирование на супер-ЭВМ -
основа для технологического перевооружения предприятий
высокотехнологичных отраслей**

**Сокращение стоимости и сроков
разработки и проектирования
сложных технических изделий**

**Повышение безопасности
высокотехнологических
изделий и объектов на всех
этапах жизненного цикла**

**Повышение конкурентоспособности отечественных
разработок на внутреннем и внешнем рынках**

Комплексный подход РФЯЦ-ВНИИЭФ в области суперкомпьютерных технологий



ВЦ РФЯЦ-ВНИИЭФ крупнейший вычислительный центр РФ

Более чем 30-летний опыт
параллельных вычислений

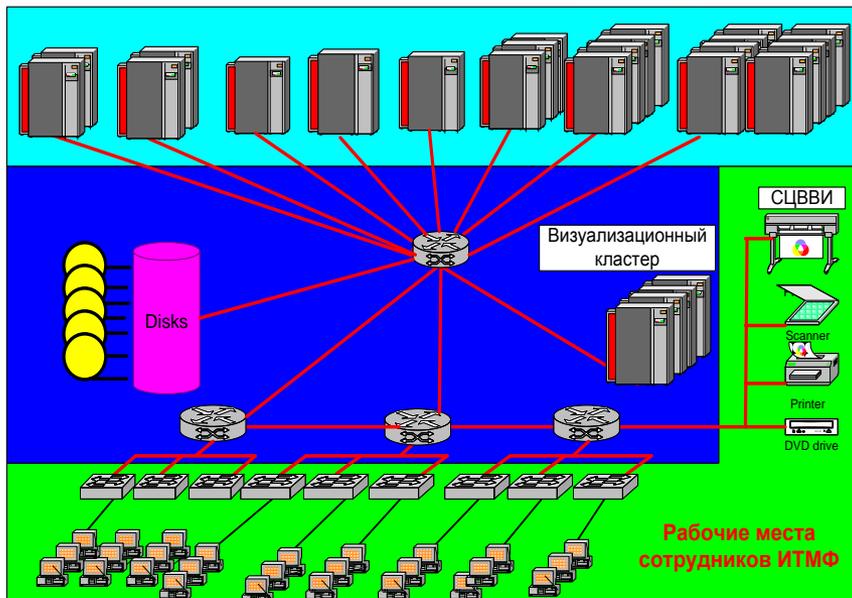
Научно-производственная база для
проектирования и производства ЭВМ

Пакеты программ имитационного
моделирования задач оборонных и
гражданских отраслей

Технологии и каналы связи для
защищенного доступа к вычислительным
ресурсам ВЦ РФЯЦ-ВНИИЭФ



ВЦ РФЯЦ-ВНИИЭФ крупнейший вычислительный центр РФ



- В составе ВЦ РФЯЦ-ВНИИЭФ 9 современных высокопроизводительных суперЭВМ;
- ВЦ оснащен современными инженерными системами;
- Все высокопроизводительные ЭВМ объединены в единую вычислительную сеть;
- Для выполнения работ по гражданской тематике в 2008 году в ВЦ создан вычислительный центр коллективного пользования (ВЦКП) производительностью 20 Тфлопс. В настоящее время его производительность доведена до 320 Тфлопс;
- На ресурсах ВЦКП проводят свои расчеты организации из Москвы, Нижнего Новгорода, Санкт-Петербурга и др.

Высокопроизводительные вычислительные комплексы, созданные в РФЯЦ-ВНИИЭФ



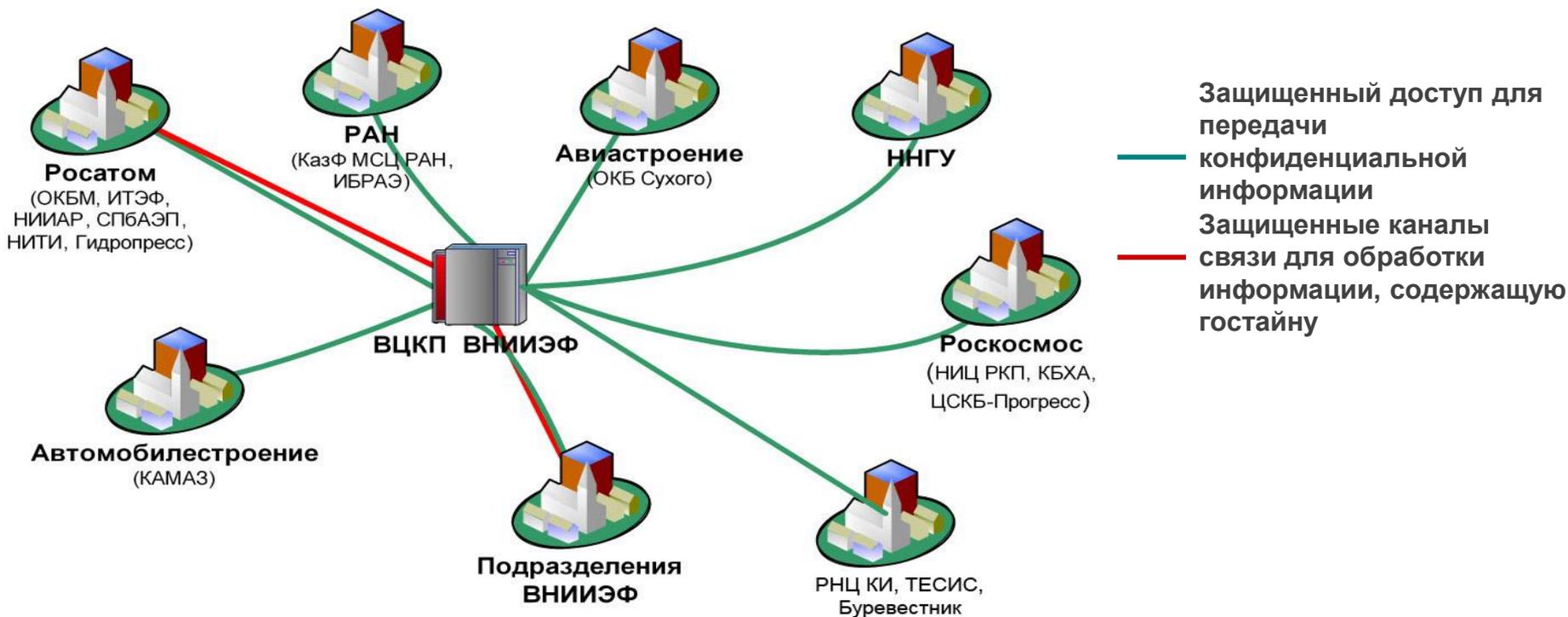
Дата создания	Место в России (на момент создания)
01.2001	1
08.2003	2
10.2004	1
12.2005	2
12.2006	1
12.2007	1
12.2009	1
02.2011	1

