



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

## **НИЦ «Курчатовский институт» - Научный руководитель проектов АЭС с РУ ВВЭР**

Руководитель Курчатовского комплекса атомной энергетики  
Колокол А.С.





**12.04.1943** Лаборатория № 2  
Академии наук СССР

**10.11.1956** Институт атомной энергии

**21.11.1991** Российский научный центр  
«Курчатовский институт»

**27.07.2010** Национальный исследовательский  
центр «Курчатовский институт»

Курчатовский институт сыграл ключевую роль в *обеспечении безопасности страны* и развитии важнейших стратегических направлений, включая разработку и создание ядерного оружия, *атомного подводного и надводного флотов, атомной энергетики*. Здесь был дан старт развитию целого ряда новых направлений, в том числе: *термоядерной энергетике, ядерной медицине, информационным технологиям, использованию синхротронного и нейтронного излучений, конвергентным НБИКС наукам и технологиям* и многим другим

## Ключевые этапы



1946 г - пуск  
первого в Евразии  
ядерного реактора Ф-1



1949 г -  
испытание  
атомной  
бомбы



1954 г. - пуск  
первой в мире  
АЭС (г. Обнинск)

1958 г. -  
вторая  
в мире АПЛ  
«Ленинский  
комсомол»



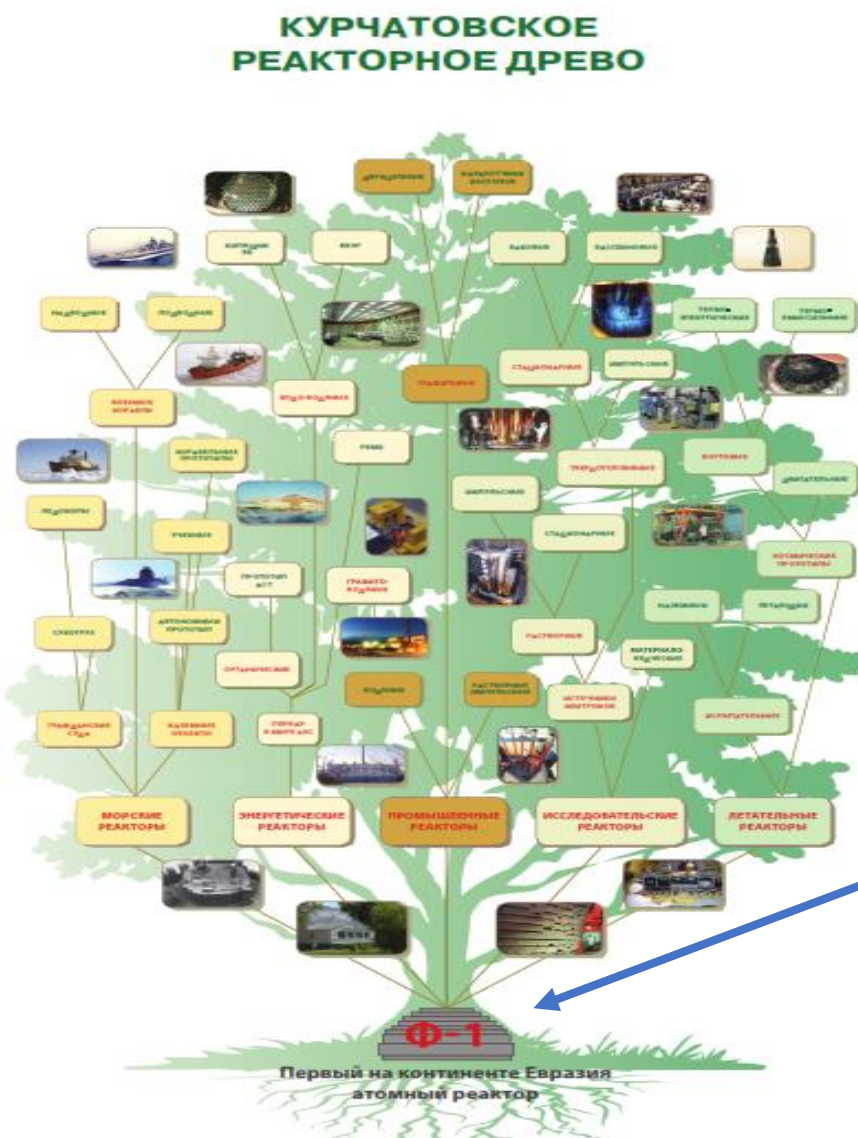
1959 г. - первый в  
мире атомный  
ледокол «Ленин»



