



ПРОЕКТНЫЙ  
ЦЕНТР ИТЭР  
РОСАТОМ

**Разработка и создание  
аппаратно-инфраструктурной  
платформы информационно-  
коммуникационного  
пространства  
(АИП ИКП)  
в области термоядерных исследований  
в Российской Федерации**

**Портоне Сергей Сергеевич**  
Начальник Сектора АСУ ИТЭР  
Частного учреждения «ИТЭР-Центр»

26 сентября 2022



## Разработка и создание АИП ИКП (Fusionspace.ru)

1. Существующие средства удаленной работы на установках УТС
2. 2021 год
  - Создание тестовой площадки
  - Разработка Технического Проекта
3. 2022 год
  - Создание опытного образца ЦУ АИП ИКП
  - Разработка портала информационного обмена
4. 2023-2024 года
  - Разработка ПО для получения, передачи, хранения, анализа и отображения различных типов и объемов данных;
  - Разработка полномасштабного опытного образца АИП ИКП
5. Перспективы развития на 2025-2030 года

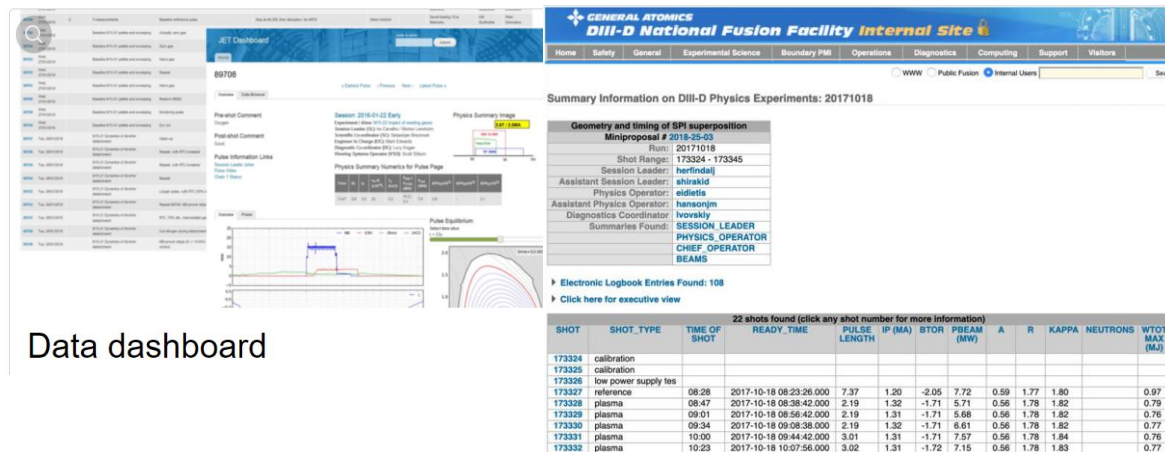


# Существующие средства удаленной работы (от крупных международных проектов и ИТЭР к российским совместным УТС исследованиям)



# Существующие средства удаленной работы

1. JET - доступ к данным на установке и за её пределами;
  - прикладное ПО для работы с данными и их визуализации;
1. DIII-D – дистанционный доступ до IT сервисов работы с данными;
2. EAST – дистанционная работа через удаленные пультовые;
3. WEST – портал для организации проведения экспериментов и реализация принципа дистанционной работы с данными; проведение распределённого эксперимента с REC (Japan);

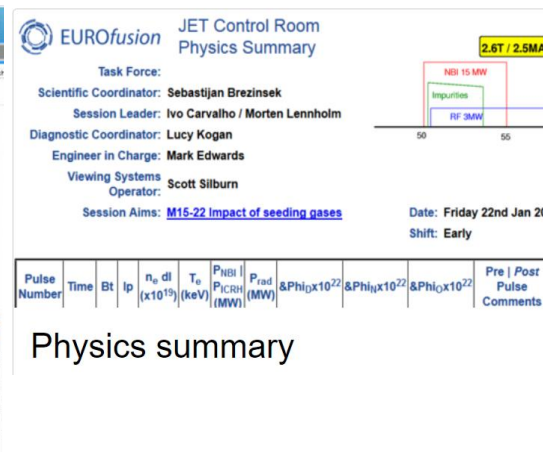


**Summary Information on DIII-D Physics Experiments: 20171018**

**Geometry and timing of SPI superposition**  
 Miniproposal # 2018-25-03  
 Run: 20171018  
 Shot Range: 173324 - 173345  
 Session Leader: herford  
 Assistant Session Leader: shirakid  
 Physics Operator: andrea  
 Assistant Physics Operator: hansonjm  
 Diagnostics Coordinator: Ivovalky  
 Summaries Found: 1  
 SESSION LEADER  
 PHYSICS OPERATOR  
 CHIEF OPERATOR  
 BEAMS

SHOT	SHOT_TYPE	TIME OF SHOT	READY_TIME	PULSE_LENGTH	IP (MA)	BTOR	PBEAM (MW)	A	R	KAPPA	NEUTRONS	WTOT MAX (MJ)
173324	calibration											
173325	calibration											
173326	low power supply tes	08:28	2017-10-18 08:23:26.000	7.37	1.20	-2.05	7.72	0.59	1.77	1.80		0.97
173328	plasma	08:47	2017-10-18 08:38:42.000	2.19	1.32	-1.71	5.71	0.56	1.78	1.82		0.79
173329	plasma	09:01	2017-10-18 08:56:42.000	2.19	1.31	-1.71	5.68	0.56	1.78	1.82		0.76
173330	plasma	09:34	2017-10-18 09:08:38.000	2.19	1.32	-1.71	6.61	0.56	1.78	1.82		0.77
173331	plasma	10:00	2017-10-18 09:44:42.000	3.01	1.31	-1.71	7.57	0.56	1.78	1.84		0.76
173332	plasma	10:23	2017-10-18 10:07:56.000	3.02	1.31	-1.72	7.15	0.56	1.78	1.83		0.77

Data dashboard



**JET Control Room Physics Summary**

Task Force:  
 Scientific Coordinator: Sebastijan Brezinsek  
 Session Leader: Ivo Carvalho / Morten Lennholm  
 Diagnostic Coordinator: Lucy Kogan  
 Engineer in Charge: Mark Edwards  
 Viewing Systems: Scott Silburn  
 Operator: Scott Silburn

Session Aims: [M15-22 Impact of seeding gases](#)

Date: Friday 22nd Jan 2016  
 Shift: Early

Pulse Number | Time | Bt | Ip |  $n_e$  dl ( $\times 10^{19}$ ) |  $T_e$  |  $P_{ICRH}$  |  $P_{rad}$  |  $\Phi_{HI} \times 10^{22}$  |  $\Phi_{HI} \times 10^{22}$  |  $\Phi_{HI} \times 10^{22}$  | Pre | Post | Pulse | Comments

Physics summary



**WEST OPERATION MANAGEMENT SOFTWARE SUITE**

Timeline | Roster | Logbook | Physics Summary | System Status | Control Room | Links

November 2018

MON 26/11	TUE 27/11	WED 28/11	THU 29/11	FRI 30/11
Normal	Early shift C1-C4-W2-9	Late shift C1-C4-C-4	Early shift C1-C4-W1-2	Late shift C1-C4-W1-2
Maintenance day	ICRH coupling studies in Land 11 mode	Reference equilibria	High power test of ITER plasma-facing components and their shrouds, EU...	High power test of ITER plasma-facing components and their shrouds, EU...
Laurent COLAS	Renaud DEJARNAC	Jamie GUNN	Renaud DEJARNAC	Jamie GUNN
Yann CORRE				

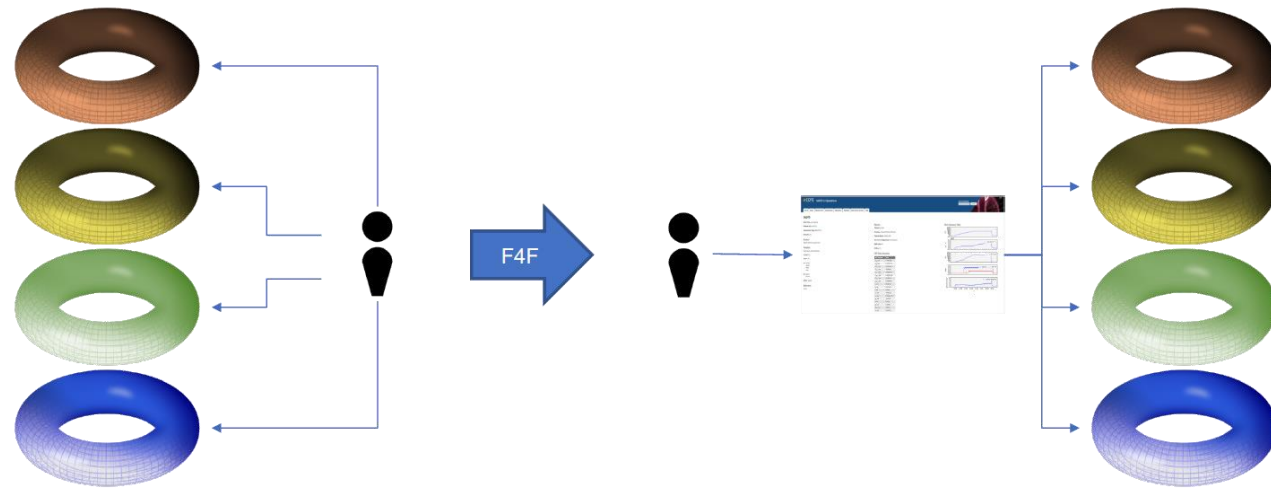
TEAMS

MON 26/11	TUE 27/11	WED 28/11	THU 29/11	FRI 30/11
NARON Eric	NOUAILLETAS Perry	LOARER Thierry	BUGALOSSO Jerome	REUX Cedric
TAMAIN Patrick	DOUAI David			
SPUG Pascal	ALLEGRETTI Ludovic	HILLARET Julien	ALARCON Thierry	SPUG Pascal
HATCHEPRESSAN ANTHONY	MARECHAL Jean-Louis	MARTINO Patrick	SANTAGUSTINA Andre	CORBEL Etienne
MARTINEZ Andre				
COUNEL Julien	PADIST Helene	MAIN Patrick	HUTTER Thierry	BOUVE Herve
SANTRAINE				
ANCHER Hervé				

**Цель: централизация знаний и обеспечение доступности данных УТС исследований в Европе**

**Основные принципы:**

- Создание платформы и программных средств для открытого обмена УТС данными;
- Для планирования будущей работы на установке ITER разрабатывается политика «открытого доступа к данным» для выполнения текущей программы УТС исследований;



CHALMERS  
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Max-Planck-Institut  
für Plasmaphysik