В феврале 2011 года в РФЯЦ-ВНИИЭФ прошла Государственная приемка высокопроизводительного вычислительного комплекса нового поколения

Доступ организаций к вычислительным ресурсам и центрам обработки данных

В ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» отработана технология предоставления ресурсов супер-ЭВМ ВЦ в режиме удаленного защищенного доступа подразделениям ядерного центра и внешним организациям.

Вычислительные ресурсы супер-ЭВМ предоставлены 19 организациям.



В 2011г. вычислительные ресурсы супер-ЭВМ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» будут дополнительно предоставлены более чем 10 организациям

Работы по проекту «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий»

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

- Разработка базового ряда супер-ЭВМ
- Создание отечественного базового программного обеспечения для комплексного имитационного моделирования на супер-ЭВМ
- Внедрение отечественных пакетов программ имитационного моделирования на супер-ЭВМ для проектирования и разработки новых образцов техники в высокотехнологичных отраслях промышленности



Создание базового ряда супер-ЭВМ

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ
по созданию базового ряда супер-ЭВМ

Супер-ЭВМ
нового поколения

Компактные супер-ЭВМ

НАЗНАЧЕНИЕ

Комплексное
полномасштабное
имитационное
моделирование

Инженерные расчёты
отдельных узлов и
системы узлов

Проектирование и производство изделий
высокотехнологичных отраслей промышленности

Универсальная компактная супер-ЭВМ терафлопсного класса



ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ:

- 2010 год: 1 Тфлопс
- 2011 год: 3 Тфлопс
- 2012 год: 5 Тфлопс

НАЗНАЧЕНИЕ:

- промышленность
- наука
- образование

УРОВЕНЬ РАЗРАБОТКИ:

- новый продукт в России
- превосходит мировые аналоги
(по показателям шумозащищенность, цена/производительность)

УРОВЕНЬ ЗАВЕРШЕННОСТИ И ВНЕДРЕНИЯ:

- литера О1 РКД 2010 год;
- патент на полезную модель КС-ЭВМ;
- серийное производство;
- 25 КС-ЭВМ поставлено на предприятия;

Универсальная компактная супер-ЭВМ (3 терафлопс)



Опытный образец:

- производительность 3.0 Тфлопс/с;
- 24 процессора по 16 ядер = 384 ядра;
- оперативная память 768 Гб ОЗУ;
- дисковая память 108 Тб НДД;
- коммутатор для установки коммерческого ПО;
- стоимость 4.0 млн. руб.

Специализированная компактная супер-ЭВМ (2010 год)

Назначение:

Решение специальных классов задач для наукоёмких отраслей промышленности

Особенности эксплуатации:

- Решение специальных классов задач для наукоёмких отраслей промышленности
- Не требует создания специальных инженерных систем обеспечения охлаждения и электропитания;
- Термодизайн и пониженный уровень шума;
- Литера «О1» – мелкосерийное производство;
- Используется операционная система Linux/MS Windows + специализированные пакеты программ расчёта молекулярной динамики и нейтронно- физических характеристик методом Монте-Карло

Возможные потребители:

научно-технические центры, КБ и инжиниринговые компании, университеты.



ПАРАМЕТРЫ

Производительность - до 3,5 Тфлоп/с
Потребляемая мощность - 1,5 кВт
Стоимость - 400 тыс. руб.

НАПРАВЛЕНИЕ: Создание конкурентоспособного отечественного импортозамещающего программного обеспечения для имитационного моделирования на супер-ЭВМ



Предполагаемая стоимость отечественных пакетов программ
в **2-3** раза дешевле

Отечественные пакеты программ для имитационного моделирования на супер-ЭВМ: ЛОГОС, ЛЭГАК-ДК, ДАНКО+ГЕПАРД, НИМФА

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:

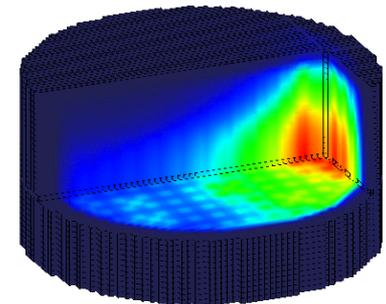
Авиастроение, Атомная энергетика, Автомобилестроение, Ракетно-космическая отрасль, Нефтегазовая отрасль, Экология



Специализированные программные пакеты РФЯЦ-ВНИИЭФ

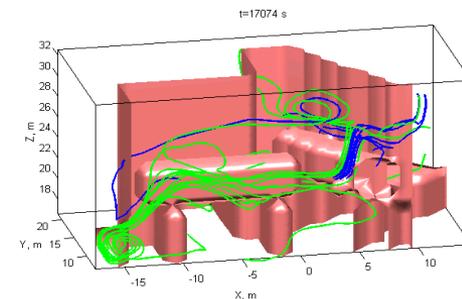
1

Анализ нейтронно-физических процессов в активной зоне ЯЭУ (диффузионное, транспортное, Монте-Карло, константное обеспечение) TDMCC, KOPAT-3D, SERENA, CONCORD.