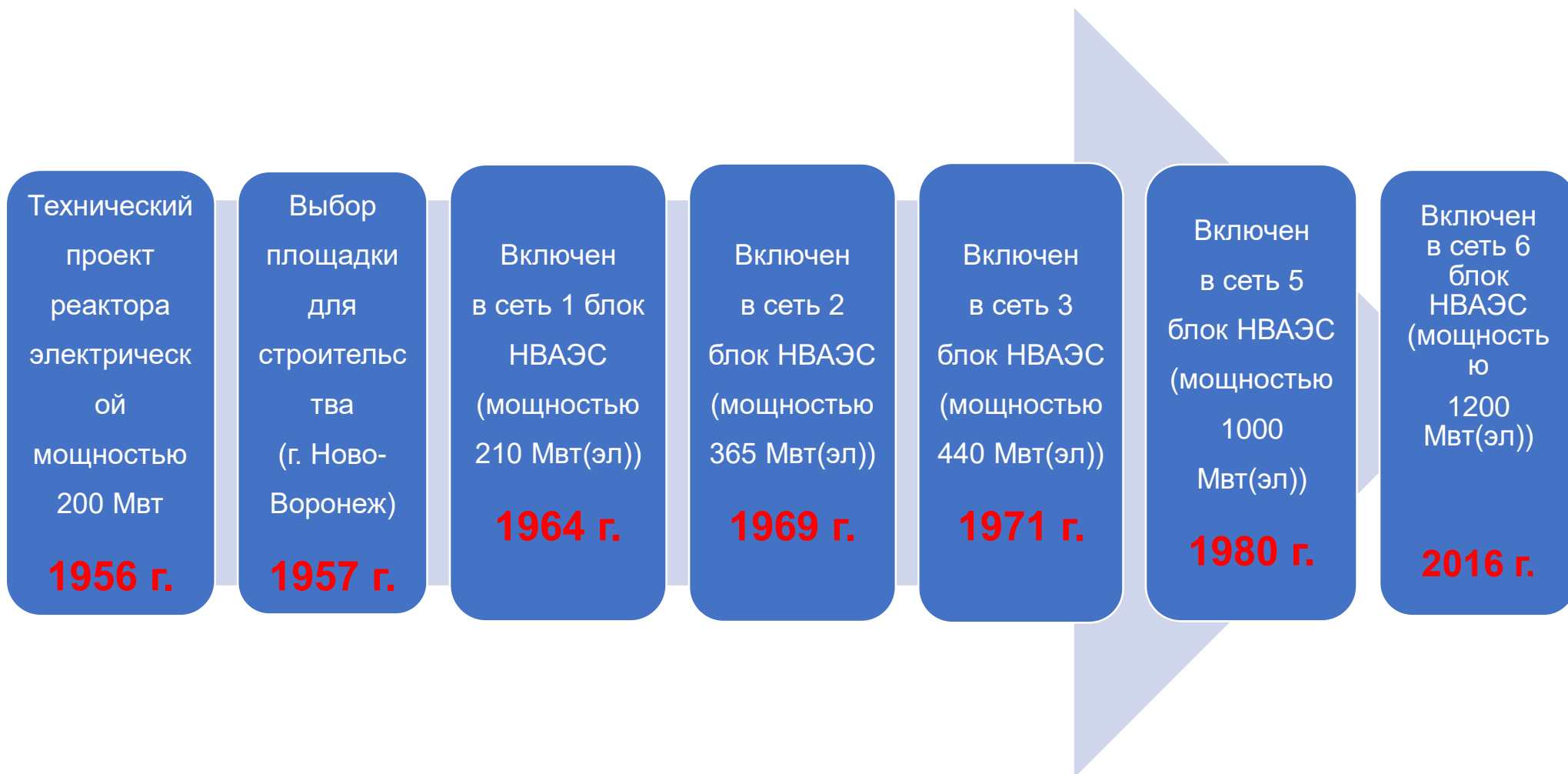




Первый в Евразии реактор  
был сконструирован в  
Курчатовском институте  
(1946)

