

**СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЭКСАФЛОПНОГО КЛАССА -
КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ РУССКОЙ
ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ В XXI ВЕКЕ**

В.Б. БЕТЕЛИН

**29 ЯНВАРЯ
2014 г**

РУССКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА XIX-XX вв. (1)

- ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЛИДЕРСТВА/ПАРИТЕТА **С ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫМИ СТРАНАМИ** В КЛЮЧЕВЫХ ВОЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ОБЛАСТЯХ
 - ✓ ЕДИНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ **ДЛЯ ТРИАДЫ - НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**
 - ✓ МАСШТАБНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ **ПРОЕКТЫ**
 - ✓ «КУЛЬТ ЗНАНИЙ» **В ОБЛАСТИ ТОЧНЫХ НАУК – ВЫСОКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ И ОБЩЕСТВЕННЫЙ АВТОРИТЕТ И ПРЕСТИЖ ИНЖЕНЕРА, УЧЕНОГО, ПРОФЕССОРА**
 - ✓ **ОБЪЕКТИВНЫЙ КРИТЕРИЙ УСПЕХА ТРИАДЫ - СЛОЖНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (СТС)**

РУССКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА XIX-XX вв. (2)

- ✓ ЛИЧНЫЙ УСПЕХ ИНЖЕНЕРА, УЧЕНОГО, ПРОФЕССОРА – УСПЕХ ГОСУДАРСТВА И ОБЩЕСТВА
- ✓ ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО

➤ ДВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОРЫВА В МАШИНОСТРОЕНИИ

- ✓ «ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ ОТРАСЛЬ»
– 19 ВЕК

- ✓ «АТОМНАЯ, АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ» ОТРАСЛИ
– 20 ВЕК

➤ «ЭКСАФЛОПНЫЙ ПРОЕКТ» - 21 ВЕК

ФОРМИРОВАНИЕ РУССКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 19 ВЕКА



ИНСТИТУТ КОРПУСА ИНЖЕНЕРОВ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (1809 г.)

ИНСТИТУТ КОРПУСА ИНЖЕНЕРОВ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

- **ВОЕНИЗИРОВАННОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ (ОБУЧЕНИЕ 8 ЛЕТ)**
 - ✓ **ВЫПУСКНИК - ИНЖЕНЕР-ПОРУЧИК**
- **ЕДИНСТВО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ, НАУЧНОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЕЙ:**
 - ✓ **ПРОФЕССОР МОГ ПРОЛОЖИТЬ ДОРОГУ, ПОСТРОИТЬ МОСТ, ПРИЧАЛ ПОРТА, ШЛЮЗ КАНАЛА**
 - ✓ **ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ (ОСТРОГРАДСКИЙ, БУНЯКОВСКИЙ)**
- **1809 – 1830 г.г.: ФОРМИРОВАНИЕ КОРПУСА РОССИЙСКИХ ПРОФЕССОРОВ ИНСТИТУТА**

ФОРМИРОВАНИЕ КОРПУСА РОССИЙСКИХ ИНЖЕНЕРОВ-ПУТЕЙЦЕВ (1830-1841 г.г.)

- П. МЕЛЬНИКОВ, С. КЕРБЕДЗ – ЕВРОПА (1837г.)
- П. МЕЛЬНИКОВ, А. КРАФТ – США (1939 г.)
- М.С. ВОЛКОВ «ПОСТРОЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ» (1835 г.)
- М.С. ВОЛКОВ, Н.И. ЛИПИН, Н.Ф. ЯСТРЖЕМСКИЙ «КУРС СТРОИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА» (1842 г.)
- ЦАРСКОСЕЛЬСКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА 1837г.
 - ✓ ПРАКТИКА ИНЖЕНЕРОВ-ПУТЕЙЦЕВ
 - ✓ ПОЛИГОН ДЛЯ ОТРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

**ПЕРВАЯ В РОССИИ
ЦАРСКОСЕЛЬСКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА
(1836 – 1838 г.г.)**



НИКОЛАЕВСКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА ПЕТЕРБУРГ- МОСКВА (1842 - 1851г.г.)

➤ ФОРМИРОВАНИЕ «КУЛЬТА ЗНАНИЙ» - НИКОЛАЙ I: «МЫ - ИНЖЕНЕРЫ»

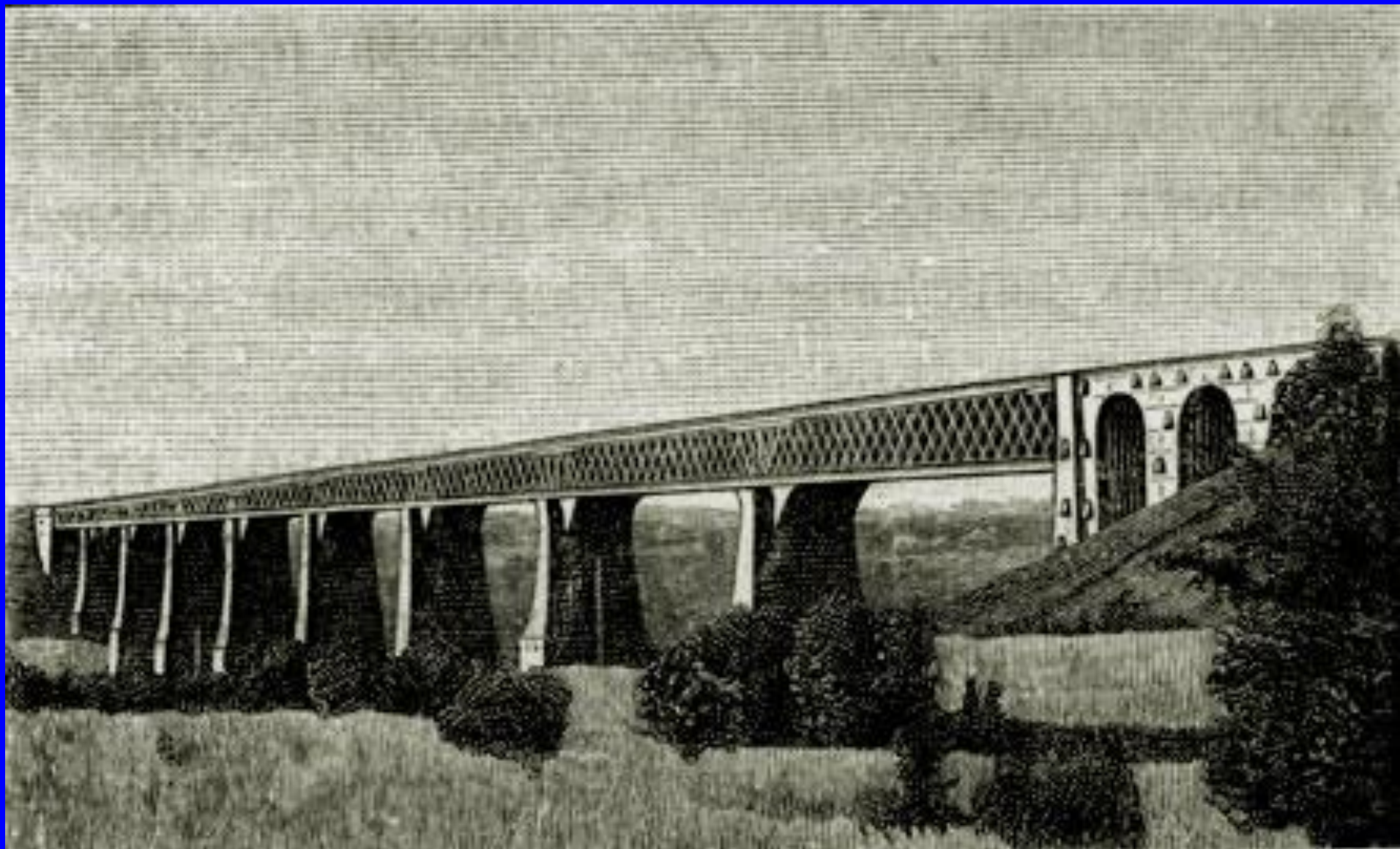
- ✓ АВТОР ПРОЕКТА ДОРОГИ – ПРОФЕССОР П. МЕЛЬНИКОВ
- ✓ УКАЗ ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ I (1 ФЕВРАЛЯ 1842 г.)
 - ВОЗГЛАВИТЬ СТРОИТЕЛЬСТВО ПРОФЕССОРАМ МЕЛЬНИКОВУ (СЕВЕРНАЯ ДИРЕКЦИЯ) КРАФТУ (ЮЖНАЯ ДИРЕКЦИЯ)
 - НАХОДИТЬСЯ ПРИ ОСОБЕ ГОСУДАРЯ
- ✓ ПАНАЕВ В.А.: *«ВСЕ РАБОТАЛИ ВОСТОРЖЕННО! – ГОРДИЛИСЬ ПОРУЧЕННОЙ МИССИЕЙ»*
- ✓ ТЕОРИЯ РАСКОСНЫХ ФЕРМ ПОРУЧИКА Д.И. ЖУРАВСКОГО
 - ОСНОВЫ СОПРОМАТА И СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ
 - ВОСЕМЬ БОЛЬШИХ МОСТОВ – ОТ ДВУХ ДО ДЕВЯТИ ПРОЛЕТОВ
 - ВЕРЕБЬИНСКИЙ МОСТ