2

Анализ теплогидравлических процессов (РАТЕГ – канальное двухскоростное, аттестован в составе СОКРАТ, обоснование Тяньваньской АЭС, «Куданкулам», НВАЭС-2, и др.)



3

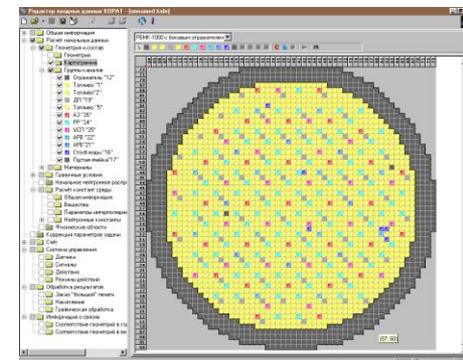
Термомеханика и термохимия (CAFR)

4

Анализ аварийных ситуаций (SRP, Firecon) (горение газовых смесей в помещениях АЭС, многокомпонентные течения)

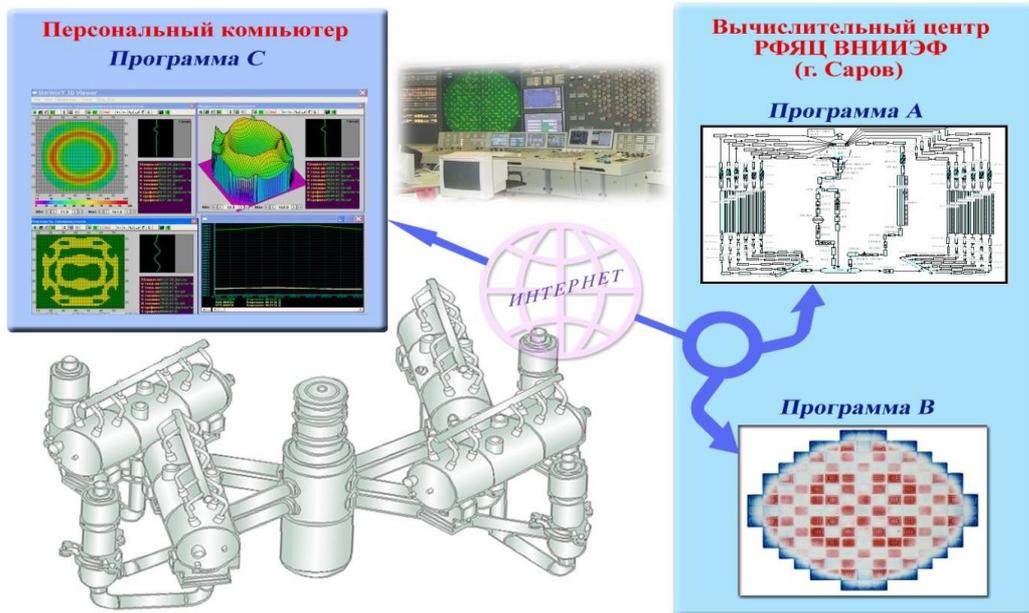
5

Комплексный анализ (ТЕНАР, PSS) (3D нейтронно-теплогидравлический код, система интеграции расчетных кодов для комплексного анализа)

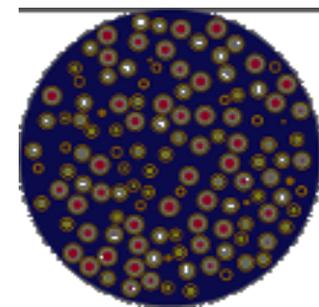
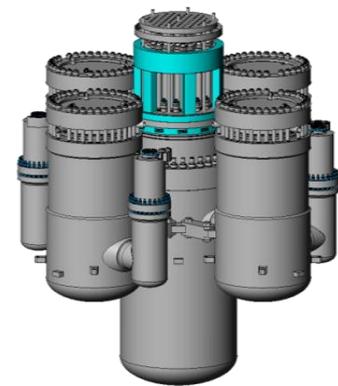
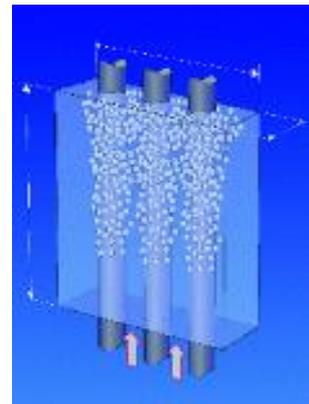
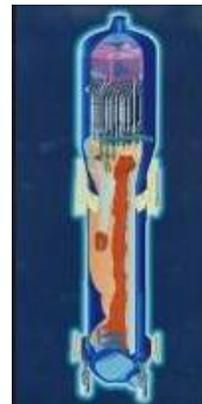
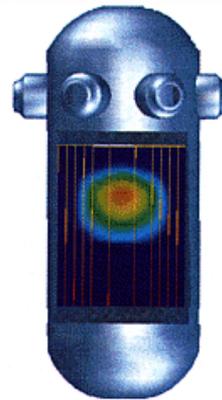


PSS - Интеллектуальная автоматизированная система интеграции программных пакетов в единый расчетный комплекс (совместно с РНЦ «КИ»)

Технология объединения независимых программных продуктов для моделирования сложных технических систем с сохранением независимости и закрытости самих кодов.