CCFE  
CULHAM CENTRE FOR  
FUSION ENERGY



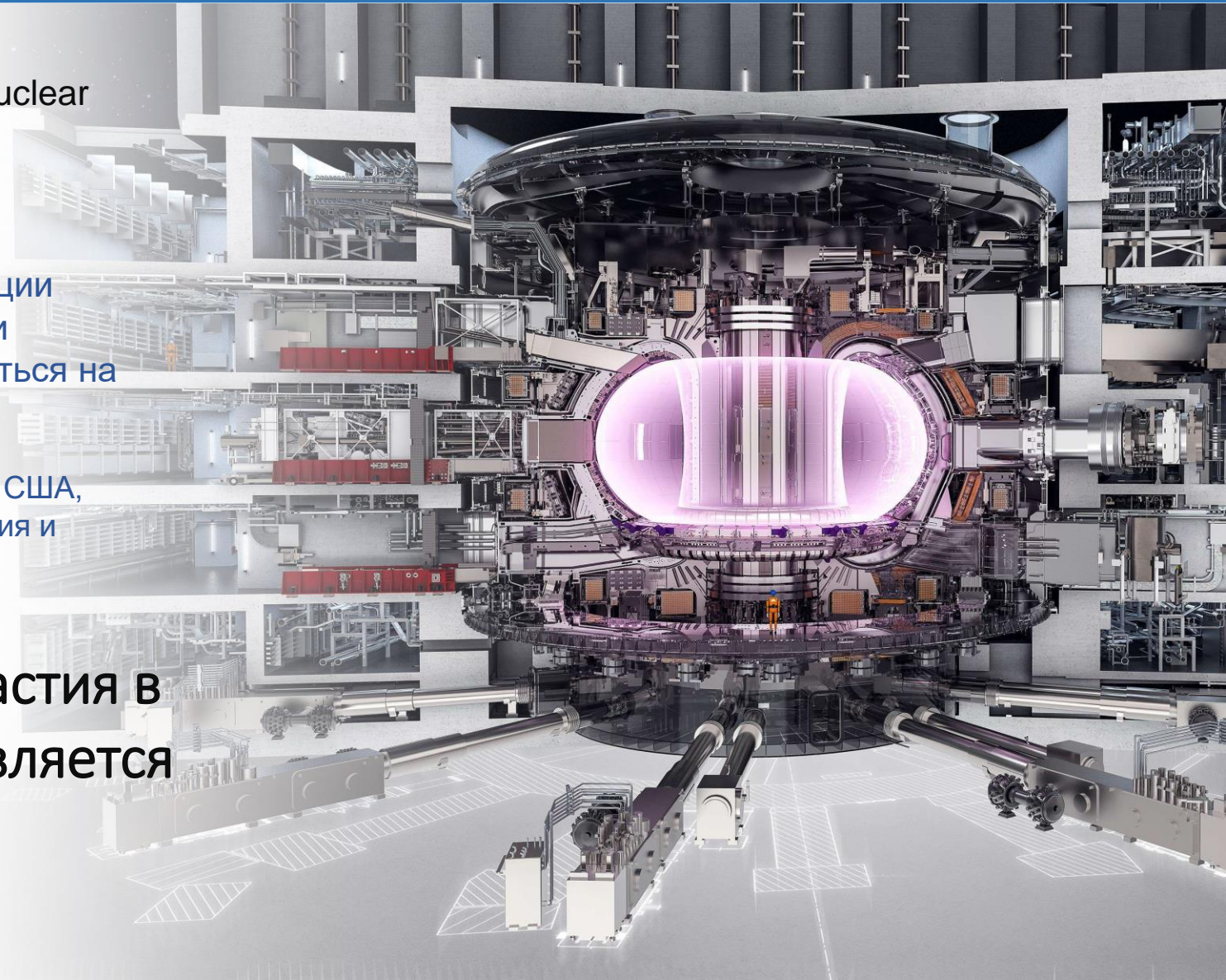


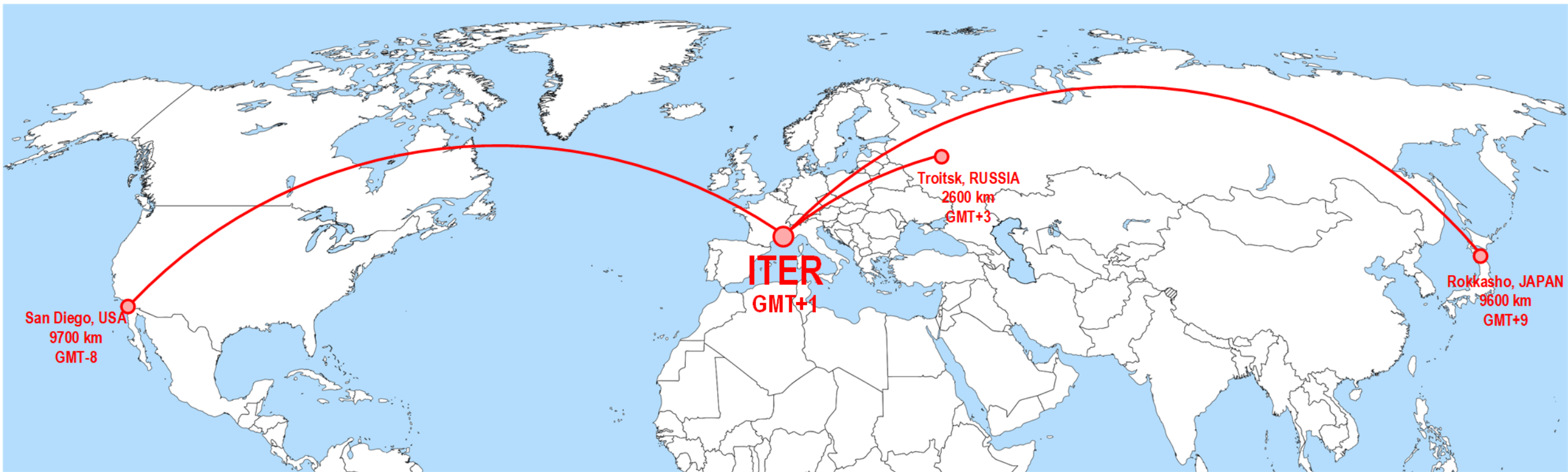
ИТЭР - (ITER - International Experimental Thermonuclear Reactor) - международный проект по созданию экспериментального термоядерного реактора.

Задача ИТЭР - демонстрация возможности коммерческого использования управляемой реакции термоядерного реактора и решение физических и технологических проблем, которые могут встретиться на этом пути.

35 стран участников проекта: Россия, Индия, Китай, США, Южная Корея, Япония и страны ЕС (плюс Великобритания и Швейцария).

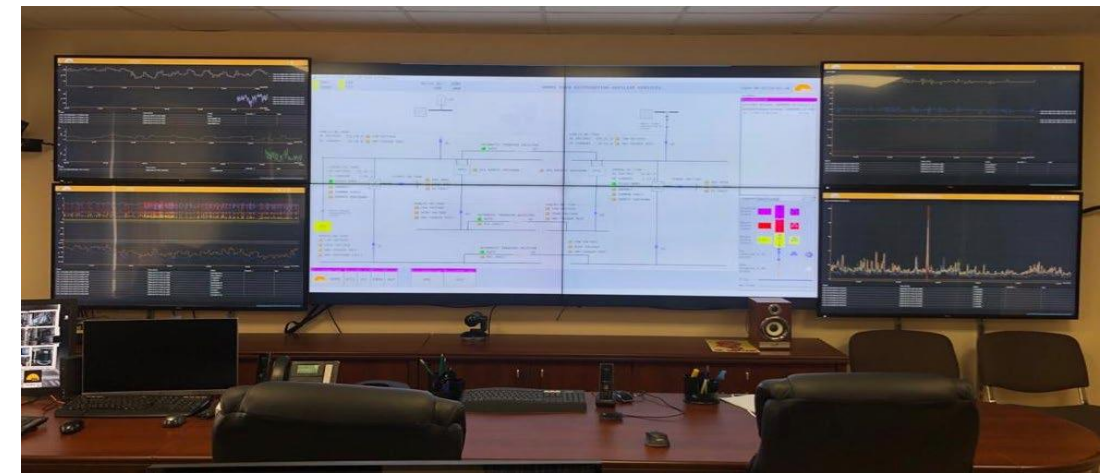
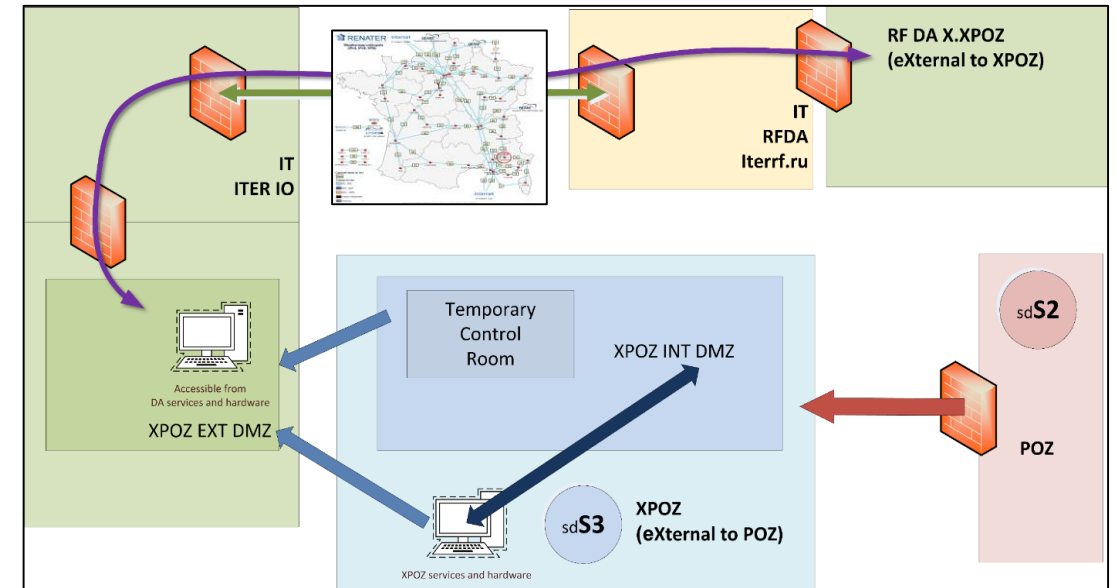
**Вопрос дистанционного участия в научной программе ИТЭР является основополагающим.**