ЖУРАВСКИЙ Д.И.



ИНЖЕНЕР-ПОРУЧИК, ВЫПУСКНИК 1842 Г. ИНСТИТУТА КОРПУСА ИНЖЕНЕРОВ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

**ВЕРЕБЬИНСКИЙ МОСТ В ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ ВИДЕ
ПОСТРОЕН Д. И. ЖУРАВСКИМ**



ПАМЯТНИК ИМПЕРАТОРУ НИКОЛАЮ I НА ИСААКИЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ В С.-ПЕТЕРБУРГЕ



St. Pétersbourg.

С.-Петербургъ.

ГОД 1851 – ГОД ОТКРЫТИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ИЗ ПЕТЕРБУРГА В МОСКВУ



ВЕРЕБЬИНСКИЙ МОСТ – 590 метров в длину, 53 метра в высоту

ТРАНССИБИРСКАЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ МАГИСТРАЛЬ (1903 г.)



ОСНОВНЫЕ ИТОГИ к 1917 г.

- **ЗА 40 ЛЕТ (1837 – 1877 г.г.) ПОСТРОЕНО 20 ТЫС. ВЕРСТ Ж/Д**
- **ЗА 15 ЛЕТ (1891 – 1905 г.г.) ПОСТРОЕНА ТРАНССИБИРСКАЯ МАГИСТРАЛЬ**
«РУССКИМИ МАТЕРИАЛАМИ, НА РУССКИЕ ДЕНЬГИ И РУССКИМИ РУКАМИ»
- **ПАРОВОЗЫ (ДО 1500 в год) - ДЕСЯТЬ КРУПНЫХ ЗАВОДОВ (КОЛОМЕНСКИЙ, НЕВСКИЙ, ХАРЬКОВСКИЙ, СОРМОВСКИЙ, ПУТИЛОВСКИЙ и т.д.)**
- **РЕЛЬСЫ – ШЕСТНАДЦАТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ**
- **ЗА 20 лет (с 1897 г.) В СИБИРЬ ПЕРЕСЕЛИЛИСЬ БОЛЕЕ 10 МЛН. ЧЕЛОВЕК**

РУССКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА В США В КОНЦЕ 19 ВЕКА

- ✓ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ВЫСШЕГО ИМПЕРАТОРСКОГО УЧИЛИЩА
(МГТУ им. БАУМАНА)
 - БОСТОНСКИЙ (МАССАЧУСЕТСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ
 - ДРУГИЕ ВУЗЫ АМЕРИКИ

- ✓ 250 АВАРИЙ МОСТОВ В США ЗА ДЕСЯТЬ ЛЕТ С 1878 по 1887 г.г.

«УСТНЫЙ СЧЕТ» БОГДАНОВ-БЕЛЬСКИЙ (1896 г.) ТРЕТЬЯКОВСКАЯ ГАЛЕРЕЯ



АРИФМЕТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА
С КАРТИНЫ БОГДАНОВА-БЕЛЬСКОГО «УСТНЫЙ СЧЕТ»

$$\frac{10^2 + 11^2 + 12^2 + 13^2 + 14^2}{365}$$

ТИМОШЕНКО СТЕПАН ПРОКОФЬЕВИЧ (1878 -1972 г.г.)



СТЕПАН ПРОКОФЬЕВИЧ ТИМОШЕНКО (1) (1878-1972 г.г.)

*«...КОРИФЕЙ ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ,
... ФИГУРА МИРОВОГО МАСШТАБА. РУССКИЙ ТИМОШЕНКО НАУЧИЛ
АМЕРИКАНЦЕВ ПРОЧНОСТНЫМ РАСЧЕТАМ»*
(ЧЛЕН ФРАНЦУЗСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПОЛЬ ЖЕРМЕН)

- ✓ ОКОНЧИЛ РЕАЛЬНОЕ УЧИЛИЩЕ ГОРОДА РОМНЫ
- ✓ ОДНОКЛАССНИК БУДУЩЕГО ОСНОВАТЕЛЯ СОВЕТСКОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ АКАДЕМИКА А.И. ИОФФЕ
- ✓ В 1901 г. ОКОНЧИЛ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
- ✓ В 1906 г. ПРОФЕССОР КИЕВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
- ✓ В 1911 г. ПРОФЕССОР ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРОВ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
- ✓ ПОСЛЕ 1917 г. ЭМИГРИРОВАЛ В ЕВРОПУ; В 1922 г. ПЕРЕЕХАЛ В США

СТЕПАН ПРОКОФЬЕВИЧ ТИМОШЕНКО (2)

➤ ПЕРВЫЕ ВПЕЧАТЛЕНИЯ В США

- ✓ НИЗКИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
- ✓ ИНЖЕНЕРНАЯ БЕЗГРАМОТНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ Ж/Д НЬЮ-ЙОРКА
- ✓ «АМЕРИКА МНЕ ОПРЕДЕЛЕННО НЕ НРАВИЛАСЬ...
ЗДЕСЬ ИНЖЕНЕРНОЙ НАУКОЙ НИКТО НЕ ИНТЕРЕСОВАЛСЯ...»