Система дает возможность проведения связанных расчетов с использованием произвольной группы вычислительных систем под управлением разных ОС



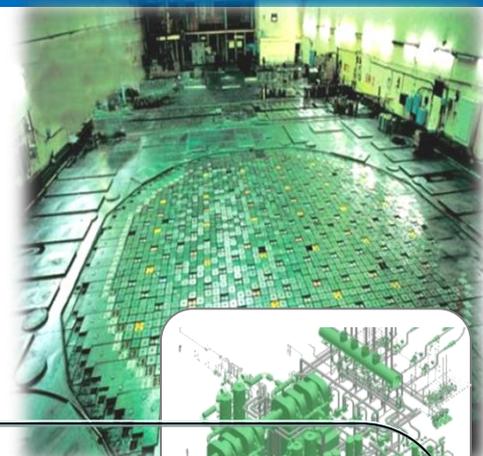
Разработка стала лауреатом конкурса и отмечена медалью выставки «Перспективные технологии XXI века», Москва, 2008г.

Внедрение отечественных пакетов программ имитационного моделирования на супер-ЭВМ

Атомная энергетика

Цель:

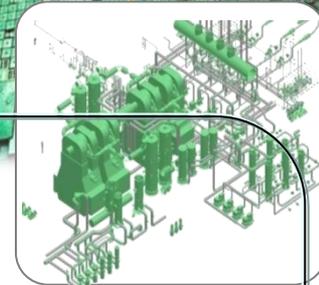
Обеспечение нового качества при проектировании, сооружении и эксплуатации ядерных энергетических установок и АЭС в целом.



Направления работ:



**Внедрение
суперкомпьютерных
технологий в новых проектах
корабельных
реакторных установок
и разработка
“Виртуальной ЯЭУ”**



**Создание концепции
и технологии
«Виртуальная АЭС с ВВЭР»**

Внедрение методов имитационного моделирования на супер-ЭВМ в работы ведущих предприятий атомной энергетики

Ожидаемые результаты

Создание основы для технологического перевооружения предприятий отрасли на базе созданных и внедренных методов имитационного моделирования на суперЭВМ

Сокращения на 40-50% объема НИОКР в инновационных проектах

Снижения сроков разработки и проектирования ЯЭУ 20 – 50 %

Возможности разработки сложных технических устройств с увеличенным сроком эксплуатации

Анализ и обоснование безопасности АЭС в режимах недоступных для экспериментальных исследований

Повышение конкурентоспособности отечественных разработок на внутреннем и внешнем рынке

Повышение безопасности эксплуатации ЯЭУ и АЭС

Внедрение суперкомпьютерных технологий в новых проектах корабельных реакторных установок (РУ) и разработка “виртуальной ЯЭУ”

Основные участники работ: ОАО «ОКБМ Африкантов», РФЯЦ-ВНИИЭФ; РНЦ «КИ»

Ожидаемые результаты

Создание пилотной версии полномасштабной 3D конструкторской и расчетной модели «виртуальная корабельная ЯЭУ», что обеспечит:

1. Обоснование эксплуатационных и ресурсных характеристик корабельной РУ нового поколения с учетом новых специфических режимов работы без проведения дорогостоящих НИОКР с использованием крупномасштабных стендов.
2. Новая технология проектирования корабельных реакторных установок, пригодная для проектирования РУ различного назначения (корабельных, судовых, для плавучих АЭС, для АЭС малой и средней мощности), позволяющая:
 - существенно сократить затраты на проектирование за счет отказа от дорогостоящих НИОКР с использованием крупномасштабных стендов;
 - проводить на базе реалистического анализа оптимизацию конструкций и оборудования РУ, режимов работы, в том числе с учетом внешних воздействий.

Создание концепции и технологии «Виртуальная АЭС с ВВЭР»

Основные участники работ: ОАО «СПБАЭП», ОКБ «Гидропресс», РФЯЦ-ВНИИЭФ, ОАО «ВНИИАЭС», ФГУП «НИТИ», ИБРАЭ РАН, РНЦ «КИ»

Ожидаемые результаты

1. Создание современного программного обеспечения для атомной энергетики на базе суперкомпьютерных технологий;
2. Создание программно-технического комплекса «Виртуальная АЭС с ВВЭР» для расчетного моделирования на супер-ЭВМ с целью верификации проектных решений, информационной поддержки эксплуатирующей организации и сопровождения АЭС на всём жизненном цикле что позволит:
 - поднять качество проектов АЭС с ВВЭР, сократить сроки проектирования и пуско-наладочных работ и соответственно - стоимость АЭС;
 - повысить уровень безопасности объектов атомной энергетики за счет моделирования и последующего обоснования безопасности в тех режимах и условиях, в которых невозможны экспериментальные исследования;

Программно-технический комплекс (ПТК) «Виртуальная АЭС с ВВЭР»



Многоуровневая технология «Виртуальная АЭС с ВВЭР»

1

Полномасштабное моделирование различных режимов функционирования энергоблока на базе кодов улучшенной оценки.