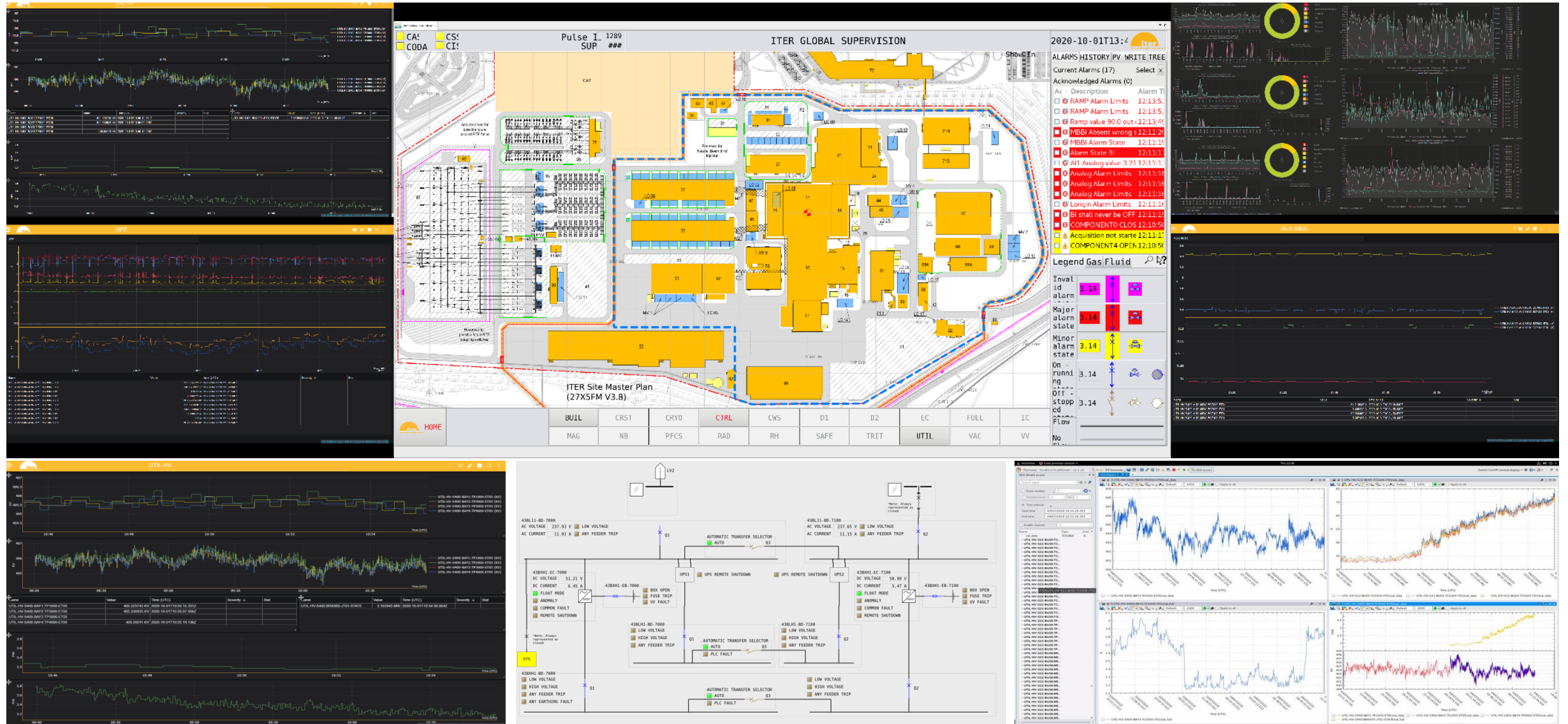




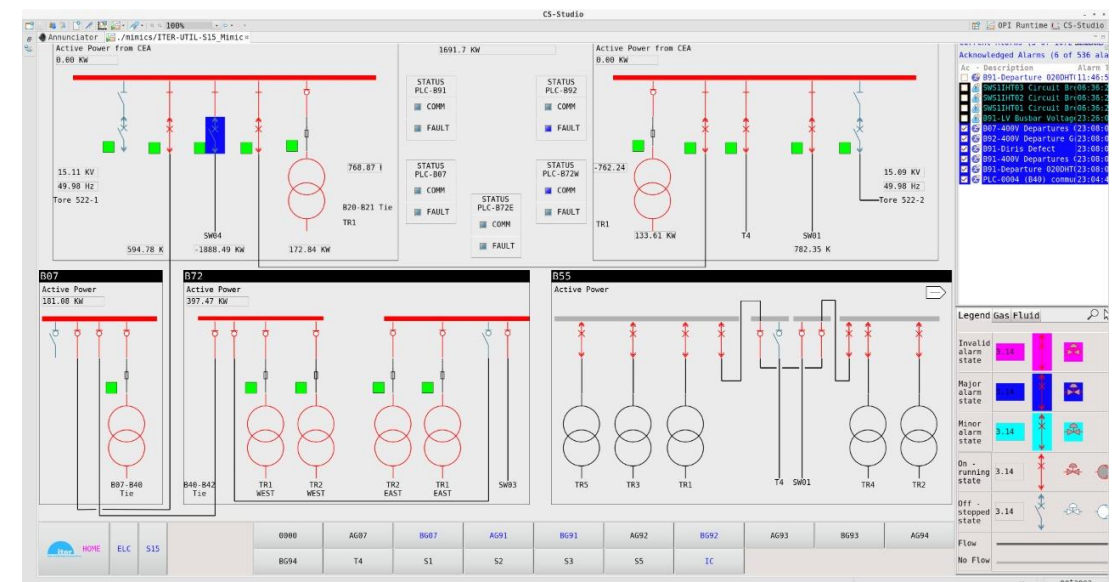
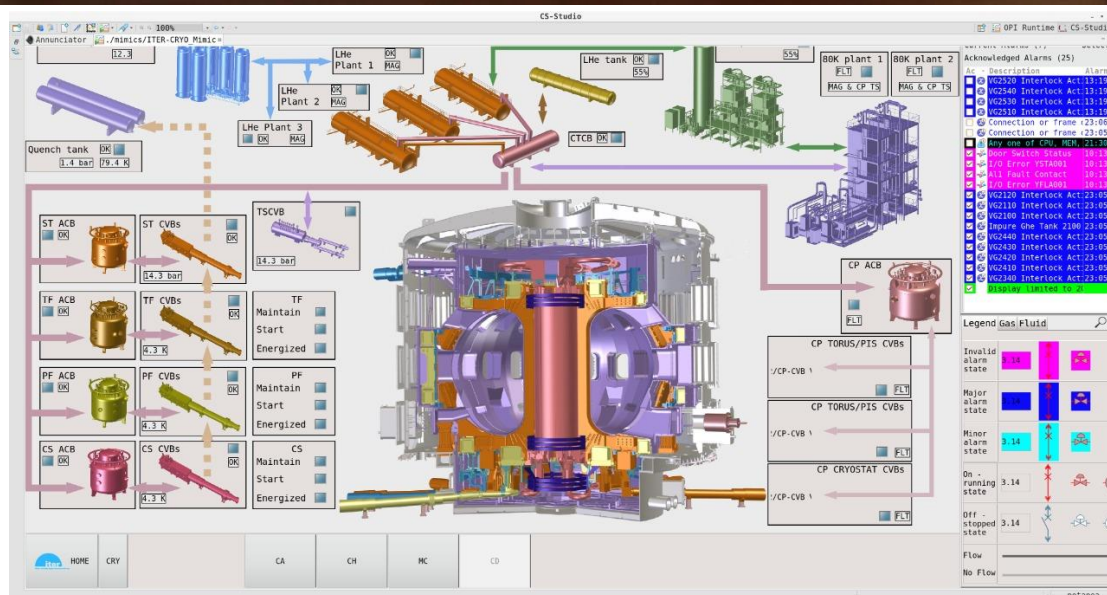
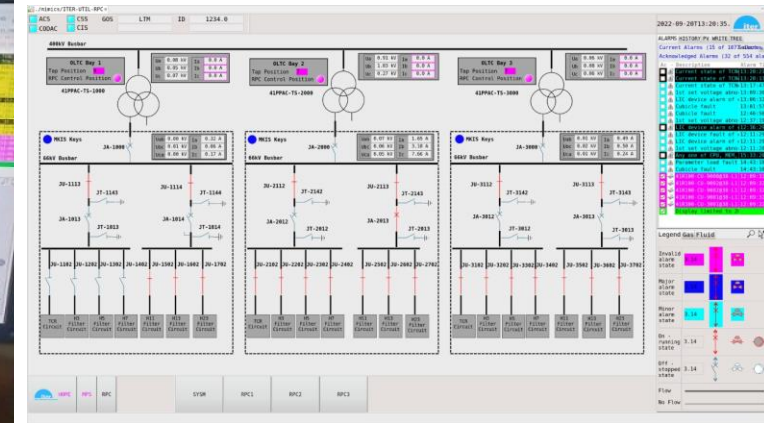
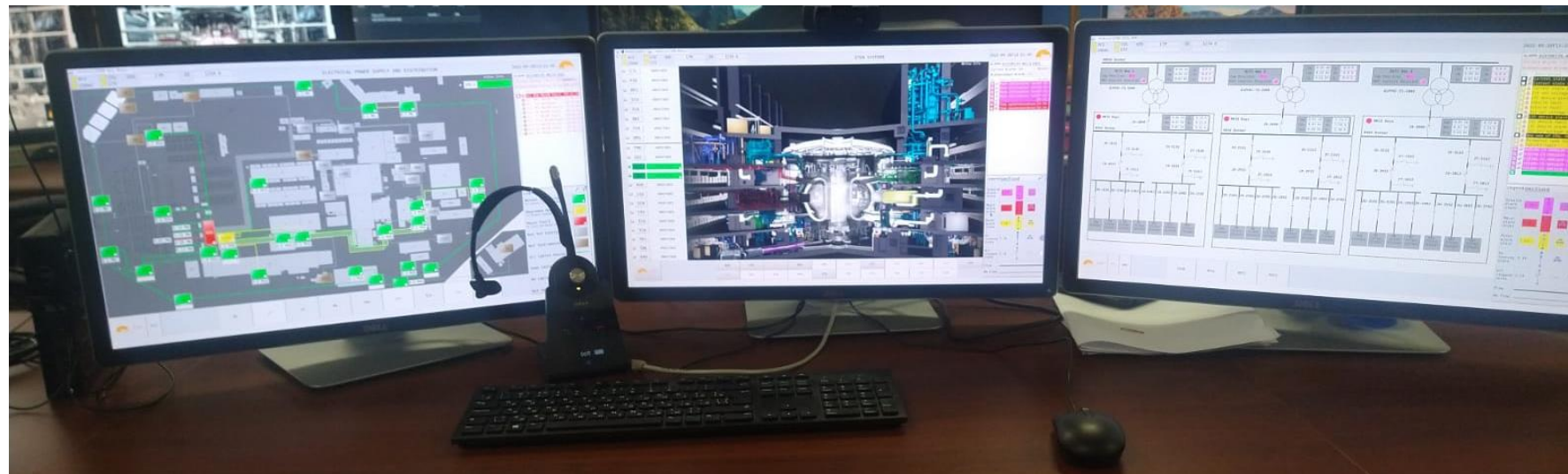
1. **Создание модели центра дистанционного участия** для апробации технологий и проработки стандартов подобных центров для всех стран участников.
2. **Связь с сетями ИТЭР.** Решение вопросов безопасности доступа к данным согласно стандартам кибербезопасности. Подбор средств и инструментов (VPN, firewall, маршрутизация и пр).
3. **Исследование и апробирование передачи данных по существующим публичным сетям** (reliability, speed accuracy, latency, volume dependence, public networks interconnections problems and etc.)
4. **Тестирование специализированных средств удаленного участия в ИТЭР** (Unified Data Access servers, Data Visualization and Analysis tools, etc.).
5. **Доступ к экспериментальным и технологическим данным** по мере ввода систем ИТЭР в эксплуатацию
6. **Технологии удалённого доступа** к системе сбора данных установки в реальном времени, включая доступ к SCADA-системе ИТЭР.