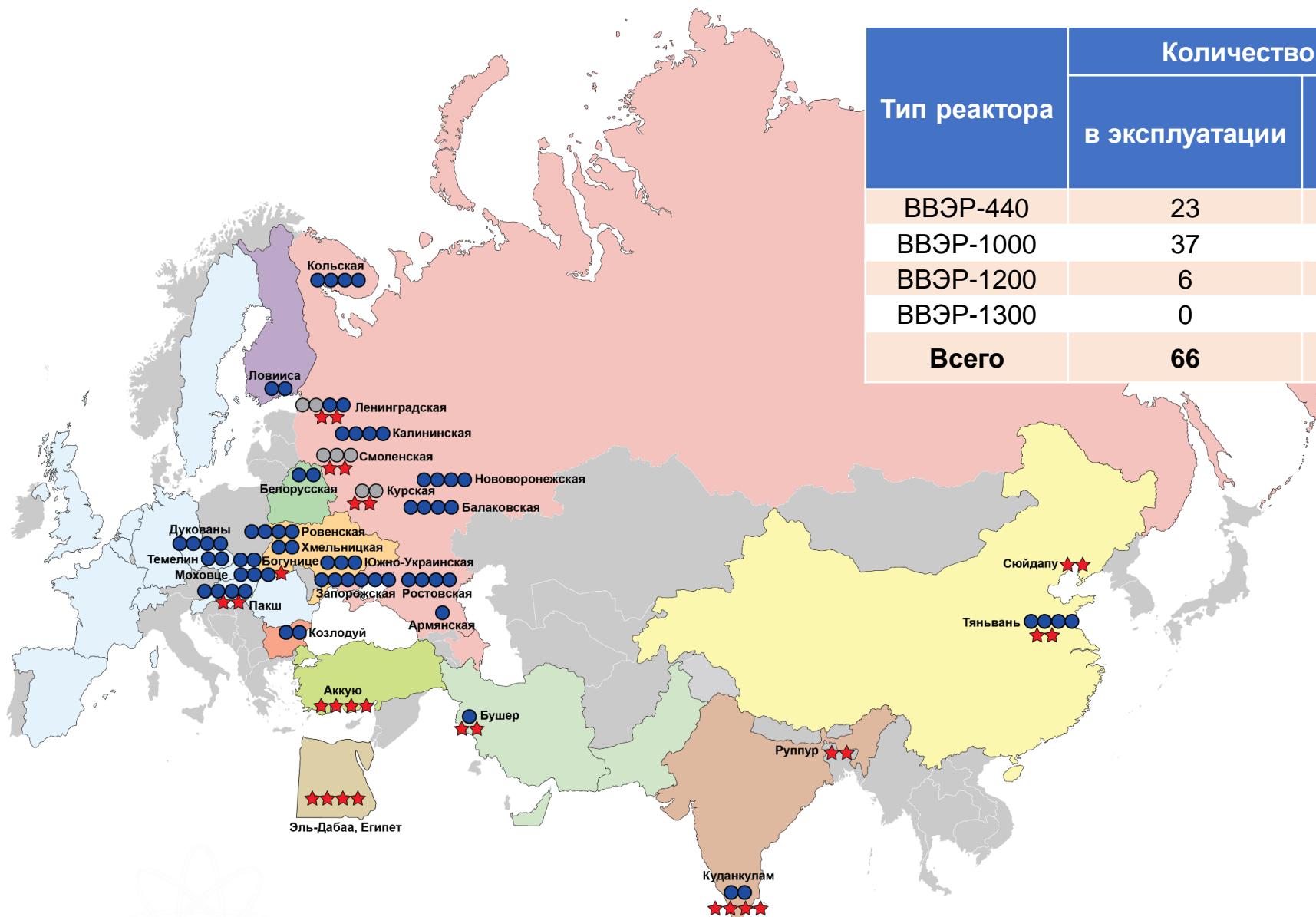


Ф-1





Тип реактора	Количество блоков	
	в эксплуатации	строящиеся
ВВЭР-440	23	1
ВВЭР-1000	37	6
ВВЭР-1200	6	18
ВВЭР-1300	0	4
<b>Всего</b>	<b>66</b>	<b>29</b>