2

Комплексный анализ безопасности.

3

Моделирование основных физических и технологических процессов **в режиме реального времени** на базе упрощенных инженерных подходов (тренажерные коды) для:

- Оптимизации управления технологическими процессами (АСУ-ТП);
- Обучения персонала станций;
- Поиска и устранения неисправностей оборудования

Примеры решения на супер-ЭВМ практических задач атомной энергетики с использованием программных пакетов РФЯЦ-ВНИИЭФ

Применение программных пакетов РФЯЦ-ВНИИЭФ для решения прикладных задач

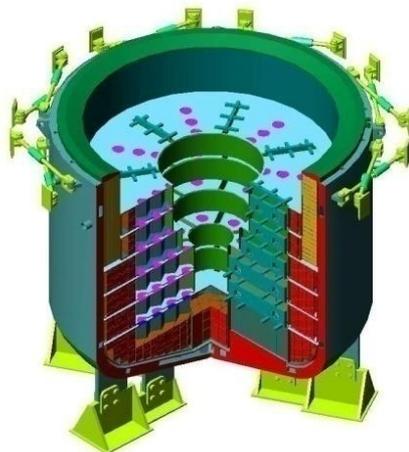
Задача решается по заказу ОАО «СПБАЭП»,
аналогичные исследования запланированы для АЭП (Дизайн-Центр ВВЭР-ТОИ)

Расчётное исследование прочностных свойств устройства локализации расплава (УЛР)

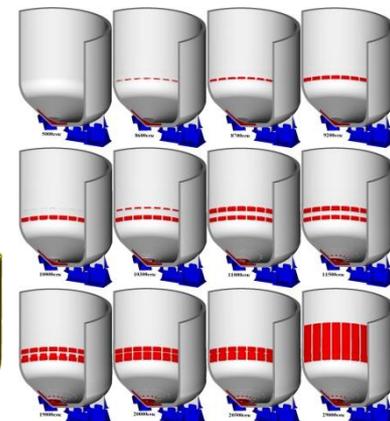
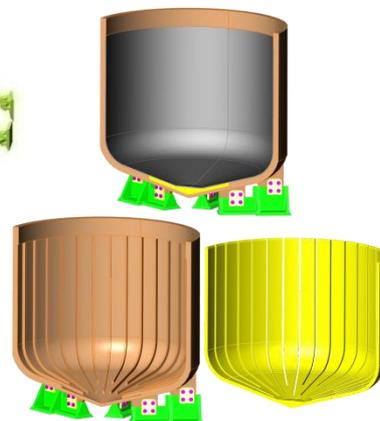
Пакет программ:
ДАНКО

Состояние работ:

- Построена конечно-элементная модель;
- Проводятся тестовые расчеты на многопроцессорной ЭВМ.



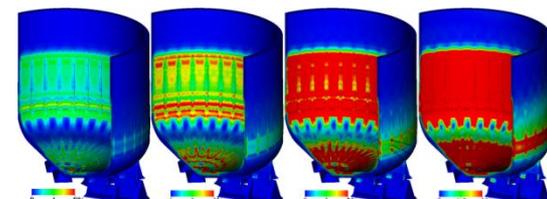
Конструкция УЛР



Картина разрушения внутренней стенки конструкции УЛР

В модели учитывается:

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

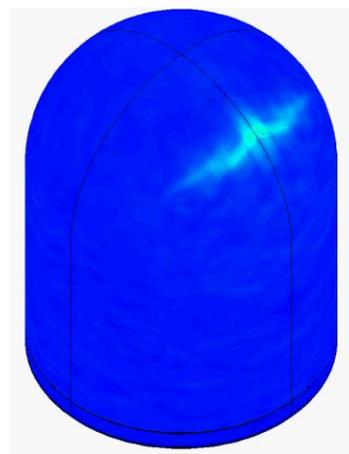
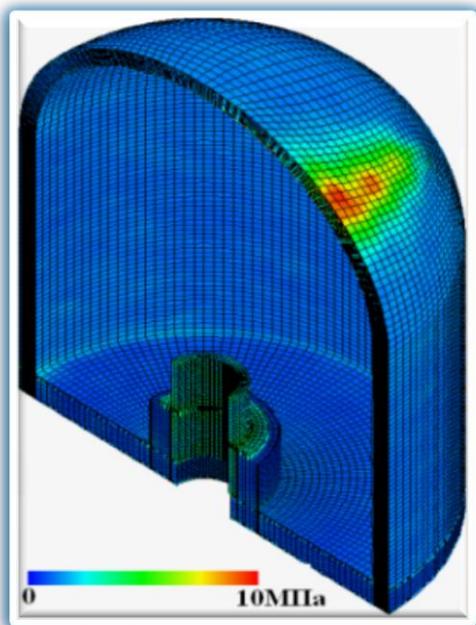


Интенсивность деформаций (%)

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

Применение программных пакетов РФЯЦ-ВНИИЭФ для решения прикладных задач

Расчётное исследование прочности защитной оболочки АЭС с ВВЭР-1000 при падении тяжёлого самолёта в соответствии с требованиями МАГАТЭ