# Дистанционное участие в экспериментах



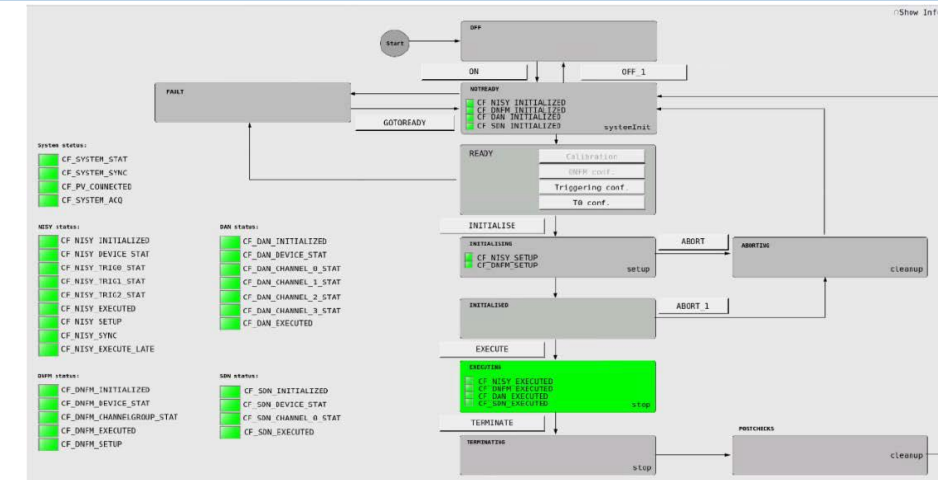


# Пример дистанционного подключения к диагностике ИТЭР

Апробировано удаленное подключение к модельной диагностике – DNFM:

- Visualization of operator interface, including alarms;
- Full chain data acquisition tests, including storing and visualizing data in long term archive;
- Operation sequences verification (start, stop, triggering, configuration, calibration, ...);
- Electronic submission of parameters from remote expert;
- Two-way communication between local operator and remote expert.

Operation loop demonstrated for XPOZ model diagnostic system; for POZ systems the elements have been tested, but the full loop is yet to be demonstrated.







# Аппаратно-инфраструктурная платформа информационно-коммуникационного пространства (АИП ИКП - Fusionspace.ru)

Указ № 270 Президента Российской Федерации В.В. Путина «О развитии техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации» (КП РТТН).

**Государственным заказчиком-координатором программы определена Госкорпорация «Росатом».**

## Направления комплексной программы:



Разработка технологий двухкомпонентной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом



Развитие экспериментально-стендовой базы двухкомпонентной атомной энергетики



Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий

*Руководитель: Оленин Ю.А.*

*Научный руководитель: Ильгисонис В.И.*



Проектирование и строительство референтных энергоблоков атомных электростанций, в том числе атомных станций малой мощности

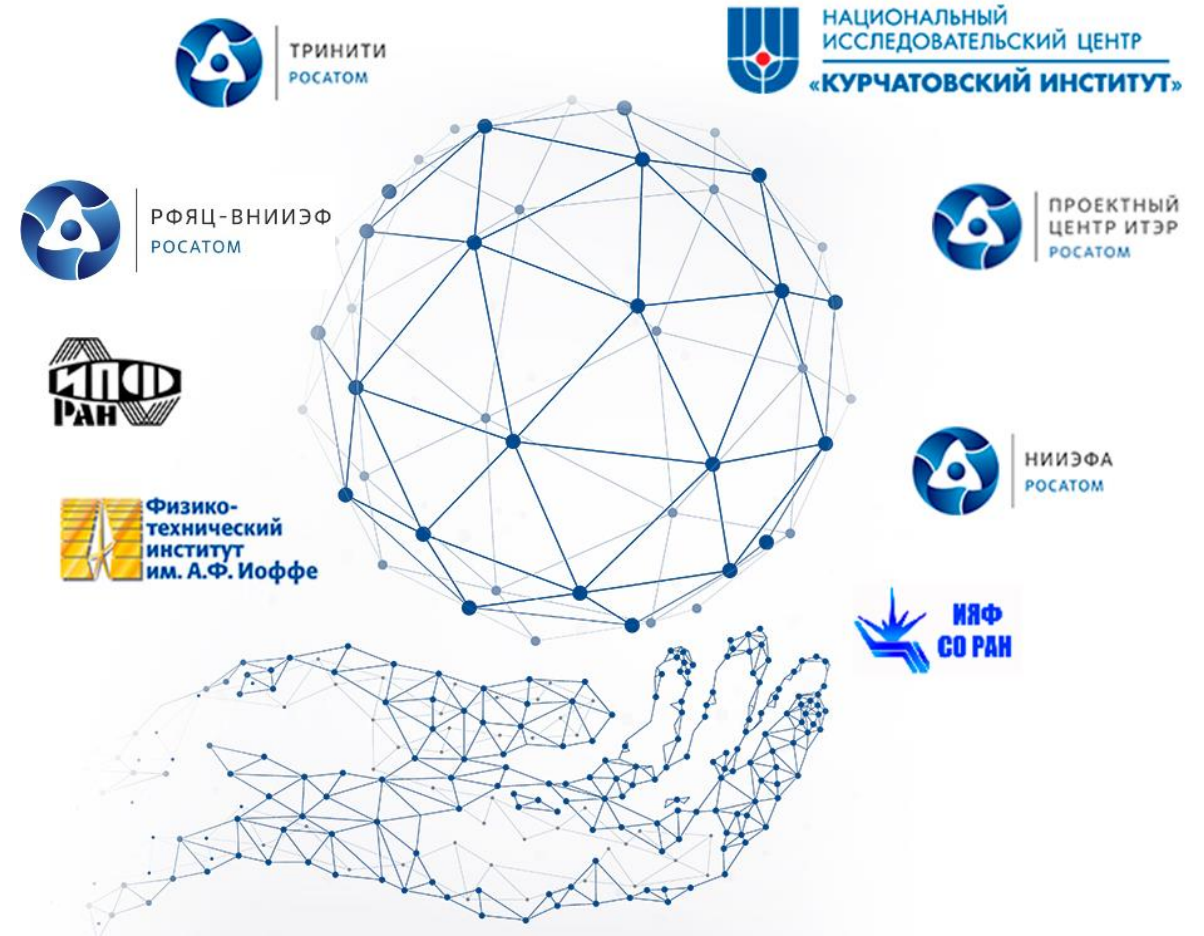


Разработка новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем

**Цель:** создание единого информационного пространства для участников УТС исследований в РФ

## **Задачи:**

- Объединение в одно пространство большого числа участников термоядерных исследований, научных установок и лабораторных стендов;
- Создание портала информационного обмена (экспериментальные данные, электронные справочники, репозитории программных продуктов и расчетных кодов и т.д.);
- Совместное планирование и проведение территориально-распределенных научных экспериментов.



## **Ориентиры**



EUROfusion



ITER

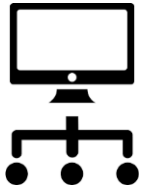


Fair4Fusion

T-10  
Глобус  
Туман  
T-11  
ГДЛ и др.

**Планируется увеличение числа участников ИКП и дополнительное подключение ряда научных и образовательных организаций.**

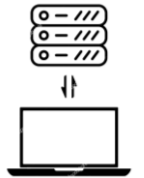




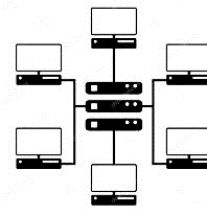
Проведение распределенных научных исследований



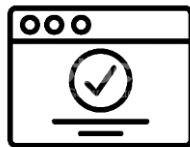
Совместное участие в научных экспериментах с эффектом присутствия на установке



Предоставление пользователям доступа к вычислительным ресурсам и специализированному ПО



Передовые подходы к хранению и обработке данных



Единая система обмена информацией, сеть деловых контактов и другие телекоммуникационные сервисы