- научно-техническое сопровождение эксплуатации действующих АЭС;
- обоснование радиационной безопасности АЭС;
- разработка систем диагностики оборудования АЭС;
- разработка и обоснование методов и расчётных кодов анализа состояния РУ и энергоблока в целом;
- разработка концепций построения АЭС с ВВЭР нового поколения;
- обоснование продления срока службы АЭС;
- исследования по физике активных зон, теплофизике, теплогидравлике, прочности и надёжности элементов активных зон, топливному циклу и конструкции ТВС, химии теплоносителя;
- научное руководство при проектировании РУ и АЭС с ВВЭР;

- обеспечивает научное сопровождения проекта АС и реакторной установки, включая разработку требований к научным исследованиям и обоснованиям по принципиальным вопросам ядерной и радиационной безопасности и экономической эффективности топливного цикла;
- проводит необходимые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в обоснование безопасности АС, патентные исследования в обоснование новизны, технического уровня и патентной чистоты;
- осуществляет научное руководство работами по созданию и модификациям активной зоны реактора и её составных частей;
- осуществляет научную экспертизу разделов проекта АС и реакторной установки;
- участвует в разработке проектной документации и материалов по обоснованию безопасности реакторных установок и АС вместе с главным конструктором и генеральной проектной организацией;
- участвует в верификации и обеспечении сопровождения аттестации расчетных кодов, анализе применимости имеющихся расчетных кодов для конкретного проекта и выдача рекомендаций их для использования;
- согласовывает требований к применяемым конструкционным материалам реакторной установки в части их радиационной стойкости на назначенный срок службы, осуществление научного сопровождения работ и оценка результатов выполненных исследований;
- участвует в работах с надзорными органами по получению лицензий на сооружение АС;
- обеспечивает научное руководства пуском и выводом на проектную мощность головных энергоблоков АС, испытаниями по подтверждению нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора и проектных ограничений безопасной эксплуатации реакторной установки в процессе физического и энергетического пусков, освоения проектной мощности энергоблоков, согласование изменений проектных характеристик;





**Всего за период с 1964 года по настоящее время под научным руководством НИЦ «Курчатовский институт» было пущено более 50 блоков в России и за рубежом с РУ ВВЭР**

- ☐ Научно-техническое сопровождение начиная с первой загрузки кассеты в зону до ввода в промышленную эксплуатацию
- ☐ Разработка программ и методик физических испытаний
- ☐ Подготовка и проведение физических испытаний
- ☐ Обработка и анализ результатов физических испытаний