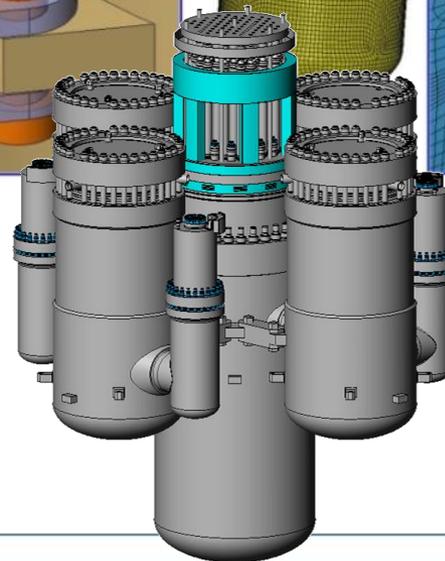
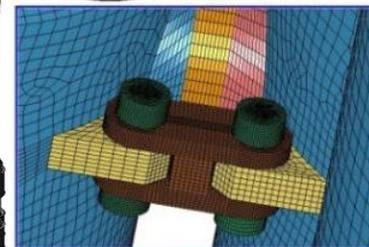
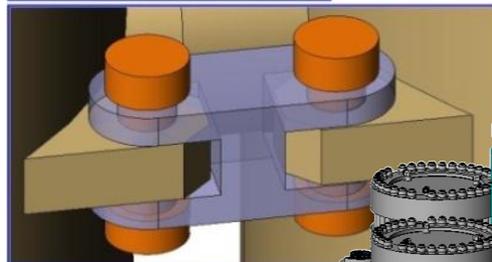
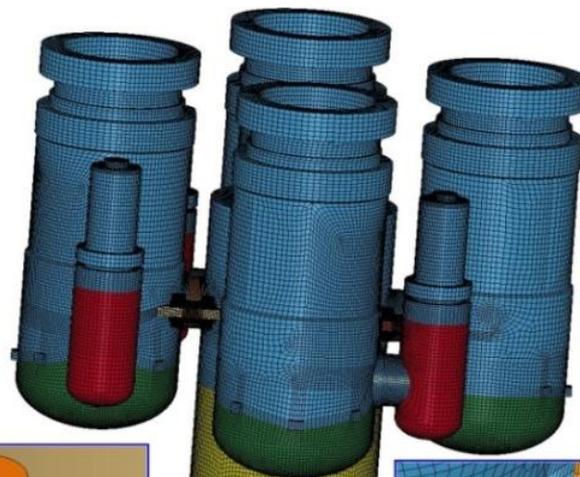
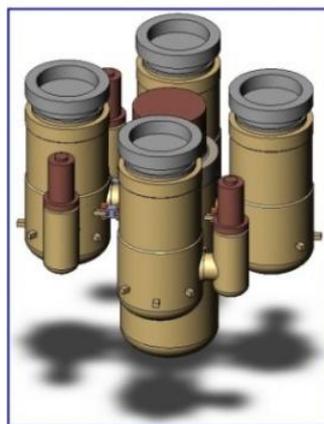
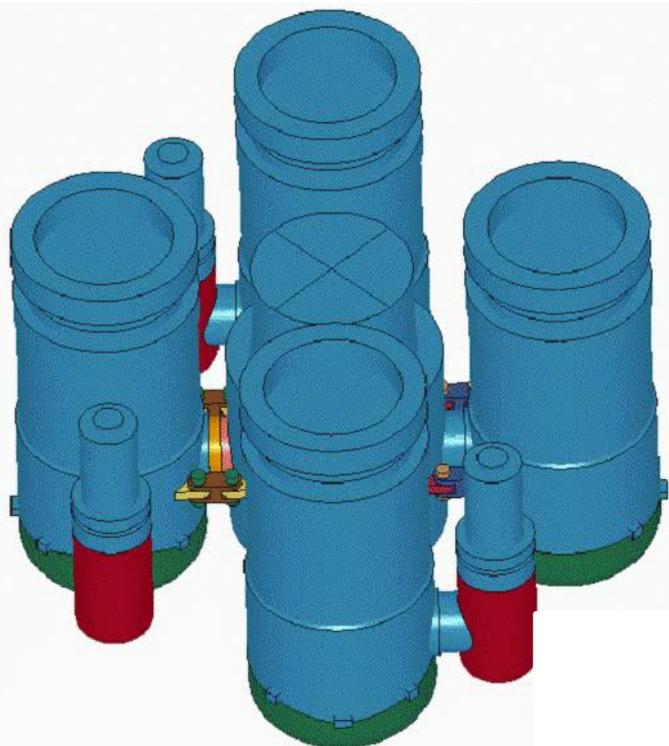
Программный комплекс:
ДАНКО

Определён запас прочности защитной оболочки НВАЭС методом расчетного исследования при различных углах и скоростях падения

Основные участники работ: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОАО «СПБАЭП», ОАО «ОКБМ Африкантов»

Совместно с ОАО «Атомэнергопроект» (Дизайн-Центр) обсуждаются планы совместных работ по полномасштабному моделированию, включая наполнение подконтейментного пространства и детальной структуры аэробуса Боинг-747

Расчет работы устройства ограничителя течи в случае гипотетической аварии при работе реактора ВБЭР-300



Расчетная схема конструкции состоит из
2. млн конечных элементов.