Сохранение компетенций и знаний участников УТС исследований, подготовка кадров



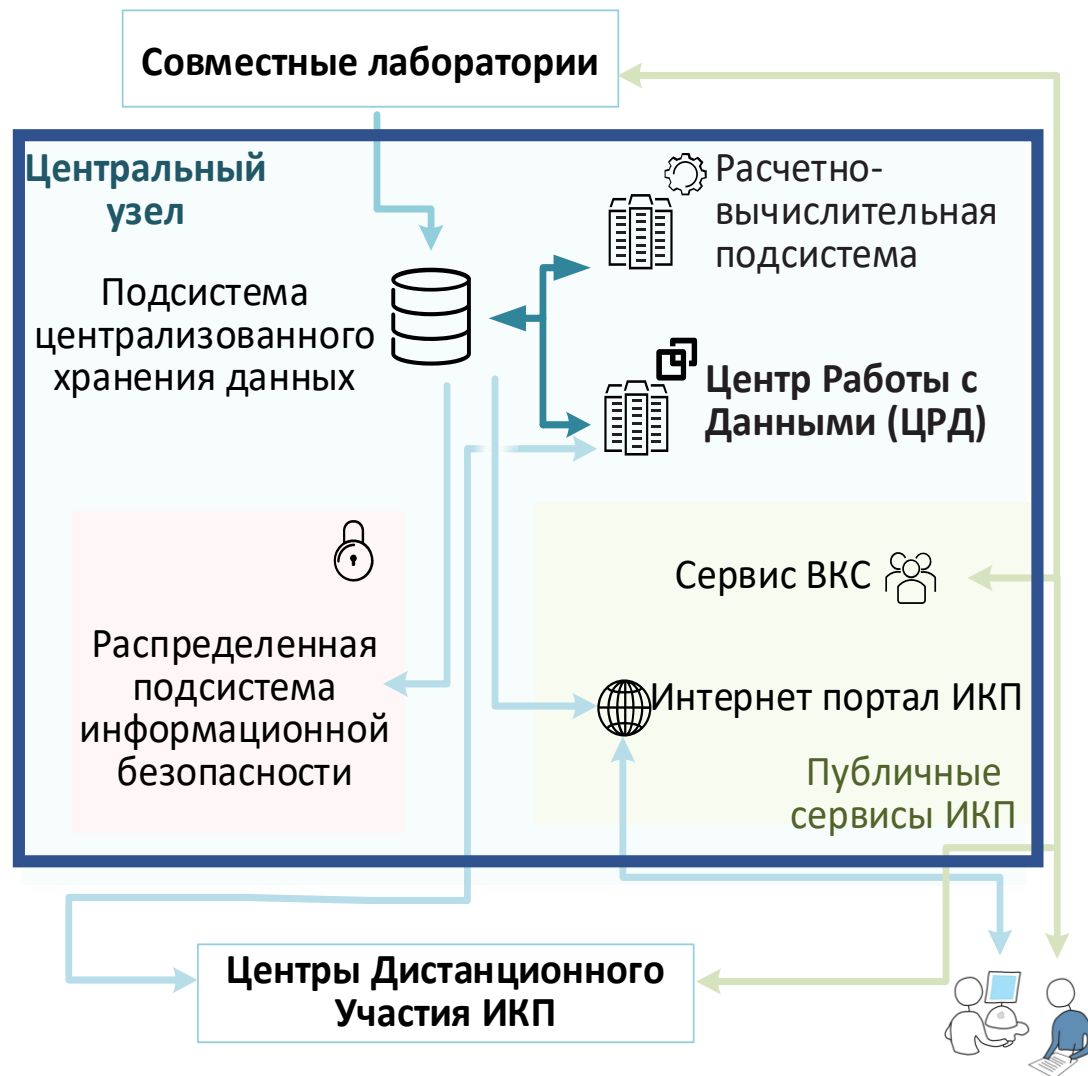
# Разработка и создание АИП ИКП Результаты 2021 года

В 2021 году на базе предприятий Росатома (ТРИНИТИ, НИИЭФА, Проектный Центр ИТЭР, ИЛФИ РФЯЦ-ВНИИЭФ) и институтов Российской Академии Наук (ФТИ РАН, ИПФ РАН, ИЯФ СО РАН) было сформировано единое информационное пространство для проведения исследований в области УТС.

## ИТОГО:

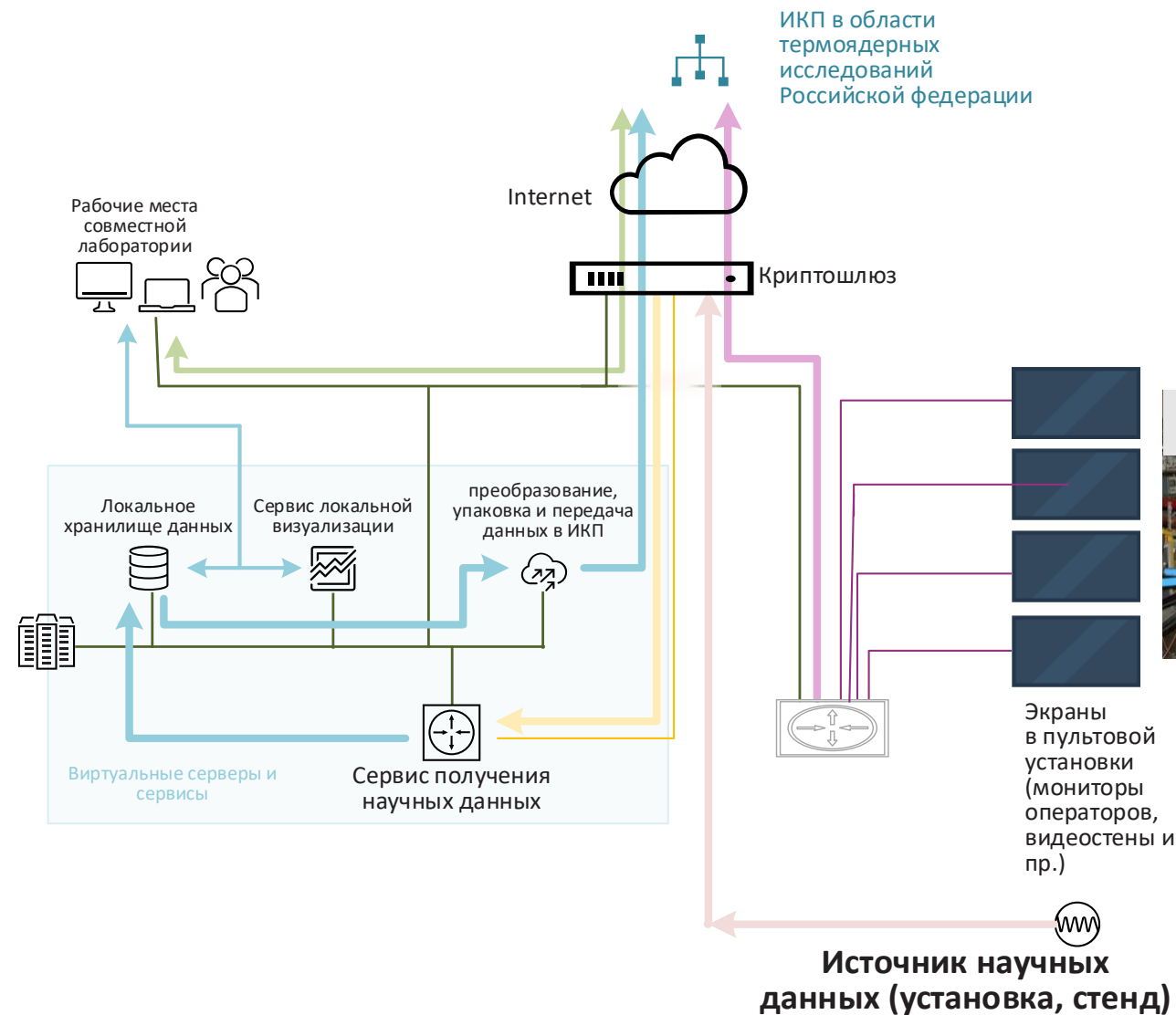
1. Создана тестовая площадка платформы ИКП, в том числе оснащены:
  - 8 Центров дистанционного участия;
  - 6 Совместных лабораторий;
  - Центральный узел АИП ИКП.
2. Апробированы программные и аппаратно-технические решения;
3. Разработан технический проект на АИП ИКП;
4. Разработан проект подсистемы информационной безопасности АИП ИКП.



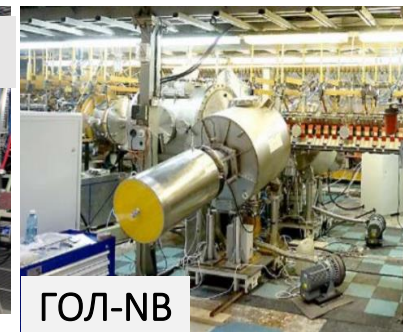
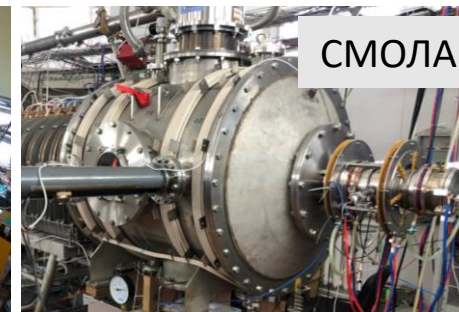
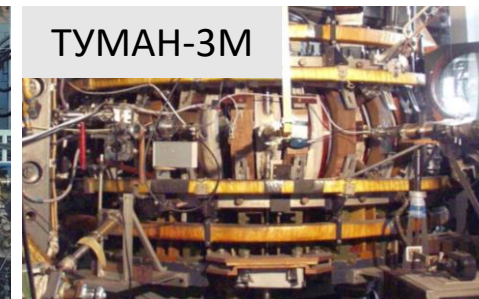
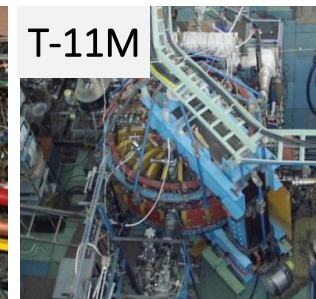
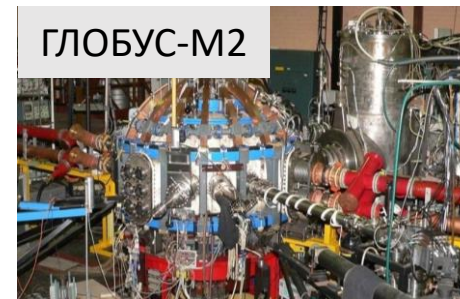


Центральный узел (ЦУ) – программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий функционирование аппаратно-инфраструктурной платформы ИКП, её инструментария и сервисов, в соответствии со стандартами информационной безопасности.

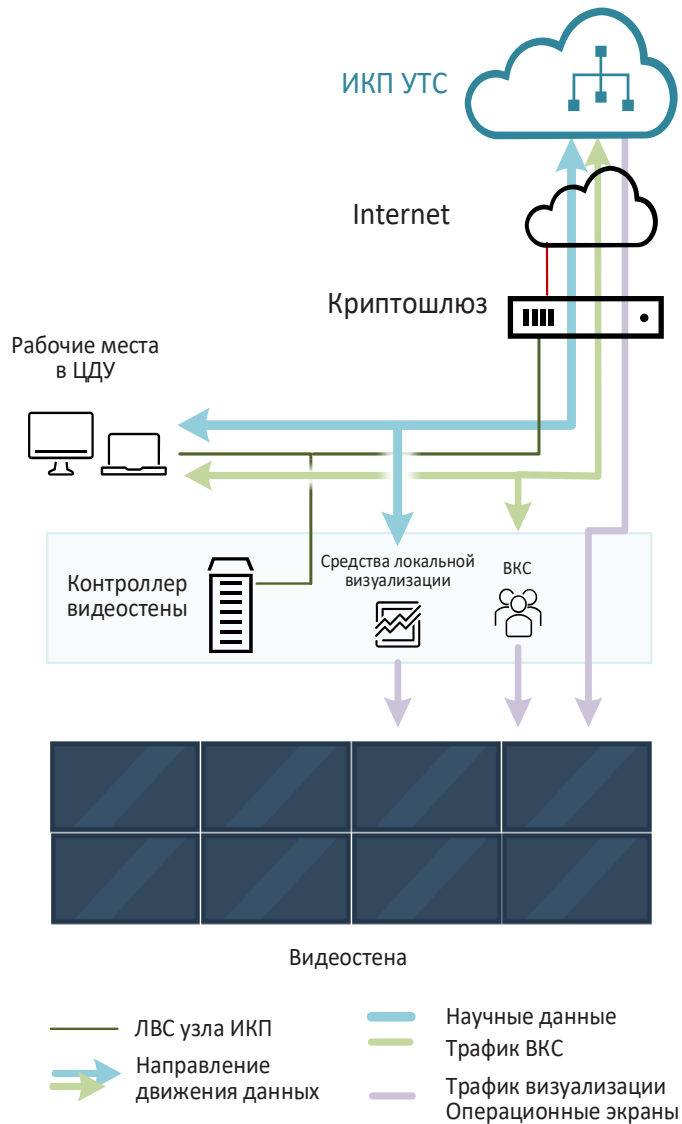




**Совместная лаборатория (СЛ)** – совокупность программно-аппаратных ресурсов, необходимых для обмена научными данными с информационными системами установки/стенда УТС исследований, а также необходимые для обеспечения этого технические решения.



