РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Российско-итальянский проект экспериментального токамака «ИГНИТОР»

Директор ГНЦ РФ ТРИНИТИ

профессор В.Е.Черковец

г.Москва

9 июня 2010 года

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТА «ИГНИТОР»

Главная идея токамака Игнитор – достижение условий зажигания термоядерной плазмы **только с помощью омического нагрева**, за счет протекающего в тороидальном направлении тока без привлечения мощных средств дополнительного нагрева.

Достижение необходимой величины тороидального тока в плазме, обеспечивающего омический нагрев до термоядерных температур требует использования **сильных магнитных полей**, более чем в 2 - 4 раза превышающих тороидальные и полоидальные магнитные поля в традиционных токамаках.

Увеличение магнитных полей позволяет удерживать плазму более высокого газокинетического давления, а, следовательно, более **высокой плотности**. Рост удельной плотности плазмы на порядок, повышает удельный выход термоядерных реакций на два порядка, что в свою очередь дает возможность существенно снизить размеры токамака при сохранении интегрального выхода энергии.

Таким образом, **суть проекта «Игнитор»** заключается в создании токамака с сильными магнитными полями и сильным тороидальным током.

Краткая историческая справка

Предшественниками **токамака Игнитор** являются **токамак Алкатор (МТИ, США) и советский токамак с сильным полем Т-14 (ТСП)**, идея которого предложена академиками Е.П. Велиховым и Б.Б. Кадомцевым.

Токамак ТСП был первым действующим токамаком *с сильным (13 Тл) тороидальным полем*, рассчитанный на достижения условий, когда мощность термоядерных реакций превышает мощность, затраченную на нагрев плазмы до термоядерных температур. У*никальный дорогостоящий комплекс ТСП был создан* в Троицке, а сам токамак изготовлен и введен в эксплуатацию в 1987 году. К сожалению, по причинам исторического характера, *программа ТСП была приостановлена.*

В **токамаке Игнитор** также как и в **токамаке ТСП** *используется сильное тороидальное поле (13 Тл),* однако для нагрева плазмы до термоядерных температур *используется сильный ток*, а не *мощное адиабатическое сжатие.*

Первые контакты по проекту «Игнитор» между Е.П. Велиховым и Б. Коппи состоялись в 2004 году. Е.П. Велихов предложил для реализации проекта использовать уникальные возможности комплекса токамака ТСП в ГНЦ РФ ТРИНИТИ.

После контакта с итальянским правительством Б. Коппи в *2005 году инициировал презентацию комплекса ТСП* в Министерстве промышленности и инновации (МПИ) Италии.

В настоящее время появились условия успешного решения вопроса реализации проекта «Игнитор» в России, т.к. правительство С. Берлускони поддерживает этот проект.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТА

Электромагнитная система токамака изготавливается из чистой меди, охлажденной до температуры 30 К.

Огромные *электромагнитные и термомеханические усилия компенсируются самоподдерживающей конструкцией* и выбором соответствующих конструкционных материалов.

Для возбуждения тока используется **центральный соленоид с сильным полем** (более 14 Тл).