Длительность процесса 0.15сек

Основные участники работ: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
ОАО «ОКБМ Африкантов»

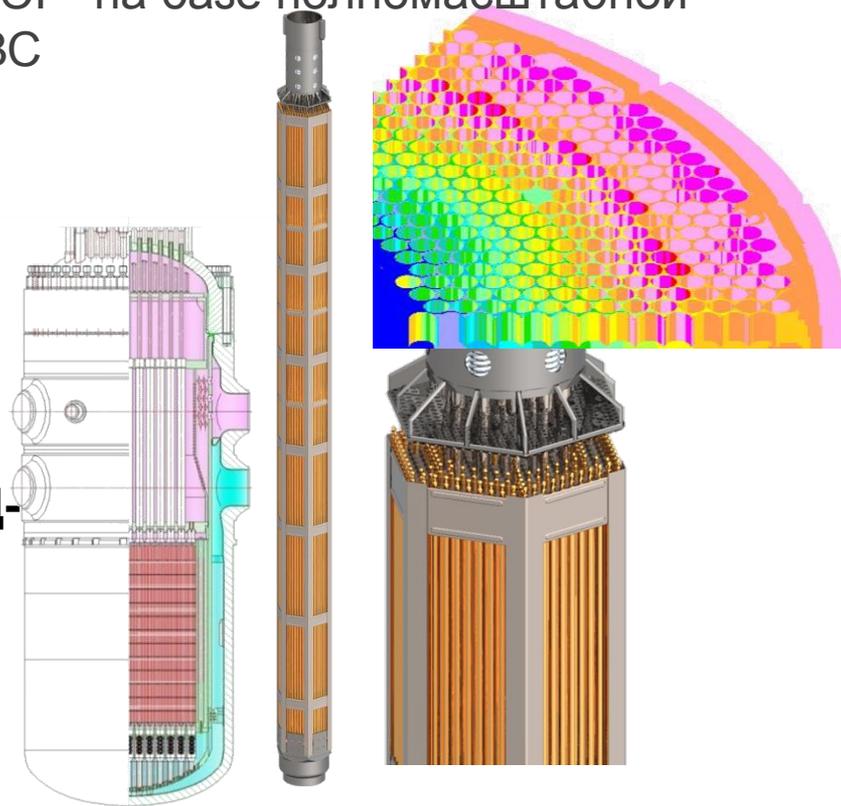
Решение ресурсоемких задач проекта ВВЭР ТОИ

Моделирование активной зоны реактора ВВЭР на базе полномасштабной CFD-модели ТВС

Пакет программ:
ЛОГОС

Размер расчётной модели: 150 млн.

Основные участники работ: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОАО «Гидропресс»



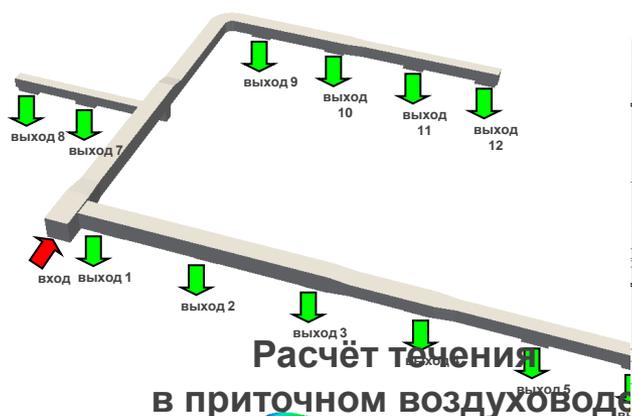
Оптимизация характеристик активной зоны на основе расчетного моделирования гидродинамического течения теплоносителя с учетом турбулентных эффектов и влияния дистанционирующих и турбулизирующих решёток внутри ТВС

Применение программных пакетов РФЯЦ-ВНИИЭФ для решения прикладных задач

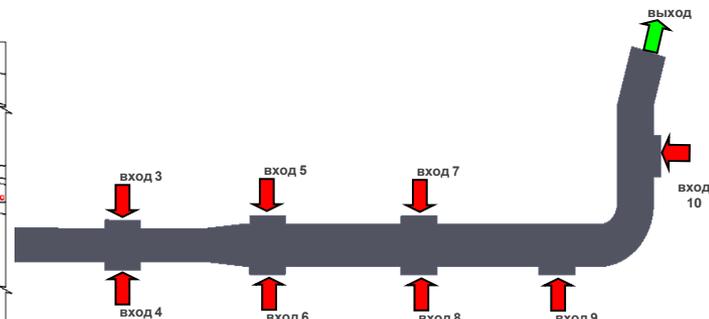
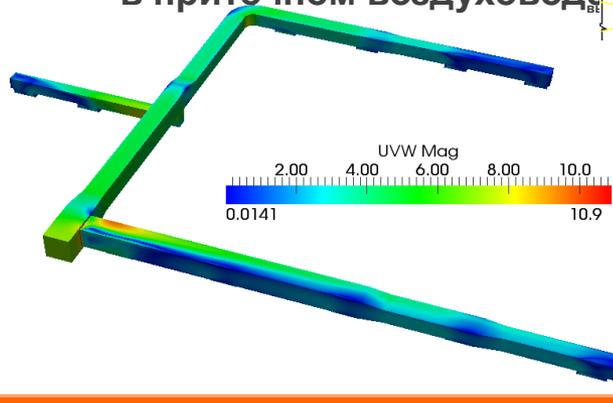
Основные участники работ: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ОАО «Атомэнергопроект»

Моделирование движения воздуха в системе вентиляции (проект ВВЭР-ТОИ)