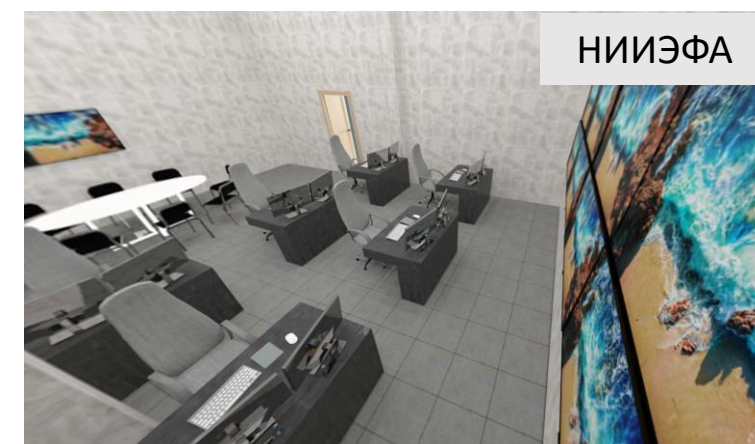
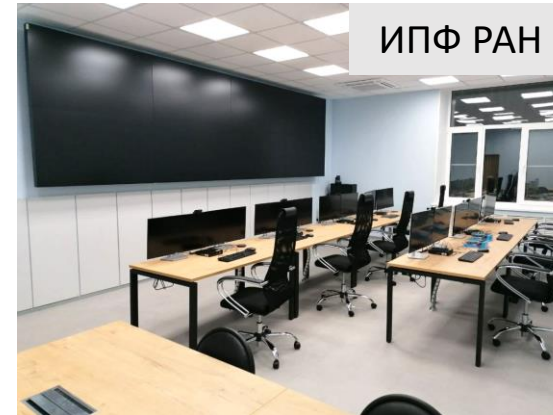




**Центр дистанционного участия (ЦДУ)** – помещение коллективного и индивидуального участия в совместных экспериментах, оборудованное ВКС, средствами представления и доступа к информации, включая к совместные лаборатории, инструментарий и сервисы аппаратно-инфраструктурной платформы ИКП

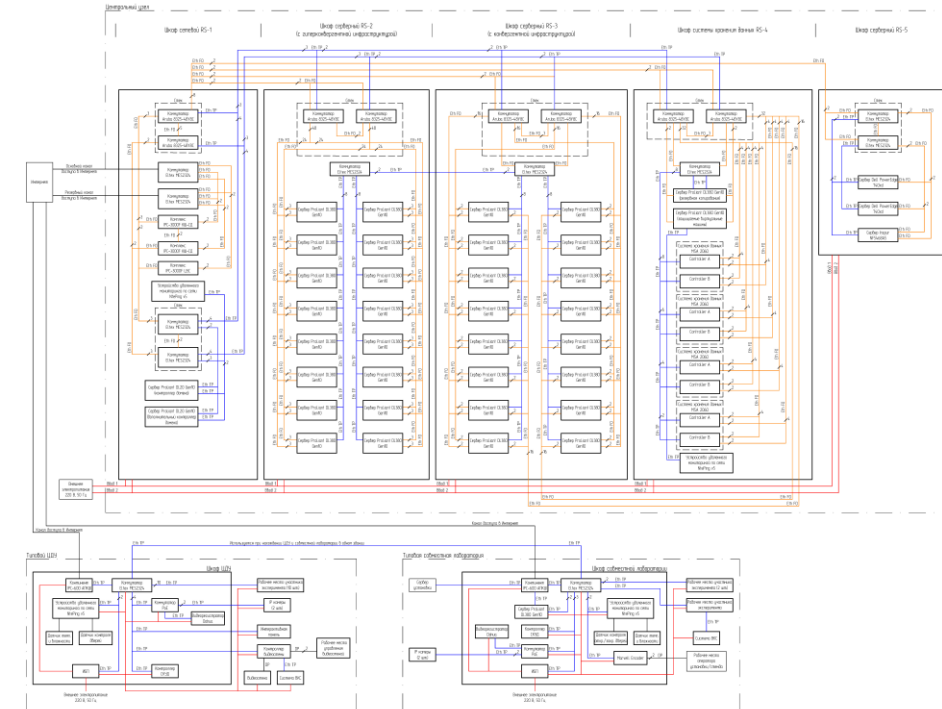
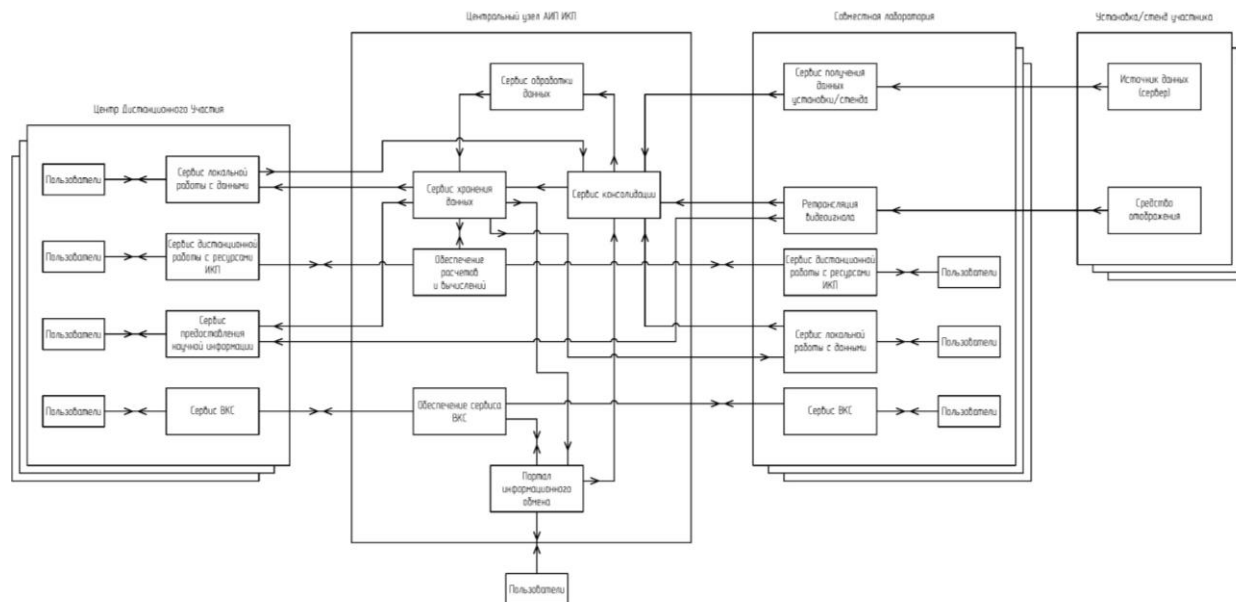
ЦДУ:

1. ТРИНИТИ
  2. ФТИ РАН
  3. ИПФ РАН
  4. ИЯФ СО РАН
  5. ИТЭР-Центр
  6. НИИЭФА
  7. ИЛФИ
- РФЯЦ-ВНИИЭФ

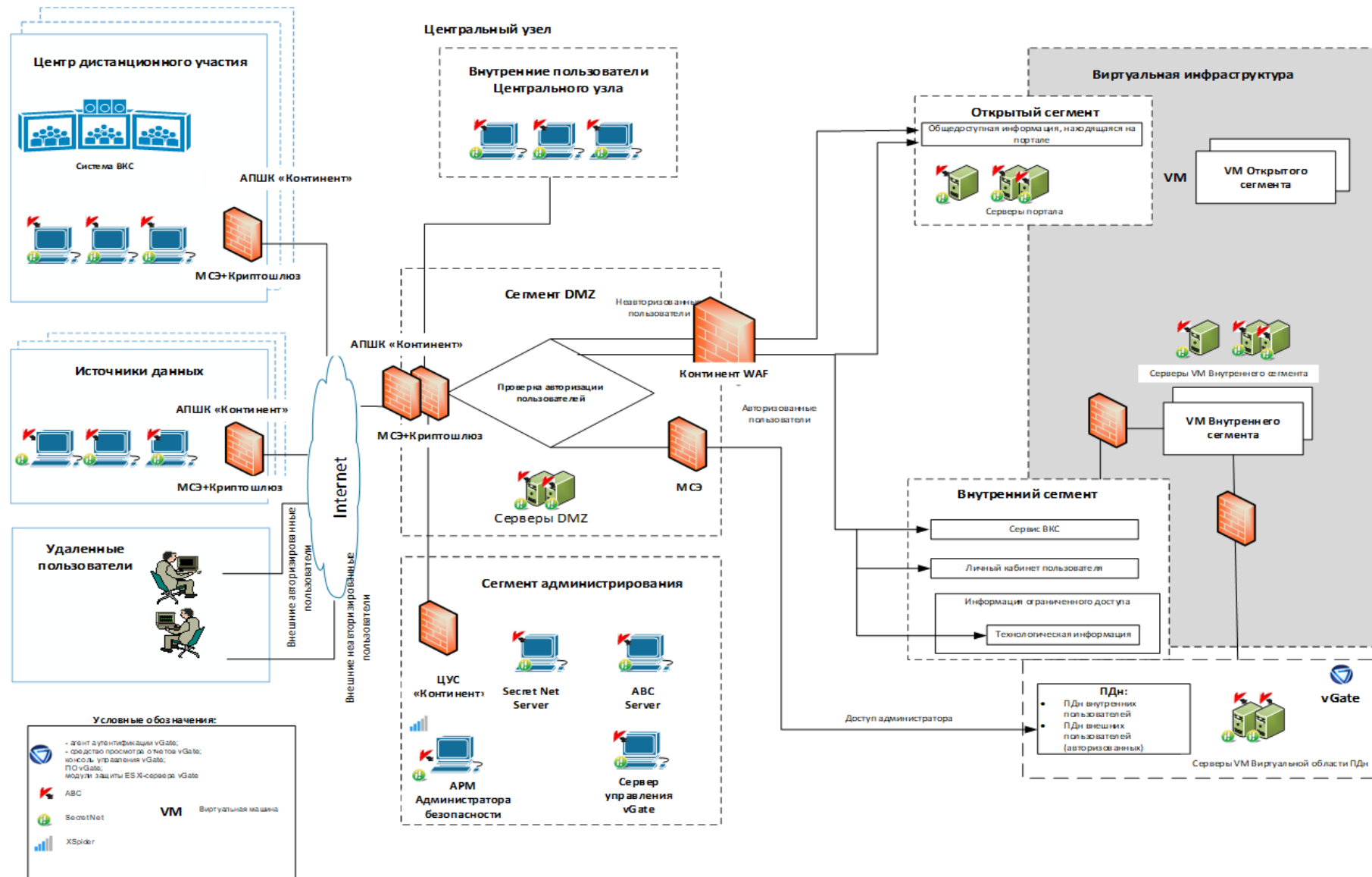


1. Схема структурная комплекса технических средств
2. Схема функциональной структуры
3. Схема автоматизации
4. Ведомость покупных изделий
5. Пояснительная записка к техническому проекту
6. Описание автоматизируемых функций
7. Описание информационного обеспечения системы
8. Описание комплекса технических средств

9. Описание программного обеспечения
10. Описание организационной структуры
11. План расположения
12. Ведомость оборудования и материалов
13. Проектная оценка надежности системы
14. Пояснительная записка к техническому проекту подсистемы информационной безопасности

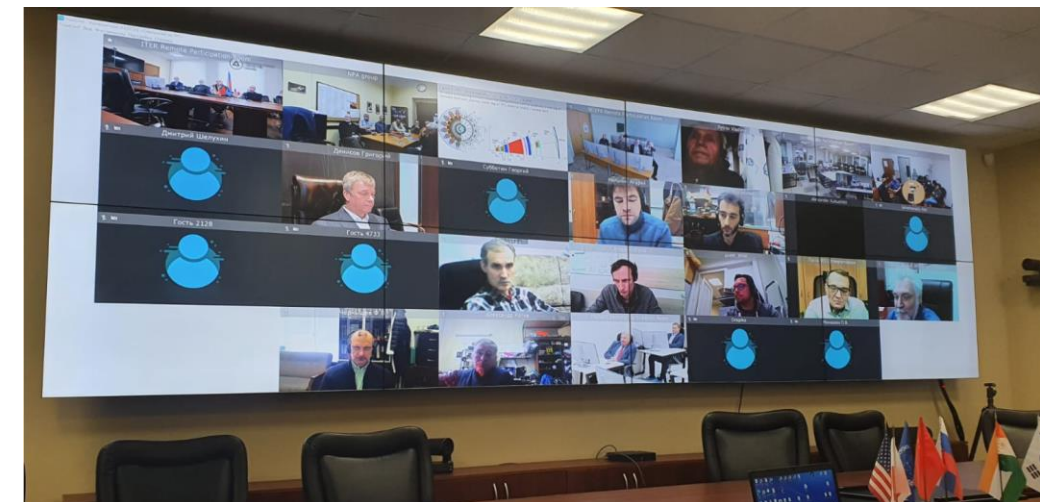
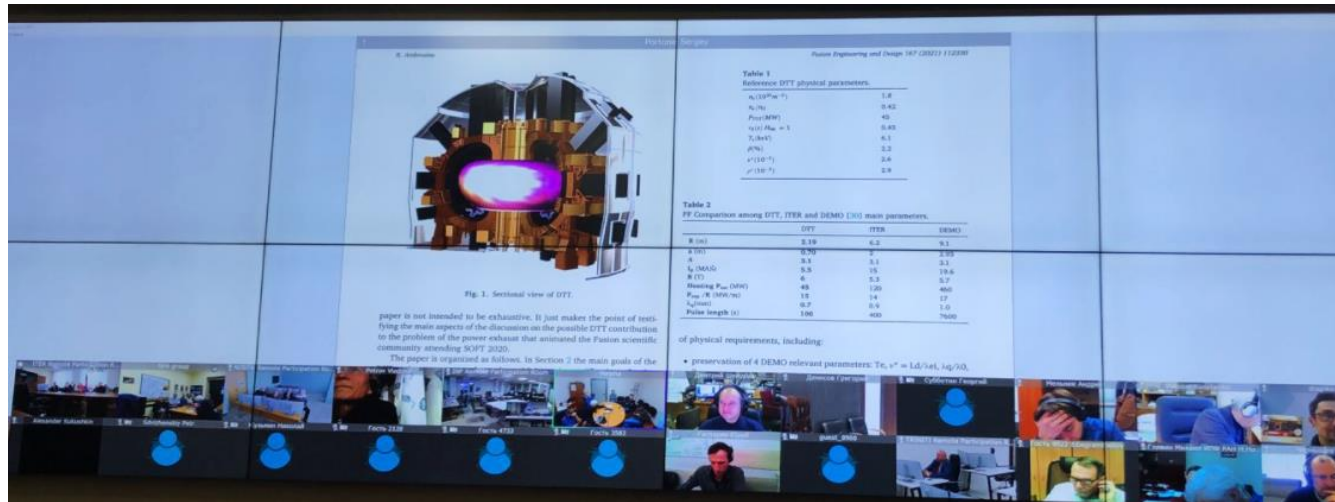






# Первые совместные работы

- В рамках Совета ИТЭР проведено совещание Боровкова И.В. и Оленина Ю.А. с директорами организаций-участниц платформы ИКП по планам развития УТС исследований в России;
- Совместная работа ИПФ и ИЯФ на ГДЛ;
- Ведутся заседания постоянно действующего семинара по TRT.





# Разработка и создание АИП ИКП Работы 2022 года



# Создание опытного образца ЦУ АИП ИКП

Создание опытного образца ЦУ АИП ИКП:

1. Разработка рабочей документации на ЦУ АИП ИКП;
2. Разработка ПМИ на ЦУ АИП ИКП;
3. Адаптация тестовой площадки для проведения тестирования:
  - создание узла в НИЯУ МИФИ (подключение установки МИФИСТ);
  - создание узла в СПбПУ (подключение СКЦ «Политехнический»);
  - создание узла в НИУ МЭИ (подключение стендовой базы для совместных проектов).
4. Апробация совместного использования программных компонент в рамках прохождения ПМИ:
  - Урания/CML-Bench (сотрудничество с ИБРАЭ и СПбПУ);
  - PLM/PDM системы для совместного проектирования (TRT);
  - Платформа Логос (сотрудничество с ГК Росатом и РФЯЦ-ВНИИЭФ).



Основной функционал опытного образца ЦУ АИП ИКП:

- Хранение научных данных;
- Проведение вычислений (возможность использования средств проведения расчетов, вычислений и обработки данных на высокопроизводительных расчетно-вычислительных мощностях АИП ИКП);
- Виртуализация (набор вычислительных ресурсов, обеспечивающий отказоустойчивость путем автоматической миграции и адаптацию к возрастающей нагрузке);
- Резервное копирование;
- Мониторинг;
- Контроллер АИП ИКП;
- Обеспечение коммуникационных сервисов (проведение дистанционных совещаний, вебинаров и научных конференций);
- Хранение конфигураций;
- Обеспечение информационной безопасности (включая защиту каналов связи между узлами ИКП).

Портал информационного обмена АИП ИКП является **единой информационной средой** для обмена данными и информацией между участниками УТС сообщества.

## Базовый функционал, реализуемый на этапе 2022 года:

- Управление пользователями и полномочиями участников ИКП:  
*Регистрация, авторизация и аутентификация пользователей; Изменение статусов и полномочий пользователей в соответствии с ролевой моделью; Предоставление доступа (по запросу) к сервисам портала;*
- Сбор и каталогизация компетенций; Управление информационными разделами и wiki.  
*Формирование базы компетенций пользователей и предприятий, формирование статейного фонда, новостей и научных публикаций; Сквозной поиск;*
- Управление мероприятиями:  
*Полный цикл организации мероприятия (конференции, семинара, круглого стола): планирование, сбор материалов, обработка заявок на участие, проведение с использованием интегрированной ВКС-системы;*
- Логирование (фиксация) системных событий и действий пользователей.

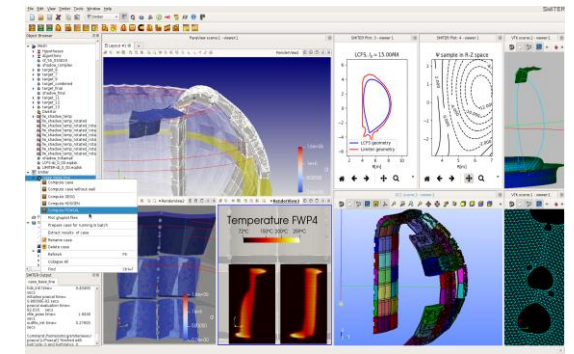
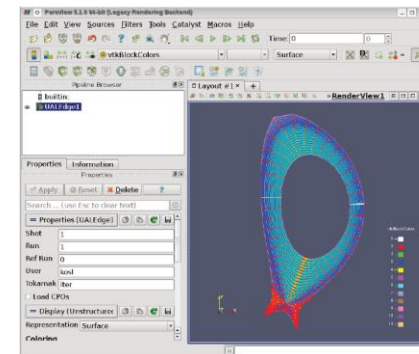