➤ НАИБОЛЕЕ АВТОРИТЕТНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ «ВЕСТИНГАУЗ»

«... ОСНОВНАЯ ПОДГОТОВКА В МАТЕМАТИКЕ И ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТАХ ДАВАЛА НАМ ОГРОМНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ПЕРЕД АМЕРИКАНЦАМИ, ОСОБЕННО ПРИ РЕШЕНИИ НОВЫХ НЕШАБЛОННЫХ ЗАДАЧ»

➤ 30-Е ГОДЫ: ШКОЛЫ ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ В АНН-АРБОРЕ, СТЭНДФОРДСКОМ И КАЛИФОРНИЙСКОМ УНИВЕРСИТЕТАХ

СТЕПАН ПРОКОФЬЕВИЧ ТИМОШЕНКО (3)

➤ ВТОРАЯ МИРОВАЯ ВОЙНА

«ВОЙНА ЯСНО ПОКАЗАЛА ВСЮ ОТСТАЛОСТЬ АМЕРИКИ В ДЕЛЕ ОРГАНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ, ...ПРАВИТЕЛЬСТВО ПОНЯЛО ЭТО И РЕШИЛО ДЕЙСТВОВАТЬ ЭНЕРГИЧНО. БЫЛИ АССИГНОВАНЫ СРЕДСТВА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ДОКТОРОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК»

➤ НА СКЛОНЕ ЛЕТ, ПОДВОДЯ ИТОГИ

«ТЕПЕРЬ ЧЕРЕЗ СОРОК ЛЕТ, ОБДУМЫВАЯ ПРИЧИНУ НАШИХ ДОСТИЖЕНИЙ В АМЕРИКЕ, Я ПРИХОЖУ К ЗАКЛЮЧЕНИЮ, ЧТО НЕМАЛУЮ РОЛЬ В ЭТОМ ДЕЛЕ СЫГРАЛО ОБРАЗОВАНИЕ, КОТОРОЕ НАМ ДАЛИ РУССКИЕ ВЫСШИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ШКОЛЫ»

РУССКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА В РОССИИ ПОСЛЕ 1917 г.

***ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ЛИДЕРСТВА / ПАРИТЕТА
С ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫМИ СТРАНАМИ
В КЛЮЧЕВЫХ ВОЕННЫХ
И ГРАЖДАНСКИХ ОБЛАСТЯХ***

АТОМНОЕ ОРУЖИЕ



АТОМНЫЕ ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ

КОВАЛЕВ СЕРГЕЙ НИКИТИЧ



ПЕРВАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ АТОМНАЯ ПОДВОДНАЯ ЛОДКА (ПРОЕКТ 627)



ЗАКЛАДКА - 24.09.1955; СПУСК - 09.10.1957; ВСТУПЛЕНИЕ В СТРОЙ - 12.03.1959

ТЯЖЕЛЫЙ АТОМНЫЙ ПОДВОДНЫЙ РАКЕТНЫЙ КРЕЙСЕР (ПРОЕКТ 941 «АКУЛА»)



Водоизмещение - 50 тыс. т.; длина - 172 м.; ширина - 23 м.;
глубина погружения - до 500 м.

МНОГОЦЕЛЕВАЯ АТОМНАЯ ПОДВОДНАЯ ЛОДКА (ПРОЕКТ 705)



АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ОБОГАЩЕНИЯ УРАНА

АВИАЦІЯ

ТУПОЛЕВ ТУ-160 (1987 ПО НАСТ. ВРЕМЯ, ОБЪЕМ ВЫПУСКА: 35 ШТ.)

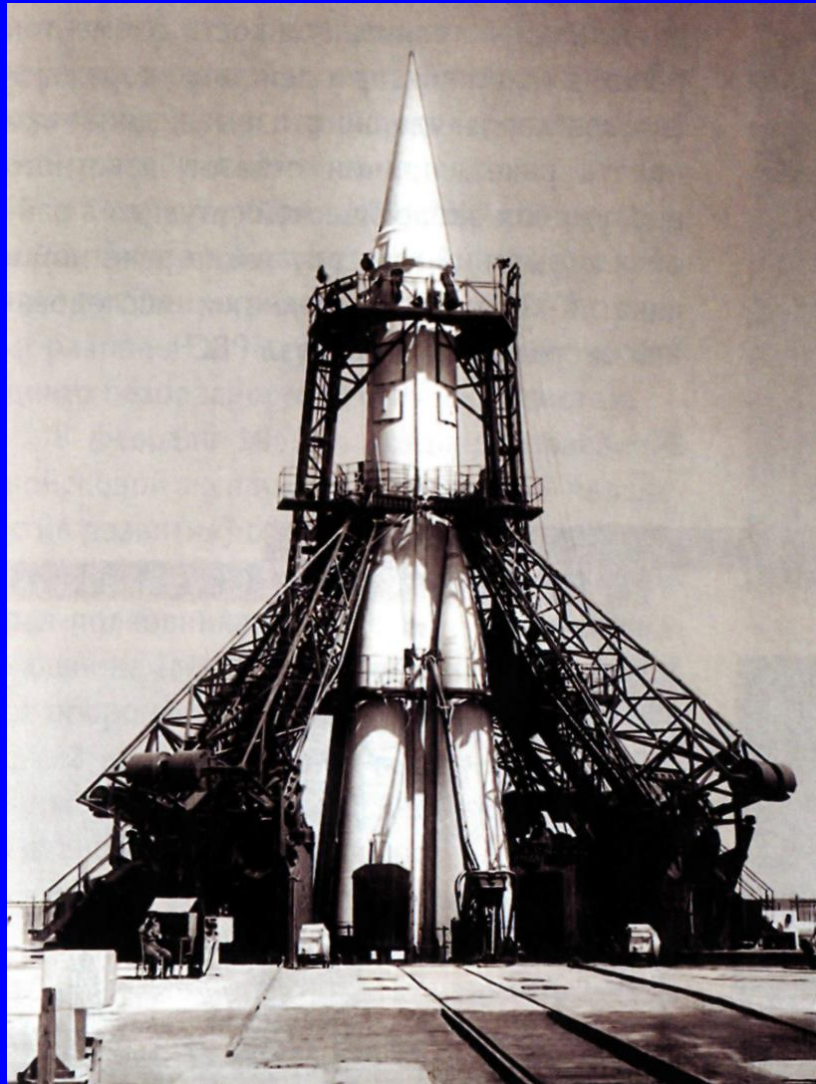


**ВЗЛЕТНАЯ МАССА: 275 т., МАКС. СКОРОСТЬ: 2 230 км/час., ДАЛЬНОСТЬ: 14 000 км.,
БОЕВАЯ НАГРУЗКА: 40 т.**

РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

R-7

ПЕРВАЯ В МИРЕ МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНАЯ БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ РАКЕТА (ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ)



ДАЛЬНОСТЬ – 8000 км. (11000 км.); ОТДЕЛЯЮЩАЯСЯ ГОЛОВНАЯ ЧАСТЬ — 3000 кг.

С.П. ТИМОШЕНКО - 1958 г.

ОБРАЗОВАНИЕ В СССР

**С. П. ТИМОШЕНКО
В КИЕВСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**



С.П. ТИМОШЕНКО

«ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ»

➤ О РОССИИ

«...РОССИЯ ПОЧТИ ПОЛНОСТЬЮ ВЕРНУЛАСЬ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ, КОТОРАЯ СУЩЕСТВОВАЛА ПЕРЕД КОММУНИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИЕЙ...»