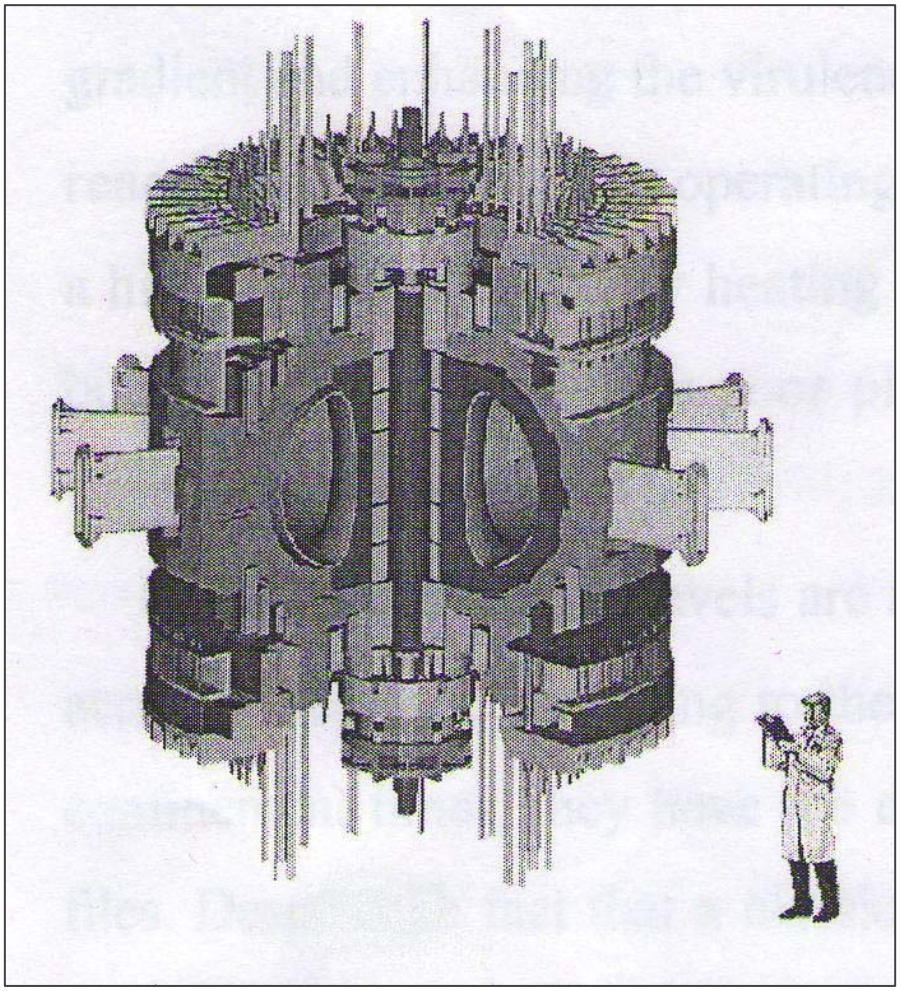
Для ввода топлива используется многофункциональная высокоскоростная (более 4 км/с) **пеллет инжекция**, что позволяет пикировать плотность плазмы.

Все компоненты электромагнитной системы токамака, помещаются в **криостат** и охлаждаются газообразным гелием. Температура чистой меди - 30 К, соответствует оптимальному соотношению ее электросопротивления и удельной теплоемкости.

Основные характеристики токамака Игнитор

- R = 1,32 м
- a = 0,47 м
- К = 1,83
- Вт ≤ 13Тл
- $Вр_{max}$ ≤ 6,5 Тл
- I = 11 МА
- q_{95} = 3,5
- Vпл = 10 $м^3$
- Sпл = 34 $м^2$
- PICRH = 3 ÷ 5 МВт

ОБЩИЙ ВИД ТОКАМАКА ИГНИТОР



ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ ТОКАМАКА ИГНИТОР

- **Экспериментальный зал** с биологической защитой, выполненный в зоне сильных магнитных полей из конструкций на основе немагнитных сталей, а также обеспеченный мощной вентиляцией.
- **Система энергоснабжения** обеспечивающая необходимые тороидальное и полоидальные поля, запас потока в центральном соленоиде, поля управления плазмой.
- **Криосистема**, обеспечивающая охлаждение электромагнитной системы и поддержание ее при температуре 30 К.
- **Система обеспечения тритием и система утилизации** трития и тритий содержащих продуктов.
- **Современная система управления и защиты**.
- **Физическая и технологическая диагностика** в требуемом для контроля и управления объеме.
- **Лабораторные и служебные помещения**, обеспечивающие проведение работ и размещение персонала проекта.

Международный центр «Игнитор» - в Российской Федерации

Исходя из технических требований к «Игнитору», комплекс «Токамак с сильным полем» (ТСП), его существующая энергетическая, экспериментально-стендовая база и инфраструктура ГНЦ РФ ТРИНИТИ в наибольшей степени удовлетворяет стартовым условиям для реализации проекта.