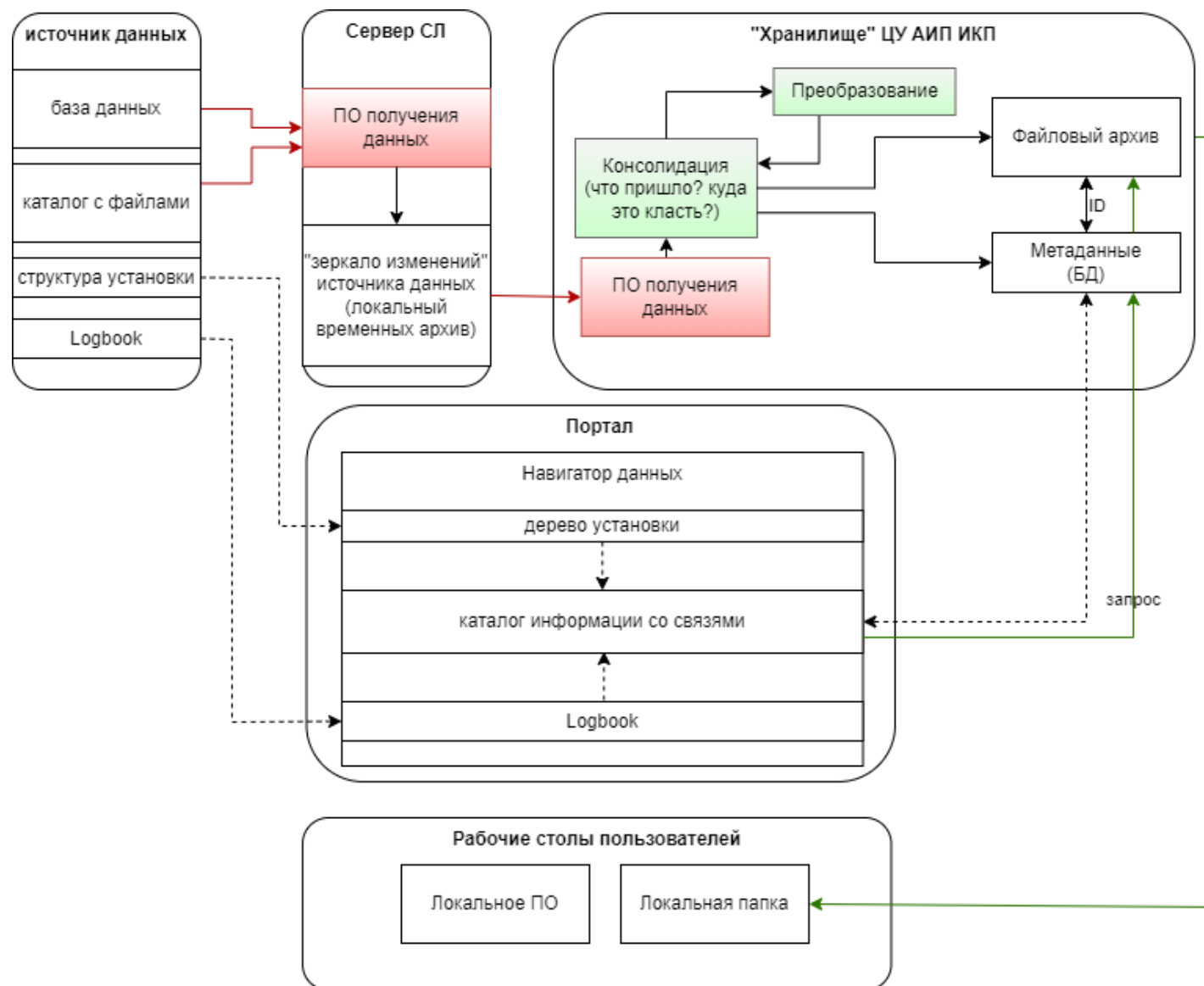
# Разработка и создание АИП ИКП Планы на 2023-2024

Должно быть разработано следующее Программное Обеспечение:

1. ПО, обеспечивающее получение, передачу и хранение различных типов и объемов данных, получаемых от узлов ИКП для заполнения хранилища научных данных информацией.
2. ПО анализа и отображения экспериментальных данных, предназначенное для работы со структурами данных, используемыми внутри ИКП:
  - поддерживать запуск пользовательских приложений;
  - использование стандартных функций математических средств обработки;
  - поддерживать многопользовательский режим работы;
  - позволять визуализировать экспериментальные данные и результаты их анализа;
  - иметь гибкие возможности по настройке способов формирования представления пользовательских данных.
3. Электронный журнал эксперимента Logbook;
4. Портал информационного обмена, для доступа ко всему заявленному функционалу.



# Схема движения данных в АИП ИКП





Опытный образец АИП ИКП должен включать следующие узлы:

1. Узлы тестовой площадки АИП ИКП, созданные в 2021 году:
  - 8 Центров дистанционного участия;
  - 6 Совместных лабораторий;
  - Центральный узел АИП ИКП.
2. Новые узлы, созданные в 2023-2024 годах:
  - Центр Работы с Данными;
  - + 3 Центра дистанционного участия;
  - + 3 Совместные лаборатории;

По итогам испытаний полномасштабного опытного образца АИП ИКП принимается решение об использовании системы по назначению (ГОСТ 16504-81) - созданию единой информационной среды участников УТС сообщества.

Центры Дистанционного Участия и Совместные Лаборатории:

- Разработка проектов 3 (трех) ЦДУ и 3 (трех) СЛ
- Помещения и инфраструктура предоставляются институтами/предприятиями
- Оборудование для функционирования узла и рабочие места поставляется в рамках Госконтракта

Центр работы с данными (ЦРД):

- Создается вокруг установки Т-15МД и подключается к АИП ИКП;
- Предназначен для получения, хранения и работы научными данными;
- Включает в себя центральный репозиторий данных, моделей, прикл. ПО и расчетных кодов.

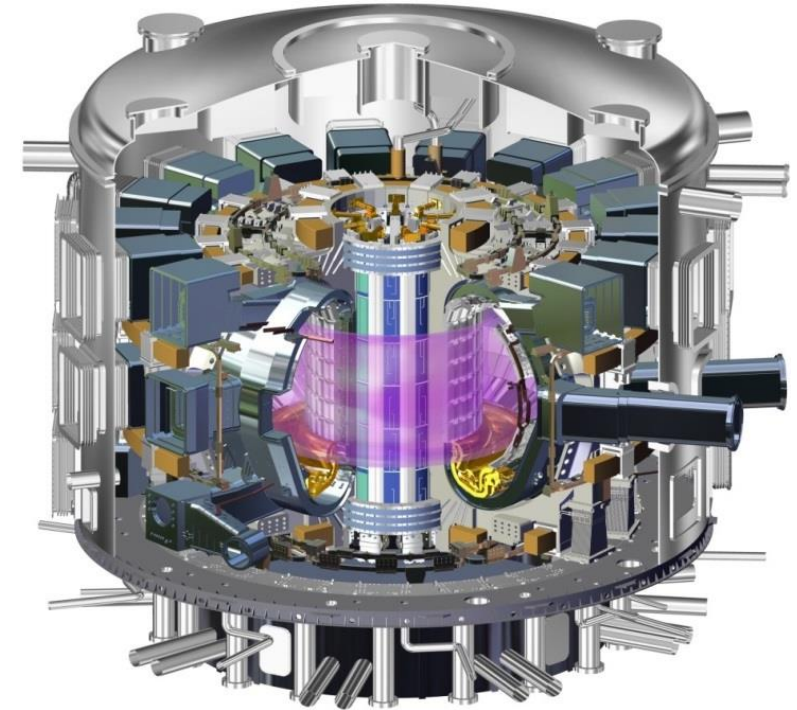
Год	Дорожная карта совместных работ с НИЦ КИ
2023	<ul style="list-style-type: none"><li>• Создание Центра дистанционного участия и Совместной лаборатории в НИЦ КИ;</li><li>• Подготовка технической документации на ЦРД (выбор программно-аппаратных решений, разработка архитектуры, описание КТС, и т.д.).</li><li>• Реализация программных решений для ЦРД;</li></ul>
2024	<ul style="list-style-type: none"><li>• Поставка оборудования для создания ЦРД;</li><li>• Создание узла ЦРД (разработка РД на ЦРД, создание ЦРД, подключение ЦРД к ИКП, проведение испытаний).</li></ul>



# Разработка и создание АИП ИКП Перспективы развития на 2025-2030



- Установка ИТЭР будет иметь около **50 основных** диагностических систем;
- В дейтерий-тритиевой фазе работы реактора:
  - каждый день более **2,2 ПБ**
  - **0,45 ЭБ** в год;
- Объём данных будет **увеличиваться с каждым годом**;
- Требуется **одновременная** обработка взаимосвязанных данных в режиме **реального времени**;
- **Разработка высокоэффективного процесса обработки и анализа данных**;
- **Россия должна быть готова к работе с данными ИТЭР.**



## **IMAS (Integrated Modelling & Analysis Suite) – платформа для физического моделирования и анализа данных на установке ИТЭР.**

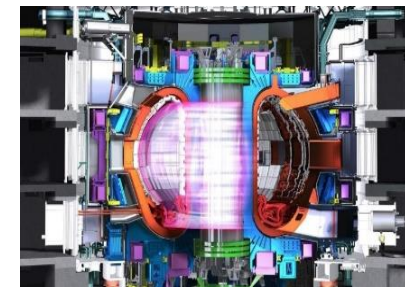
- 1. IMAS разработан для ИТЭР и стандартизирует взаимодействие экспериментальных и модельных данных в ИТЭР;**
- 2. Форматы данных IMAS также совместимы с другими крупнейшими термоядерными установками в Европе, поэтому могут служить стандартом для международного УТС сообщества;**
- 3. Обеспечивает доступ участникам проекта ИТЭР к специализированным расчётным кодам и высокоточному симулятору плазмы;**
- 4. Планируется развитие IMAS для проведения научных исследований с использованием Data Science (машинное обучение, майнинг данных и т.д.).**

**АИП ИКП уже совместим с IMAS, что обеспечит оперативную интеграцию данных, генерируемых во время научной программы ИТЭР.**

- Технологии удалённого доступа обеспечивают **проведение территориально-распределённых экспериментов** и оперативный **совместный доступ к научным данным**;
- Технологии удалённого доступа **доказали свою эффективность** в рамках проектов ITER, WEST и др.;
- АИП ИКП обеспечит **удалённый доступ** к результатам **отечественных экспериментов** в области УТС;
- Единые стандарты работы с данными, применяемые в АИП ИКП, позволят **осуществить интеграцию отечественных и международных УТС исследований**.

В 2021-2024 г. работы по подключению отечественных установок.

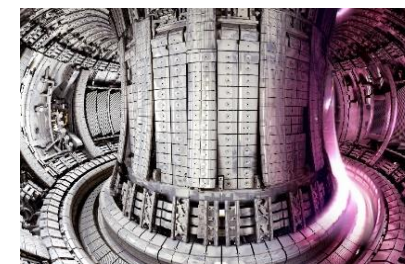
В 2025-2030 подключение международных установок.



ИТЭР



EAST (КНР)



JET (Великобритания)



WEST (Франция)

# Спасибо за внимание

**Портоне Сергей Сергеевич**  
«Проектный Центр ИТЭР»  
Руководитель проекта

Тел.: +7 (499) 281 72 21  
Моб. тел.: +7 (917) 512 97 73  
E-mail: S.Portone@iterrf.ru  
[www.iterrf.ru](http://www.iterrf.ru)