«ТРАДИЦИИ СТАРОЙ ШКОЛЫ ОКАЗАЛИСЬ ОЧЕНЬ СИЛЬНЫМИ, А С ПОМОЩЬЮ ОСТАТКОВ СТАРЫХ ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКИХ КАДРОВ БЫЛО ВОЗМОЖНЫМ ПРИВЕСТИ В ПОРЯДОК ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, РАЗРУШЕННОЕ ВО ВРЕМЯ РЕВОЛЮЦИИ»

«...РОССИЯ ЗАНИМАЕТ ВЕДУЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК...»

➤ О США

«... В НАШЕЙ СТРАНЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ДЕЛАЕТСЯ ОЧЕНЬ МАЛО,ЛУЧШИЕ МОЛОДЫЕ ТАЛАНТЫ ОБЫЧНО НЕ ВЫБИРАЮТ ДЛЯ СЕБЯ НАУЧНОЙ КАРЬЕРЫ...»

ЯНГЕЛЬ МИХАИЛ КУЗЬМИЧ



УТКИН СЕРГЕЙ ФЕДОРОВИЧ



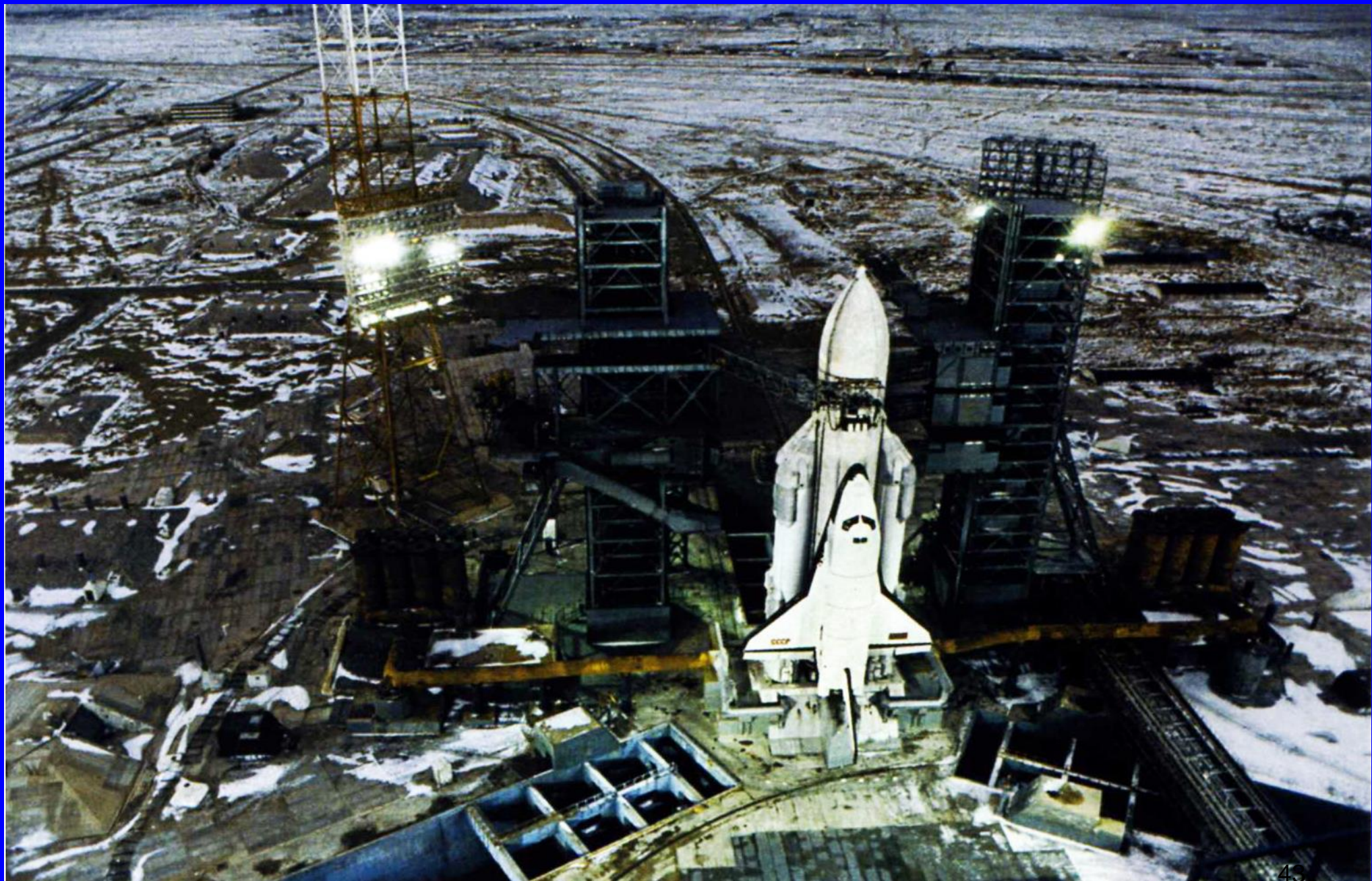
САМАЯ МОЩНАЯ – МБР РС -20В (ВОЕВОДА) ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПУСКА В УСЛОВИЯХ ОТВЕТНО-ВСТРЕЧНОГО УДАРА



НАЧАЛО РАЗРАБОТКИ -1983г.; БОЕВОЕ ДЕЖУРСТВО - 1988г.; ДАЛЬНОСТЬ –БОЛЕЕ 10 000 км;
СТАРТОВАЯ МАССА -211т.; МАССА ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ - 8.8 т.;
БОЕВЫХ БЛОКОВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО НАВЕДЕНИЯ (10Х0,75Мт.);
ПОРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ПЛОЩАДИ 500кв. км.

ВАЛЕНТИН ПЕТРОВИЧ ГЛУШКО





ОРБИТАЛЬНЫЙ КОРАБЛЬ «БУРАН»

НПО «МОЛНИЯ» 1976-1988гг. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОСАДКА



СТАРТОВАЯ МАССА -105т.; ДЛИНА - 36.4м.; РАЗМАХ КРЫЛА - 24м.; ВЫСОТА - 16м.;
ПОЛЕЗНЫЙ ГРУЗ - 30 т. (ВЗЛЕТ); - 20т. (ПОСАДКА).

РД-170 (1987Г. ПЕРВАЯ СТУПЕНЬ РКС «ЭНЕРГИЯ»)



**САМЫЙ МОЩНЫЙ ЖИДКОСТНЫЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ (20млн. л.с.)
МНОГОРАЗОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (10 кратное)**

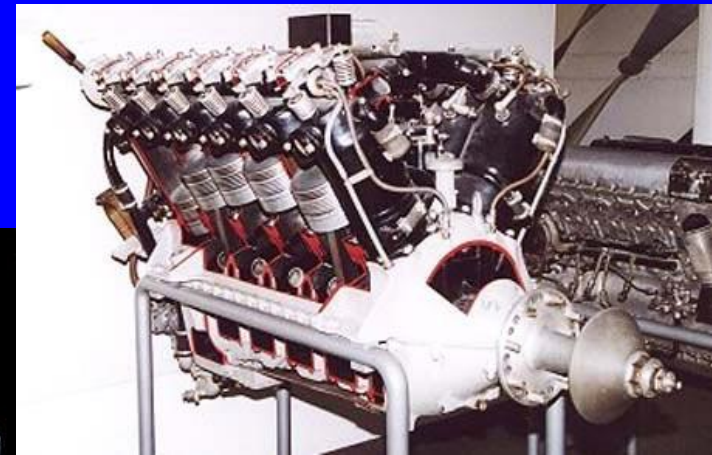
масса 9,7 т., топливо- керосин; окислитель - жидкий кислород; тяга в вакууме -800 тс.