ГНЦ РФ ТРИНИТИ – это

- 1952-1961 Магнитная лаборатория АН СССР
- 1961-1971 отдел, сектор Института атомной энергии им. И.В.Курчатова (ИАЭ)
- 1971-1991 Филиал ИАЭ им. И.В.Курчатова
- 1991-1993 Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований
- 1993 - н.в. Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований

Троицк

35 000 жителей

12 научно-исследовательских институтов

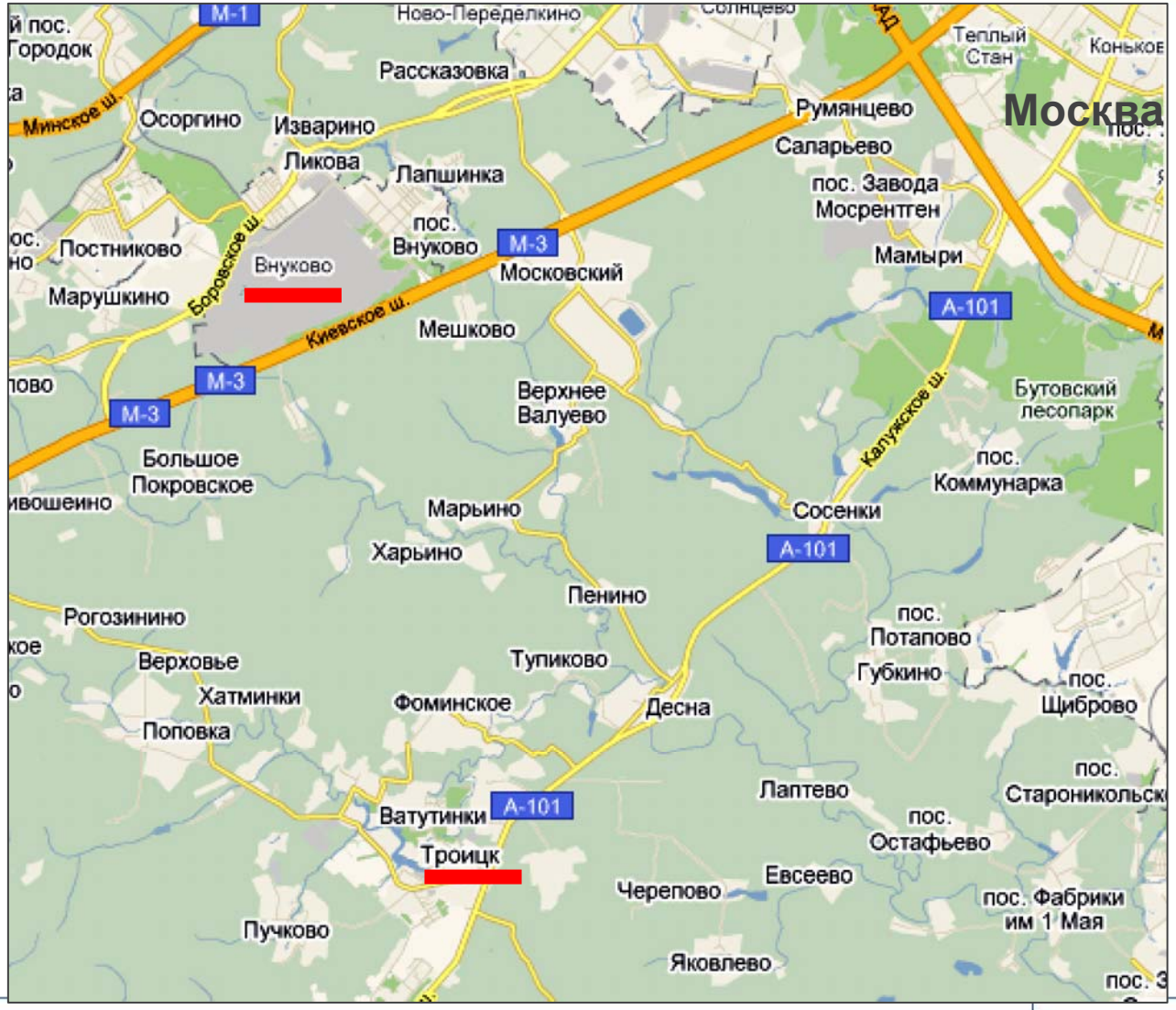
(**ГНЦ РФ ТРИНИТИ, ИЯИ, ФИАН, ИОФАН, ИСАН, ИПЛИТ, ИЗМИРАН, ИФВД, ТИСНУМ** и др)