- выполняет расчётно-экспериментальные исследования поведения продуктов деления (ПД) при нормальной эксплуатации, а также при нарушениях нормальной эксплуатации и авариях на АЭС;
- разрабатывает стратегии управления авариями, а также участие в разработке руководства по управлению запроектными;
- обосновывает безопасность хранения и транспортировки отработанного ядерного топлива;
- разрабатывает базы данных для обоснования безопасности АЭС с ВВЭР включающую результаты крупномасштабных экспериментов для верификации тяжелоаварийных кодов; термодинамические и теплофизические свойства кориума различных составов; водородную безопасности (распространение и горение водорода);
- проводит расчетный анализ тяжелых аварий на внутриреакторной стадии и на вне реакторной стадии аварии
- разрабатывает расчетные коды: разработка моделей процессов, протекающих при проектных и тяжелых авариях;
- развивает используемые программы и создает новые программы нейтронно-физических и теплофизических расчётов для реакторной установки типа ВВЭР энергоблоков АЭС;
- подтверждает правильность и точность проведения нейтронно-физических и теплофизических расчётов для реакторной установки типа ВВЭР энергоблоков АЭС;
- выполняет анализ данных эксплуатации и специальных экспериментов на активных зонах в подтверждение прогнозных нейтронно-физических характеристик и точности работы программ нейтронно-физических расчетов;
- разрабатывает физические проекты внедрения новых конструкций тепловыделяющих сборок с ядерными материалами из урана и плутония;
- проводит обоснование безопасности реакторных установок путем расчетного анализа аварий связанных с нарушениями реактивности и распределения энерговыделения в активной зоне;
- разрабатывает перспективные и совершенствует применяемые методы и средства контроля и диагностики активной зоны и основного технологического оборудования РУ типа ВВЭР;
- разрабатывает, поставляет, внедряет и сопровождает эксплуатацию СКУД РУ типа ВВЭР;
- формирует концепцию создания и развития систем автоматизации РУ типа ВВЭР энергоблоков АЭС;
- проводит экспертизу проектных и эксплуатационных материалов, нормативных документов по АСУ ТП;
- разрабатывает требования к ВХР первого контура;
- .....



1. Нейтроника  
Ядерная безопасность  
Прецизионные и инженерные  
вычисления

КАСКАД ИР САПФИР MCU ...

2. Теплофизика  
Термодинамика  
Аварийные процессы

ГЕФЕСТ-УЛР ТИГР RELAP 5 / MOD.3.2  
SC NOSTRA СОКРАТ ATHLET MABP-TA ...

3. Радиационная безопасность

RELWWER LEAK ДОЗА LUCKY ...

4. Механика и термомеханика

MABP УЗОР TOPRA ...