С.П. ТИМОШЕНКО
«ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ»

**«...БУДУЩЕЕ ИНЖЕНЕРНОГО ДЕЛА НЕИЗБЕЖНО СТАНЕТ
ВСЕ БОЛЕЕ И БОЛЕЕ ТЕСНО СВЯЗАНО С РАЗВИТИЕМ
ЧИСТОЙ НАУКИ...»**

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (1)

- **ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**
 - ✓ **ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ОБРАБОТКИ: СТЕНДОВЫЕ И НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ**
 - ✓ **ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ; ИХ УТОЧНЕНИЕ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СТЕНДОВЫХ И НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**



ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (2)

- **ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ НЕВОЗМОЖНОСТЬ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ СВЕРХВЫСОКИХ СКОРОСТЕЙ, ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НОВОГО ИЗДЕЛИЯ (ЯО)**
 - ✓ НАТУРНЫЕ И СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ
 - ✓ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ – РАСЧЕТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АПРИОРНОГО ЧИСЛЕННОГО ПРЕДСКАЗАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВО ВРЕМЕНИ (НЕ БОЛЕЕ 10^9 оп/сек)
- **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ- ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ОТРАБОТКИ ИЗДЕЛИЯ (ЯО)**
 - ✓ СТЕНДОВЫЕ (ЗАЧЕТНЫЕ) ИСПЫТАНИЯ – ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ
 - ✓ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭВМ НЕ МЕНЕЕ 10^{12} оп/сек



ТЕРА И ПЕТАФЛОПСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ –
ВОЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ США (ПРОГРАММА ASCI)
1997-2010гг.

- **ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ (НА 90%) –**
ЗАМЕНА НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЯДЕРНЫХ БОЕЗАРЯДОВ
ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ НА СУПЕР-ЭВМ,
(СЕТЬ ИЗ ДЕСЯТКОВ И СОТЕН ТЫСЯЧ
ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ МИКРОПРОЦЕССОРОВ)
И ПОЛУНАТУРНЫМИ ЭКСПЕРЕМЕНТАМИ
(ГРАЖДАНСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ – 10%)
- **ASCI: СУПЕР-ЭВМ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ –**
ЕДИНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ
ТЕРАФЛОПНОГО КЛАССА

ПРЕДПОСЫЛКИ МАССОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СУПЕР-ЭВМ 1996 г. – 2012 г.

➤ СЕТЬ ИЗ ДЕСЯТКОВ, СОТЕН ТЫСЯЧ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ
КОММЕРЧЕСКИХ МИКРОПРОЦЕССОРОВ

➤ СТОИМОСТЬ 1 ТФлопс: СНИЗИЛАСЬ В 1000 РАЗ

➤ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ: ВЫРОСЛА В 20000 РАЗ

✓ ОДИН ТЕРАФЛОПС (Тфлопс) – ТРИЛЛИОН (10^{12}) ОПЕРАЦИЙ В СЕКУНДУ

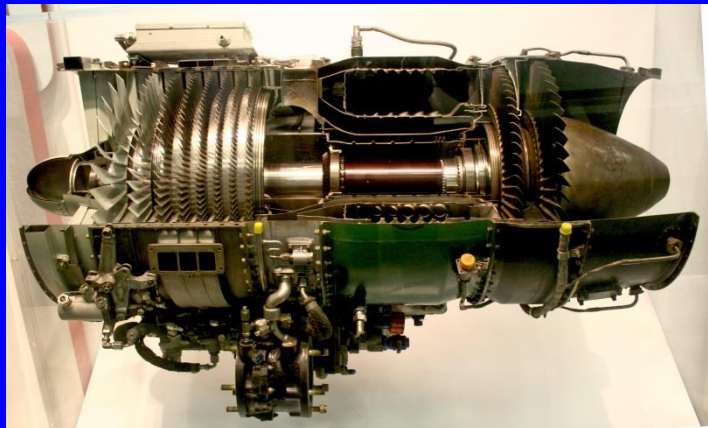
- В ТЫСЯЧУ РАЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЕЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА (ПК)
- ОДНА ТЫСЯЧА ПК ≠ СУПЕР-ЭВМ ОДИН Тфлопс
- ЭВМ ASCI RED – 1996 г. - \$ 60 млн.
- КС – ЭВМ - 2011 г. - \$ 60 тыс.

✓ ОДИН ПЕТАФЛОПС (Пфлопс) - ТЫСЯЧА ТРИЛЛИОНОВ (10^{15}) ОПЕРАЦИЙ В СЕКУНДУ

- В МИЛЛИОН РАЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЕЕ ПК
- ЭВМ SEQUOIA – 2012 г. - 20 ПФлопс

ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ И ЗАЧЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- **ДОЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В ОБЩЕМ ОБЪЕМЕ ИСПЫТАНИЙ**
 - ✓ **СТОИМОСТЬ И СРОКИ РАЗРАБОТКИ**
 - ✓ **ПРЕДЕЛЬНО ДОСТИЖИМЫЙ УРОВЕНЬ ТТХ**
- **ДОЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ВОЗРАСТАЕТ С РОСТОМ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СУПЕР-ЭВМ**
- **СУПЕР-ЭВМ ЭКЗАФЛОПНОГО КЛАССА – ПОЛНОМАСШТАБНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ + ЗАЧЕТНЫЕ СТЕНДОВЫЕ (И ВОЗМОЖНО НАТУРНЫЕ)**
- **ОБЪЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ – АДЕКВАТЕН ОБЪЕМУ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ АНАЛОГИЧНЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ**



ЭКСАФЛОПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ - ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ США
в 2010 – 2020 – 2030 г.г. (1)**

(МАТЕРИАЛЫ МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ США 2009 г.)

- **«ЭКСАФЛОПНЫЙ СКАЧЕК»: «ПЕРЕХОД ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОТ ЭМПИРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ, ОПИРАЮЩИХСЯ НА НАТУРНЫЕ ТЕСТЫ, К НАУЧНЫМ МЕТОДИКАМ, ОПИРАЮЩИМСЯ НА ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**
- **НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ДВАДЦАТИЛЕТНЕГО «ЭКСАФЛОПНОГО СКАЧКА»:**
 - ✓ **НЕСКОЛЬКО СВЕРХКРУПНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ И ЭНЕРГОМАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ**
 - ✓ **МОНОПОЛИЗАЦИЯ МИРОВЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ РЫНКОВ ЭТИМИ КОМПАНИЯМИ**
 - ✓ **BOEING и AIRBUS – МИРОВОЙ РЫНОК МАГИСТРАЛЬНЫХ АВИАЛАЙНЕРОВ**

ЭКЗАФЛОПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ - ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ США
в 2010 – 2020 – 2030 г.г. (2)**

(МАТЕРИАЛЫ МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ США 2009 г.)