18 км от МКАД по Калужскому шоссе

Аэропорт «Внуково» - **10 км**

Наукоград с 2007 года

Две реки – **Десна** и **Пахра**



СОВРЕМЕННЫЙ СТАТУС и НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ФГУП «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»

Федеральное государственное унитарное предприятие Госкорпорации по атомной энергии «Росатом».

Государственный научный центр Российской Федерации.

Стратегическое предприятие (перечень Президента).

Предприятие, эксплуатирующее радиационно опасные и ядерно-опасные производства и объекты с санитарно-защитной зоной, ограниченной охраняемым периметром.

Научная и научно-техническая деятельность в области использования атомной энергии.

Фундаментальные и прикладные исследования в области управляемого термоядерного синтеза, преобразования энергии, лазерной техники и технологии.

Расчетно-теоретические и экспериментальные научно-исследовательские работы в обеспечение ядерной и радиационной безопасности атомной энергетики.

Исследования и разработки в области экстремальных энергетических процессов и состояния вещества.

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГНЦ РФ ТРИНИТИ

1220 СОТРУДНИКОВ

2 ЧЛЕНА РАН

20 ПРОФЕССОРОВ

55 ДОКТОРОВ И

150 КАНДИДАТОВ НАУК

79 ЛАУРЕАТОВ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРЕМИЙ СССР и РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АСПИРАНТУРА

5 БАЗОВЫХ КАФЕДР МИФИ и МФТИ

ДОКТОРСКИЙ ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ

(ФИЗИКА ПЛАЗМЫ, ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА)

Уникальные физические установки, стенды и комплексы

Комплексы газоразрядных лазеров большой мощности;

Один из трёх действующих российских токамаков Т-11М;

Электрофизическая установка «Ангара-5» Твт-ной мощности.;

Плазменный ускоритель МК-200;

Энергетический комплекс в составе 4 ударных генераторов по 200Мвт и индуктивного накопителя с энергией 1 ГДж ;

Сверхпроводниковые индуктивные накопители (5МДж)и др.

Развитая инженерно-техническая инфраструктукра ифраструктура

Опытное производство;

Оптический участок;

Вакуумные и газовые системы;

Криогенные службы;

Электроподстанция 80 МВт;

Оптоволоконная сеть и др.

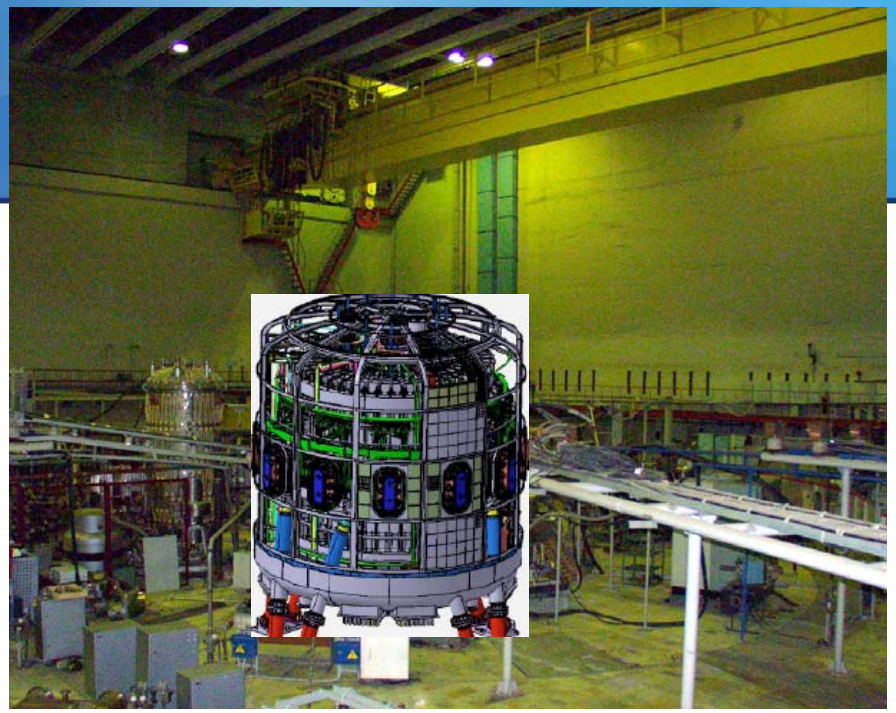
Что уже есть в ГНЦ РФ ТРИНИТИ , чтобы принять «Игнитор»