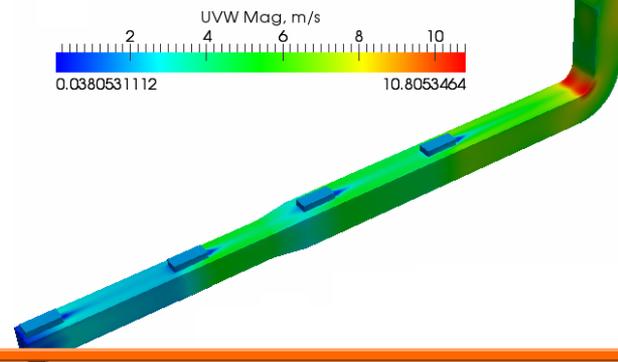
**Пакет программ:
ЛОГОС**



Расчёт течения в приточном воздуховоде



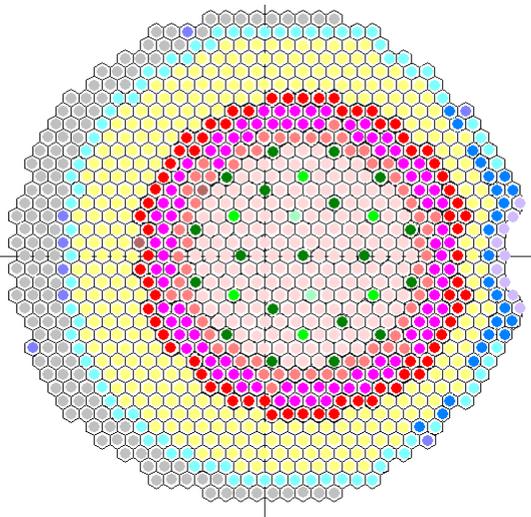
Расчёт течения в вытяжном воздуховоде



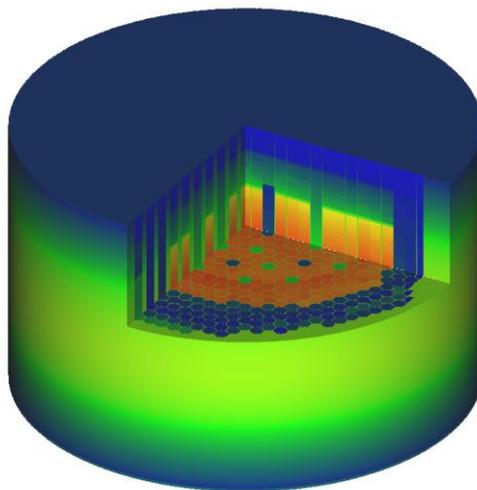
Определение аэродинамических характеристик воздуховодов с целью оптимизации конструкции системы вентиляции на этапе проектирования

Применение программных пакетов РФЯЦ-ВНИИЭФ для решения прикладных задач быстрых реакторов (код TDMCC)

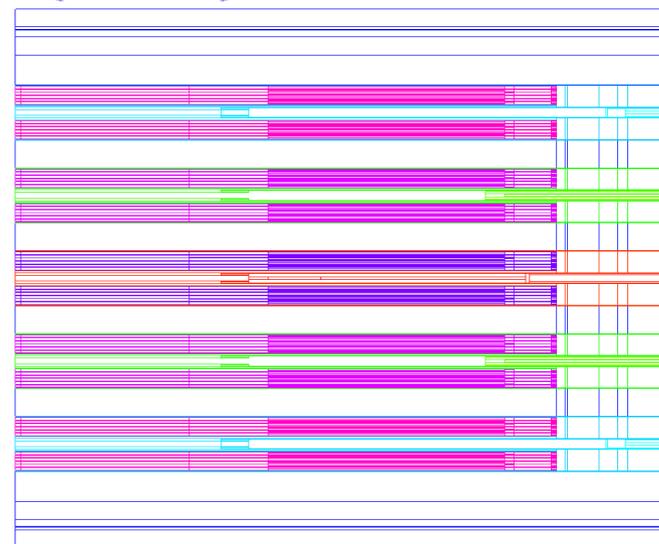
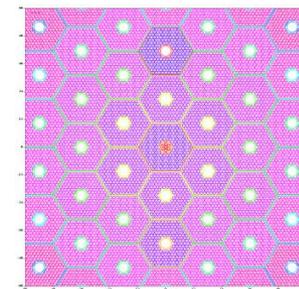
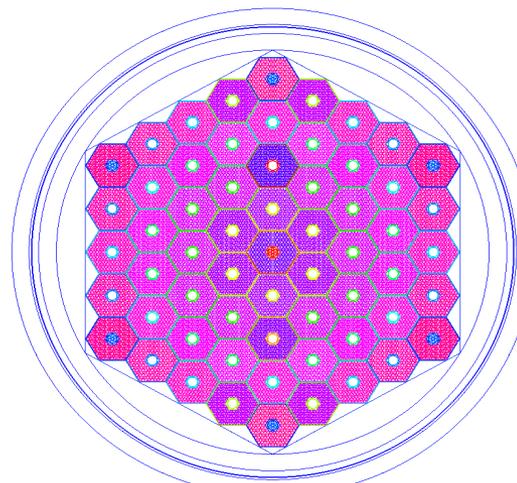
БН-600



- ТВС ЗМО ($Z_f=17\%$) - 172 шт.
- ТВС ЗСО ($Z_f=21\%$) - 60 шт.
- МОХ ТВС - 91 шт.
- ТВС ЗВО ($Z_f=26\%$) - 71 шт.
- ССЗ - 300 шт.
- СЕЗ-1 - 80 шт.
- СЕЗ-2 - 24 шт.
- стержни АЗ (5 шт. АЗ + 1 шт. АЗ-II в ячейке 14-20)
- стержни КС - 19 шт.
- стержни РС - 2 шт.
- источник нейтронов - 2 шт.
- отработавшие ТВС и ИН в ВРХ - 122 шт.
- сборки защиты элеватора - 9 шт.
- сборки технологические - 8 шт.



СВБР-100



Спасибо за внимание