**I. ДОМИНИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ СЖИГАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ
(США-85%) В БЛИЖАЙШИЕ 30-50 ЛЕТ ВСЛЕДСТВИЕ ОГРОМНОЙ
СТОИМОСТИ УЖЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (РОССИЯ-88%)**

➤ ТРАНСПОРТ США – ДВЕ ТРЕТИ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ НЕФТИ

✓ СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ НА 15% (С 20 ДО 17 МЛН. БАРР/ДЕНЬ)

✓ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВА ИЗ НЕФТЯНЫХ ПЕСКОВ, СЛАНЦЕВ

**➤ МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭКЗАФЛОПНЫХ СУПЕР-
ЭВМ ПРОЦЕССОВ СГОРАНИЯ НОВЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЯХ
НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ (ОТ ТЕЧЕНИЯ РЕАКЦИЙ НА УРОВНЕ ОТДЕЛЬНЫХ
МОЛЕКУЛ, ДО ОБРАЗОВАНИЯ ВИХРЕЙ ПРИ ПОДАЧЕ ТОПЛИВА В
КАМЕРУ СГОРАНИЯ)**

ЭКСАФЛОПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ - ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ США
В 2010 – 2020 – 2030 г.г. (5)

(МАТЕРИАЛЫ МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ США 2009 г.)

II. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА (8%)

➤ ОБЩИЕ ЦЕЛИ

- ✓ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВСЕЙ АЭС (от ТВЭЛ до УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ)
- ✓ ТРЕБУЕМАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ – 10-20 ЭФЛОПС
- ✓ МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС – 2024 г. (15 ЛЕТ)
- ✓ СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ АЭС с \$15 млрд. до \$12 млрд. (20%)

➤ OAKRIDGE NATIONAL LAB - ЦЕНТР ИННОВАЦИЙ

В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ (МАЙ, 2010 год)

- ✓ ЛИДЕРСТВО США В ОБЛАСТИ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
- ✓ ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УЖЕ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЯР (ЛЕГКОВОДНЫХ)
- ✓ ОТКАЗ ОТ АДАПТАЦИИ СТАРОГО ПО К СУПЕР-ЭВМ

ЭКЗАФЛОПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ - ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ США
в 2010 – 2020 – 2030 г.г. (6)**

III. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

- **К 2020 г. ЗА СЧЕТ БИОТОПЛИВА СОКРАТИТЬ НА 20% ПОТРЕБЛЕНИЕ БЕНЗИНА**
 - ✓ **МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОСТРУКТУР ИЗ МИЛЛИОНОВ АТОМОВ НА ЭКЗАФЛОПНОЙ СУПЕР-ЭВМ**

- **К 2030 г. ДОЛЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ до 20%**
 - ✓ **МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭКЗАФЛОПНОЙ СУПЕР-ЭВМ**
 - **ВИХРЕЙ МЕТРОВОГО ДИАМЕТРА ВБЛИЗИ ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ**
 - **ВИХРЕЙ КИЛОМЕТРОВОГО ДИАМЕТРА В РАДИУСЕ до 50 КМ**

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ЭКСАФЛОПНОЙ СУПЕР-ЭВМ (10^{18} операций в секунду)

СУММА НЕКОММЕРЧЕСКИХ (ТРУДНОДОСТУПНЫХ) ТЕХНОЛОГИЙ

- **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИЕМЛЕМЫХ (ЭКОНОМИЧЕСКИ И ИНЖЕНЕРНО) ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, СТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СУПЕР-ЭВМ С МИЛЛИАРДОМ АППАРАТНО ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ ПРОЦЕССОВ**
- **ПРОГРАММИРОВАНИЕ ДЛЯ СУПЕР-ЭВМ С МИЛЛИАРДОМ АППАРАТНО ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ ПРОЦЕССОВ**
- **ПАРИРОВАНИЕ ОШИБОК ПРИ ОДНОВРЕМЕННОЙ РАБОТЕ МИЛЛИАРДОВ АППАРАТНО ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ ПРОЦЕССОВ**
- **СОВМЕСТНОЕ (В ЕДИНОМ ЦИКЛЕ) ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА**

**Ключевая проблема:
ошибка – ординарное,
а не исключительное событие.**

- **МИЛЛИАРДЫ ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ АППАРАТНО ПРОЦЕССОВ
(ПОТОКОВ УПРАВЛЕНИЯ)**
 - ✓ **ВЕРОЯТНОСТЬ ОШИБКИ НА НЕБОЛЬШОМ ВРЕМЕННОМ ИНТЕРВАЛЕ – 1**
- **ГЛОБАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ И КОНТРОЛЬНЫХ
ТОЧЕК В ТАКОЙ СИТУАЦИИ СЛИШКОМ ДОРОГИ**
- **ЛОКАЛЬНЫЕ АСИНХРОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПАРИРОВАНИЯ
АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ ОШИБОК**
 - ✓ **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ**
 - ✓ **ПРИКЛАДНОЕ И БАЗОВОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**
 - ✓ **АППАРАТУРА СУПЕРКОМПЬЮТЕРА**
 - ✓ **ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА**

Механизм контрольных точек на уровне ядра микропроцессора

➤ Системы контроля микропроцессора

- ✓ Внешних интерфейсов (память, В/В, коммуникации и т.д.)
- ✓ Внутренних каналов
- ✓ Вычислительных устройств
- ✓ Состояние важных блоков

➤ Система восстановления при сбое

- ✓ Повторение контрольной точки (не суперск., не конвейер)
- ✓ Передача контрольной точки другому ядру /микропроцессору

Самосинхронные узлы микропроцессора

➤ Дерево синхронизации (30-40% общей мощности)

➤ Самосинхронные вычислительные узлы:

- ✓ Снижение мощности в 5 раз
- ✓ Увеличение надежности в 10 раз

Синхронная простая итерация для решения блочной СЛАУ

$H : E \rightarrow E; x = (x_1, \dots, x_m) \rightarrow ((Hx)_1, \dots, (Hx)_m);$

```
until convergence do {  
    Sync_Parallel.for any i {  
        read x from common memory;  
        compute  $x_i^k = H(x^{k-1})_i;$   
    }  
    Sync_Parallel.for any i {  
        overwrite  $x_i$  in common memory  
        with  $x_i^k;$   
    }  
}
```

Асинхронная хаотическая итерация для решения блочной СЛАУ

D.Chazan,W.Miranker, Chaotic relaxation, LinearAlgebra Appl. 2(1969) 199–222.

$$H : E \rightarrow E; x = (x_1, \dots, x_m) \rightarrow ((Hx)_1, \dots, (Hx)_m);$$

```
Async_Parallel.for any i {  
    until convergencei do {  
        read x from common memory;  
        compute xnewi = H(x)i;  
        overwrite xi in common memory  
        with xnewi ;  
    }  
    donei ;  
}
```

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРА И ПЕТАФЛОПНОГО КЛАССА В РОССИИ (1997-2011г.г.)

- **АППАРАТНАЯ ОСНОВА** - ДОСТУПНЫЕ НА МИРОВОМ КОММЕРЧЕСКОМ РЫНКЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ КОМПАНИИ INTEL, AMD (ГРАФИЧЕСКИЕ УСКОРИТЕЛИ nVidia)
- **ПРОГРАММНЫЕ МОДЕЛИ** – Open MP и MPI, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МАССОВЫЕ КОММЕРЧЕСКИЕ МИКРОПРОЦЕССОРЫ КОМПАНИЙ INTEL, AMD (ПОТОКОВЫЕ МОДЕЛИ OpenCL, CUDA)
- **НАИБОЛЕЕ ЦЕННЫЙ РЕЗУЛЬТАТ** – ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ СУПЕР-ЭВМ НА ОСНОВЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРОВ И ПРОГРАММНЫХ МОДЕЛЕЙ Open MP и MPI (РАЗРАБОТКА от 5 до 7 лет)

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСАФЛОПНОГО КЛАССА В РОССИИ (2013-2020 г.г.)