- По проекту система энергоснабжения позволяет использовать стационарную мощность 330 МВт от сети, мощность 1000 МВт от сети в течении до 100 секунд, кратковременно до 1000 МВт от 4-х ударных турбогенераторов.
- Энергетика ГНЦ РФ ТРИНИТИ – установленная мощность на подстанции Лесная – 80МВт.
- Индуктивный накопитель с энергосодержанием 1 ГДж и мощностью 1000 ГВт.
- 3 ударных генератора ТКД-200 мощностью по 200МВт.
- Импульсная мощность 10ГВт от конденсаторной батареи с энергосодержанием 10МДж.
- Градирня и система охлаждения.
- Тритиевая система мощностью 10г/сутки.
- Экспериментальный зал с биозащитой и мощной системой вентиляции. Основные конструкции зала выполнены из немагнитных сталей.
- Здания 220 (экспериментальный и монтажный залы, лабораторные и вспомогательные помещения), здания 201, 215, 216, 217 для размещения ударных генераторов общей площадью 80 тыс.кв.м.
- Токамак Т-11М.
- Отделение физики токамов-реакторов (140 квалифицированных сотрудников).

Ударный генератор с Е=1ГДж

Энергетический комплекс ударных генераторов и индуктивных накопителей большой мощности и энергосодержания

Индуктивный накопитель с энергией 1ГДж



Здания ударных генераторов.

Экспериментальный зал с токамаком ТСП.

Один из силовых трансформаторов.

Тиристорные преобразователи

Что надо сделать, чтобы принять «Игнитор» в ГНЦ РФ ТРИНИТИ

- Поднять установленную мощность трансформаторной подстанции до необходимого значения.
- Достроить и ввести 4-й ударный генератор в зд.216.
- Провести ревизию трех генераторов, ремонт и включение 3-х существующих генераторов в зданиях 201,215 и 217 .
- Восстановить криогенную систему ТСП.
- Выполнить ревизию и восстановление системы охлаждения комплекса ТСП.
- Решить вопросы, связанные с проведением тритиевых экспериментов московском регионе.
- Модернизировать инфраструктуру для приведения её к современному технологическому уровню.
- Провести подготовительные новые работы (проектные работы, система ввода топлива, технология подготовки токамака к работе, диагностика и система сбора и обработки данных)
- Выполнить согласование и необходимые организационные и строительно-монтажные работы по выделению части территории института для обеспечения доступа в установленном порядке
- Построить жилой комплекс в городе Троицке для решения задач размещения и организации быта значительного числа строителей и монтажников, а в дальнейшем иностранных и российских специалистов и их семей.
- Привлечь новые кадры основного научного и обеспечивающего инженерно-технического персонала для работы на «Игниторе»

Этапы проекта «Игнитор»