5. Радиохимические процессы

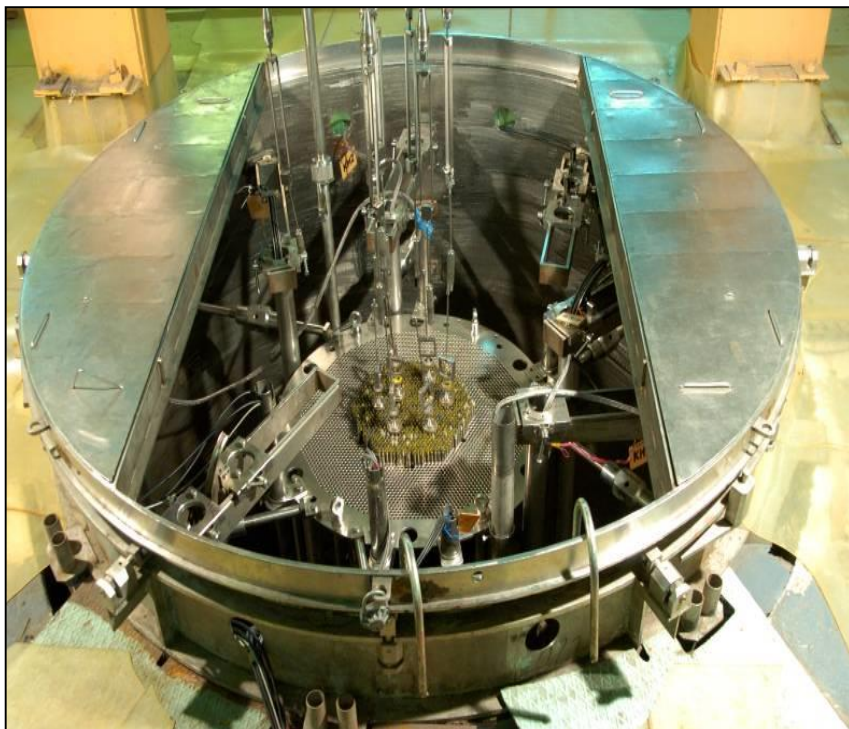
COTRAN МУХТАР

6. Процессинг

GRUCON

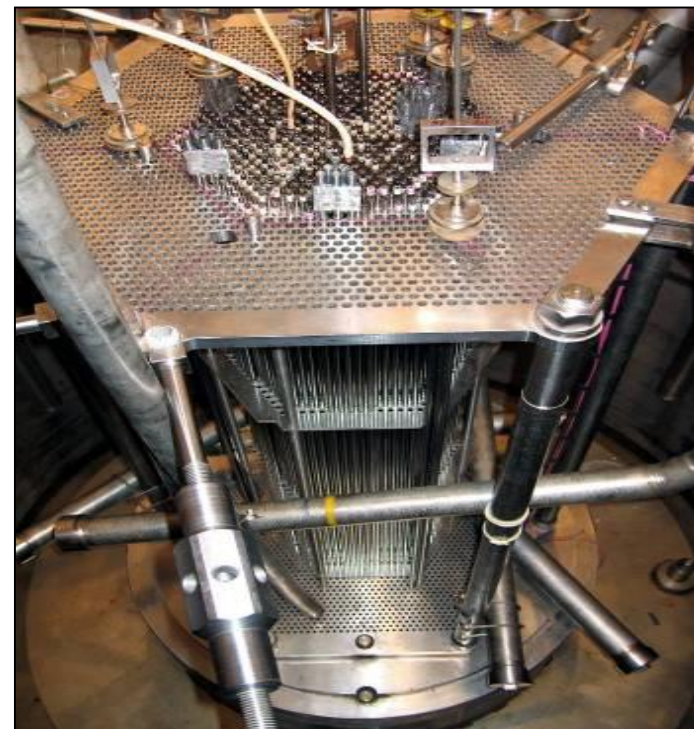
7. Виртуальная модель энергоблока

ПРИМ-АЭС



## «П»

Комплектование активных зон,  
состоящих из ТВЭЛОВ или ТВС



## «СК-физ»

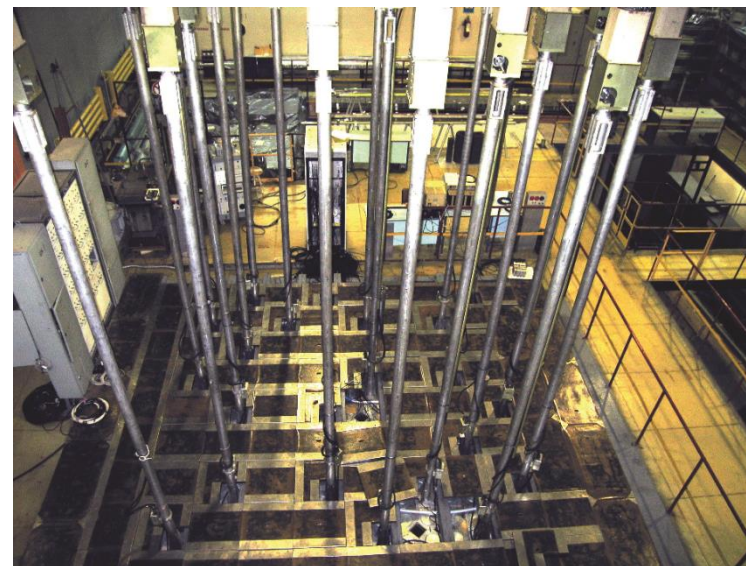
Моделирование фрагментов  
активных зон ВВЭР, набранных  
из ТВЭЛОВ





## Теплофизический стенд «КС»

Исследования перемешивания теплоносителя, гидравлического сопротивления и кризиса теплоотдачи в обоснование надёжности охлаждения активных зон водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР и PWR).



## Критический стенд «РБМК»

Исследования по физике активных зон канальных уран-графитовых реакторов в обоснование мероприятий для повышения безопасности и технико-экономических показателей эксплуатации. Стенд обеспечивает моделирование фрагментов различных нагрузок.