➤ ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ:

- ✓ ВОЗМОЖНО ЛИ СОЗДАНИЕ к 2018 г. ЭКСАФЛОПНОЙ СУПЕР-ЭВМ НА ОСНОВЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРОВ И ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ OPEN MP и MPI ?
- ✓ БУДУТ ЛИ ДОСТУПНЫ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ТАКОЙ СУПЕР-ЭВМ НА МАССОВОМ КОММЕРЧЕСКОМ РЫНКЕ к 2018 г.?
- ✓ ВОЗМОЖНО ЛИ СОЗДАНИЕ в 2018 г. ЭКСАФЛОПНОЙ СУПЕР-ЭВМ НА ОСНОВЕ МАССОВЫХ КОММЕРЧЕСКИХ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ?
- ✓ КАКОВЫ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАССОВЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТОКОВЫХ ГРАФИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ И ПОТОКОВЫХ МОДЕЛЕЙ OPENCL, CUDA для СОЗДАНИЯ СУПЕР-ЭВМ ЭКСАФЛОПНОГО КЛАССА ?
- ✓ ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ НЕОБХОДИМЫМ УСЛОВИЕМ СОЗДАНИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКСАФЛОПНОЙ СУПЕР-ЭВМ РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО В РОССИИ СОБСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ?

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СУПЕР-ЭВМ ЭКСАФЛОПНОГО КЛАССА (1)

- **ЭКСАФЛОПНАЯ ЭВМ ДЕПАРТАМЕНТА ЭНЕРГЕТИКИ США 2018 ГОДА**
 - ✓ **ОСНОВНЫЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ НЕДОСТУПНЫ НА КОММЕРЧЕСКОМ РЫНКЕ**
 - **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ НА ОСНОВЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРОВ**
 - **КОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА, ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ**
- **ФИКСИРОВАННЫЙ НАБОР** МНОГОМАСШТАБНЫХ ПРОЦЕССОВ
 - **СГОРАНИЕ ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЯХ**
 - **ВНУТРИПЛАСТОВОЕ ГОРЕНИЕ**
 - **ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОДИНАМИКА**
 - ...
- **ЭКСАФЛОПНАЯ ЭВМ – СОВОКУПНОСТЬ СЕГМЕНТОВ НА ОСНОВЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРОВ, ОПТИМИЗИРОВАННЫХ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ МАСШТАБОВ**
- **НА ДАННОМ КЛАССЕ ЗАДАЧ – СПЕЦИАЛЬНЫЙ МИКРОПРОЦЕССОР КОММЕРЧЕСКИЙ ИЛИ ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ В 5-10 РАЗ ЭФФЕКТИВНЕЕ КОММЕРЧЕСКОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО**

СЕКМЕНТ СУПЕР-ЭВМ ТЕРАФЛОПСНОГО КЛАССА НА БАЗЕ К-128ВМ7, К-64ВМ6, КПЗ 2006-2011 г.г.



- Пиковая производительность 0.4 Тфлопс
- ОЗУ 43 Гбайт
- Коммутационная система – RapidIO:
 - до 16 Гбайт/с

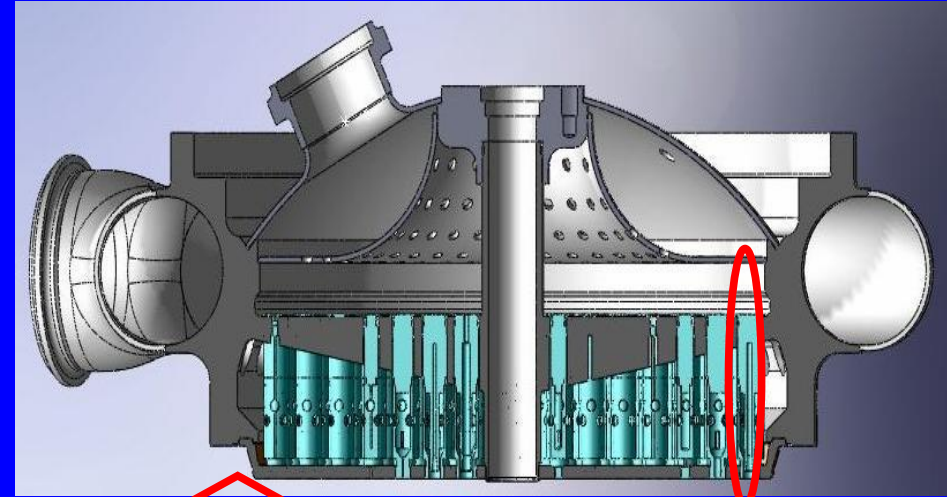
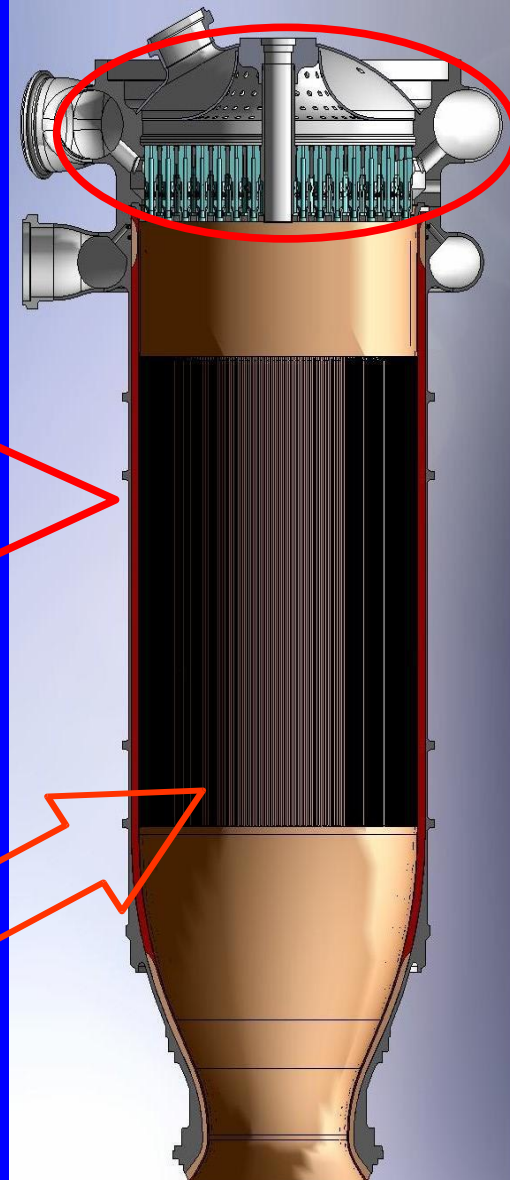
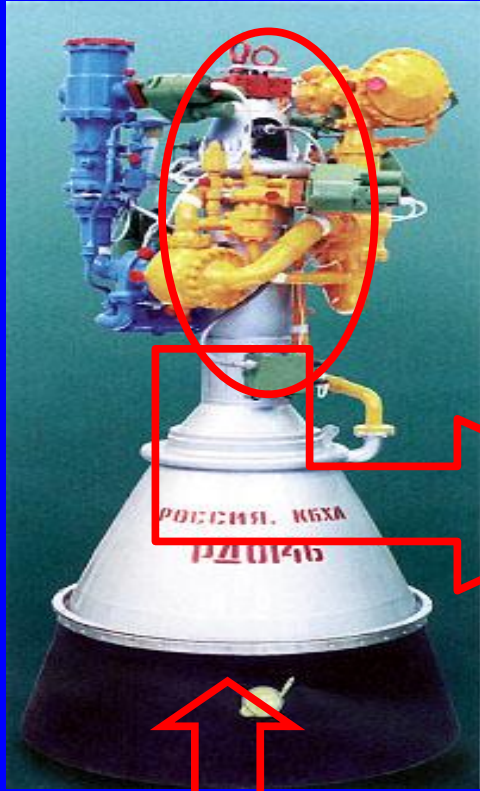
ПРОЕКТ «РАЗВИТИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ И ГРИД-ТЕХНОЛОГИЙ»

2010-2012 г.г.