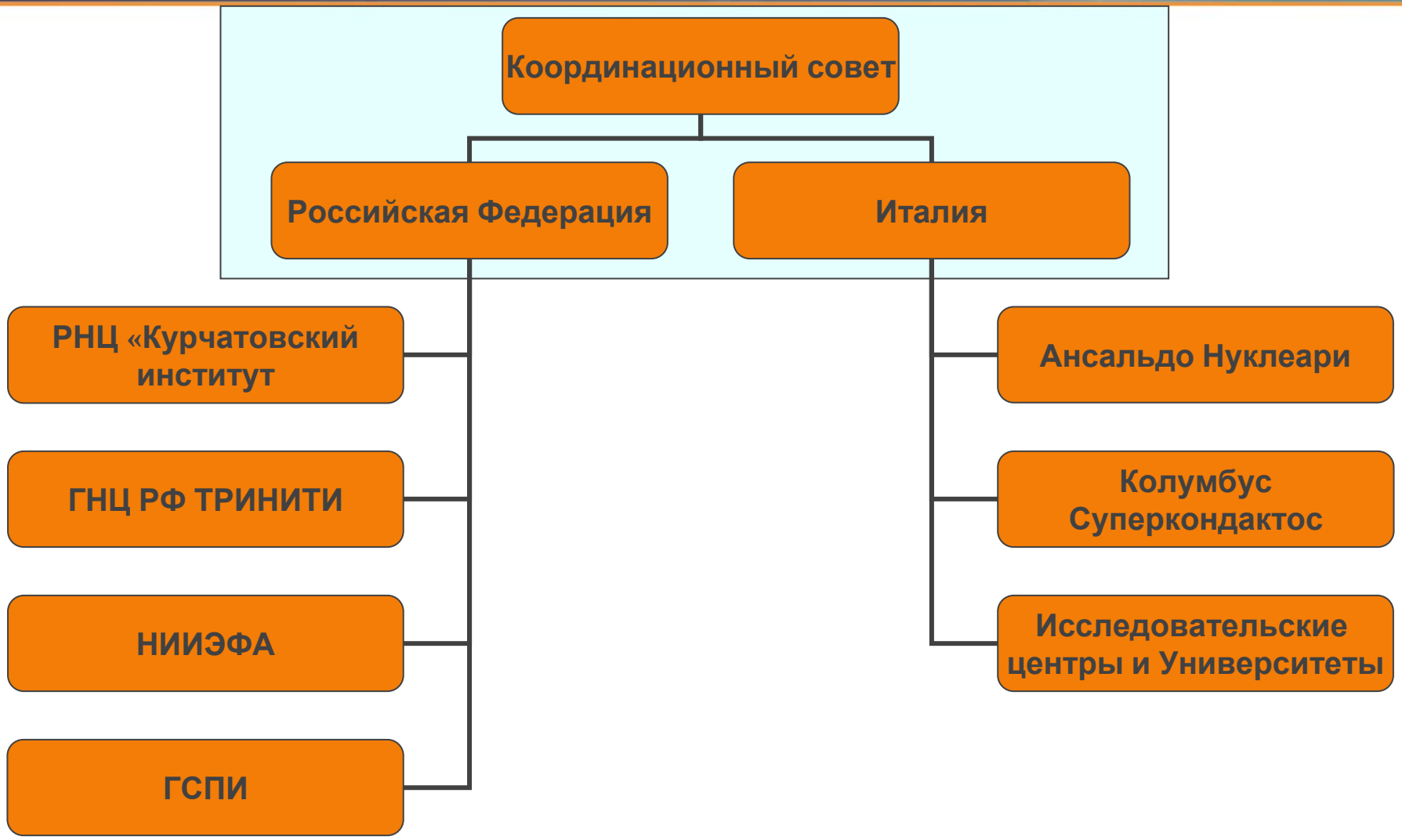
1987	Пуск Токамака с сильным полем (ТСП)Е.П.Велихов,СССР
2004	Предложение о токамаке «Игнитор» Б.Коппи, Италия
10.02. 2010	Рабочая группа «Ядерные технологии», С.В.Кириенко
06.04. 2010	Письмо ГК»Росатом», МОН и РНЦ КИ В.В.Путину
26.04. 2010	Российско-итальянский меморандум
24.05. 2010	Российско-итальянское совещание в РНЦ «Курчатовский институт»,

Координационный совет проекта «ИГНИТОР» (Российско - итальянская встреча в РНЦ «Курчатовский институт» 24-25 мая 2010 года)