- РФЯЦ-ВНИИЭФ – ГОЛОВНОЙ ИСПОЛНИТЕЛЬ
 - ✓ ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА СУПЕР-ЭВМ
- ГОЛОВНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ВЕДУЩИХ ОТРАСЛЕЙ: АВИАЦИЯ, АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ, РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ОТРАСЛЬ
 - ✓ «ВИРТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ»: САМОЛЕТ-ДВИГАТЕЛЬ, КОРАБЕЛЬНАЯ ЯЭУ, ЖРД, СТЕНД-ЖРД
- НИИСИ РАН
 - ✓ НАУЧНОЕ СОПОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТА
 - ✓ КОНЦЕПЦИЯ КОМПАКТНОЙ СУПЕР-ЭВМ (1-5 Тфлопс) – СОВРЕМЕННОГО АНАЛОГА ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ СТАНЦИИ «БЕСТА»
 - ✓ УЧАСТИЕ В РАЗРАБОТКЕ БАЗОВЫХ ПАКЕТОВ ЛОГОС-CFD, ЛОГОС-ПРОЧНОСТЬ, НИМФА
 - ✓ УЧАСТИЕ В СОЗДАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ «ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ» ЖРД И СТЕНД-ЖРД ДВИГАТЕЛЯ РД 0146 РН «РУСЬ-М» И «СОЮЗ 2-1В»

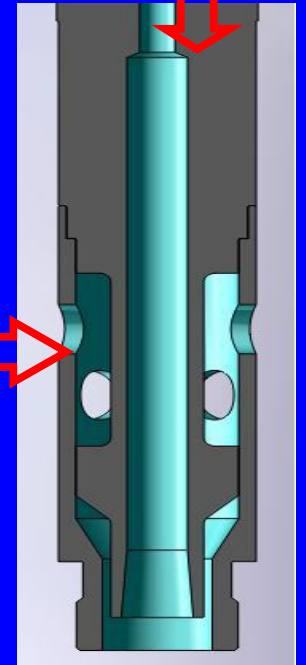


МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ В ЖИДКОМ РАКЕТНОМ ДВИГАТЕЛЕ



Блок инжекторов

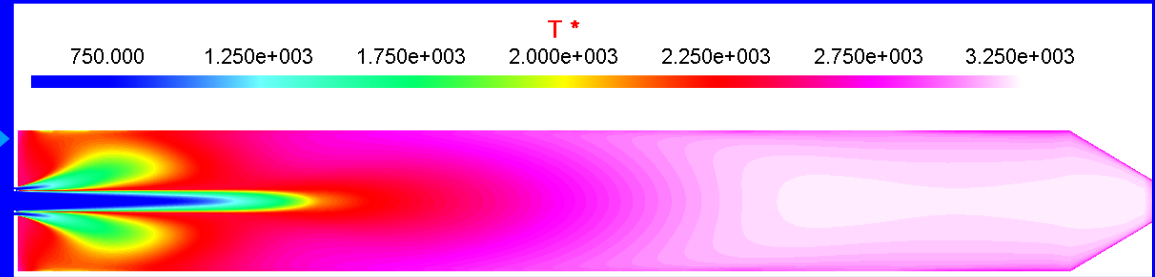
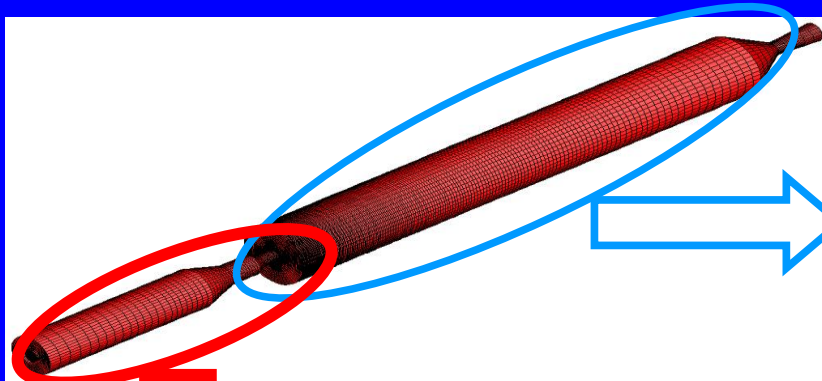
Форсунка



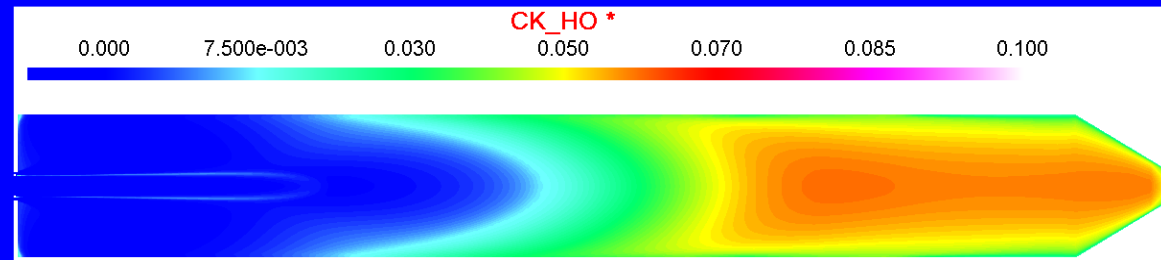
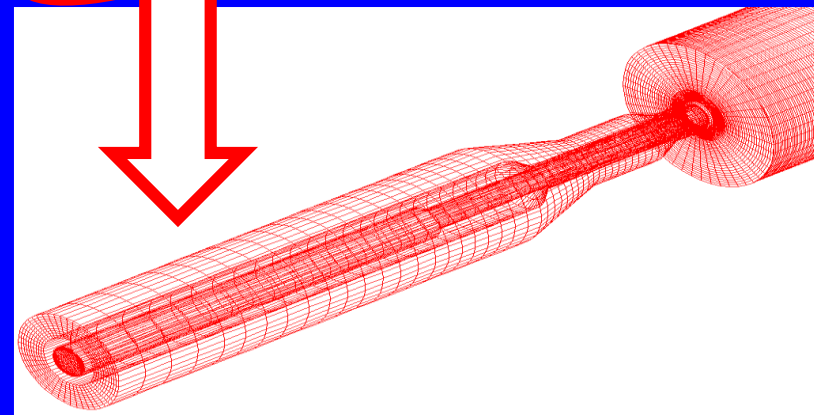
ДВИГАТЕЛЬ

КАМЕРА СГОРАНИЯ

Тестовая камера сгорания сравнение с экспериментом



Температура



Концентрация радикала OH



Концентрация водорода