Coordination Council Co-Chair E.Velikhov and B. Coppi :

Russia:
E. Velikhov, RRC “Kurchatov Institute” President
M. Kovalchuk, RRC “Kurchatov Institute” Director
E. Azizov, Institute of Tokamak Physics Director
V. Korzhavin, State corporation “ROSATOM” counsellor
V. Cherkovets, State corporation “ROSATOM”, SRC RF TRINITI Director
O. Filatov, State corporation “ROSATOM”, D. Efremov EPARInstitute Director General
Italy:
B. Coppi
V.Valentini, Advisor of Italian Prime-Minister for Foreign Affairs and
G.Possa, President of the Italian Senate Commission for Research and University.
A.Bianchi, Ansaldo Company
G.Grasso, Industry Representative
P.Fre’, Scientific Attachee at Italian Embassy in Russia,
and Full Professor in the Italian University System
P.Benvenuti, Scientific Director ASI,
assisted by M.C.Falvella and R.Costa at the Ministry for Research and University.

КООПЕРАЦИЯ ПРОЕКТА «ИГНИТОР»



Ближайшие планы по проекту «Игнитор»
(в русле решений российско- итальянской встречи в РНЦ «Курчатовский институт» 24-25 мая 2010 года)

- Итальянская сторона передает Российской стороне полный пакет проектной документации по токамаку «Игнитор»
- Российская сторона адаптирует документацию и разрабатывает технический проект с учетом российских требований по строительству, монтажу, техники безопасности, природоохранных, экологических и др.
- Итальянская сторона выражает полную готовность и желание к скорейшему началу производства оборудования и материалов для токамака «Игнитор» в Италии.
- Запланировано проведение следующего заседания Координационного комитета в июле 2010 года в ГНЦ РФ ТРИНИТИ.
- Необходимо межправительственное соглашение о создании токамака «Игнитор».

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СЛУЧАЕ УСПЕШНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Успех экспериментов по зажиганию термоядерных реакций в основном за счет омического нагрева плотной плазмы даже при необходимости создания энергонапряженных токамаков с сильным магнитным полем позволит существенно упростить технологию и снизить стоимость энергетического термоядерного реактора.

Реакторы такого типа будут:

- **более компактными, т.к. будут работать с плазмой на порядок более высокой плотности;**
- **без сложных и дорогостоящих систем дополнительного нагрева, таких как инжекторы нейтралов, гиротроны, ВЧ-системы большой мощности;**
- **с более простым технологическим обеспечением управления процессами в токамаке;**
- **более надежными и работоспособными за счет сокращения сложных систем в реакторе;**
- **более низкой капитальной стоимости.**

Что можно ожидать от размещения токамака «Игнитор» в России

- Расширение международного научно-технического сотрудничества, повышение роли и вклада российской и итальянской сторон в области термоядерных исследований.
- Создание в России на основе модернизации уникального российского энергетического комплекса и разработки итальянского токамака при существенной экономии средств крупного международного термоядерного научно-исследовательского центра с большими возможностями для решения широкого спектра научных программ .
- Консолидация на новой экспериментально-стендовой платформе большого числа научных организаций ГК «Росатом», РНЦ «Курчатовский институт», других учреждений Минобрнауки и РАН , получение принципиально важных научных, технологических результатов в интересах термоядерной и атомной энергетики, в том числе по ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения».
- Реализация проекта позволит осуществить демонстрационное зажигание термоядерной реакции в установке с сильным продольным магнитным полем и в будущем существенно упростить термоядерный реактор за счет исключения сложных дорогостоящих и громоздких систем дополнительного нагрева.
- Создание испытательной базы энергетического и электротехнического промышленного оборудования большой мощности и энергосодержания.
- В результате выполнения проекта будут разработаны ряд новых технологий и материалов, которые могут быть использованы при создании демонстрационного источника термоядерных нейтронов.
- Существенный импульс привлечения специалистов и молодых ученых в атомную отрасль.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ,
ПРИЕЗЖАЙТЕ
В ТРОИЦК!