**Экспериментальные работы на облучённых конструкционных материалах и ядерном топливе в области радиационного материаловедения.**

**Контроль за состоянием металла корпусов реакторов, внутрикорпусных устройств и элементов активных зон реакторов.**





## Повторный рецикл урана и плутония в ВВЭР большой мощности

Для ВВЭР рассматриваются следующие виды регенерированного топлива:

**Регенерированное урановое топливо** (РУТ) содержит регенерированный уран, выделяемый при переработке ОЯТ. При изготовлении РУТ в зависимости от исходного изотопного состава регенерированный уран может обогащаться, смешиваться с высокообогащенным природным ураном или регенерированным ураном другого изотопного состава;

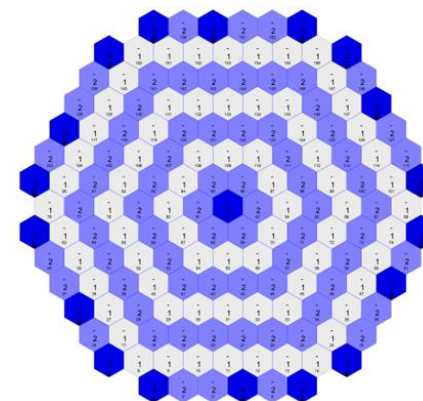
**РЕМИКС-топливо** состоит из регенерированного урана, регенерированного плутония и обогащенного природного урана. Для реакторов ВВЭР рассматриваются несколько видов РЕМИКС-топлива (РЕМИКС-С, РЕМИКС-Гет, РЕМИКС-В), различающихся содержанием плутония в твэлах и ТВС;

**МОКС-топливо** изготавливается из плутония, полученного при переработке ОЯТ энергетических реакторов, смешанного с обедненным или природным ураном.



## 24-месячные топливные циклы ВВЭР

- Для реализации 24 месячных топливных циклов и повышения потребительских характеристик 18-месячных топливных циклов НИЦ «Курчатовский институт» предложено использовать урановое топливо повышенного обогащения (от 5% до 7%) в сочетании с комбинированными уран-эрбиевым и уран-гадолиниевым выгорающими поглотителями.
- Повышение обогащения топлива снижает топливную составляющую себестоимости электроэнергии;
- Гомогенно распределенный в топливе эрбий обеспечивает ядерную безопасность топлива с повышенным обогащением и снижение неравномерности энергораспределения;
- Эрбий и гадолиний совместно снижают концентрацию борной кислоты в теплоносителе, обеспечивая отрицательность внутренних ядерных обратных связей по температуре и мощности реактора.
- В основном нейтронно-физические характеристики предложенных 24-месячных топливных загрузок находятся в пределах рамочных параметров, использованных при обосновании безопасности проектного топливного цикла ВВЭР-1200 со штатным топливом.



ВВЭР-1200  
72 ТВС-4, обогащение 6.2%



# Маневренность ВВЭР

**Начиная с 1990 г. в НИЦ КИ последовательно проводятся работы по маневренности АЭС:**

- разработаны алгоритмы управления реактором для работы в базовом и маневренном режимах и средства информационной поддержки оператора;
- на энергоблоках выполнены полномасштабные испытания маневренных режимов, включая испытания в суточном графике нагрузки;
- подтверждена способность АЭС с ВВЭР большой мощности работать в маневренных режимах слежения за нагрузкой энергосети как при единичных, так и при циклических (суточных) изменениях нагрузки в диапазоне 40-100 %.

**Для обеспечения конкурентоспособности необходимо:**

- усовершенствовать алгоритмы управления мощностью реактора в направлении использования только механических ОР СУЗ без изменения концентрации бора в теплоносителе;
- переходить на более высокий уровень автоматизации управления реактором и энергоблоком, в частности обеспечить полностью автоматическое управление для определенного класса стандартных, отработанных в ходе предварительных испытаний маневренных режимов.





## Проекты ВВЭР-С и ВВЭР-СКД (Супер-ВВЭР)

- Повышение коэффициента воспроизводства топлива;
- Снижение расхода природного урана;
- Отказ от борного регулирования (как минимум при работе на мощности);
- Отказ от циркониевых сплавов в активной зоне;
- Повышение КПД.



## Назначение:

- анализ динамической устойчивости энергоблока;
- обоснование технических решений по модернизации систем и основного оборудования;
- тестирование работы автоматических алгоритмов регулирующих контуров и шаговых программ, а также действий оператора.

## Объем моделирования:

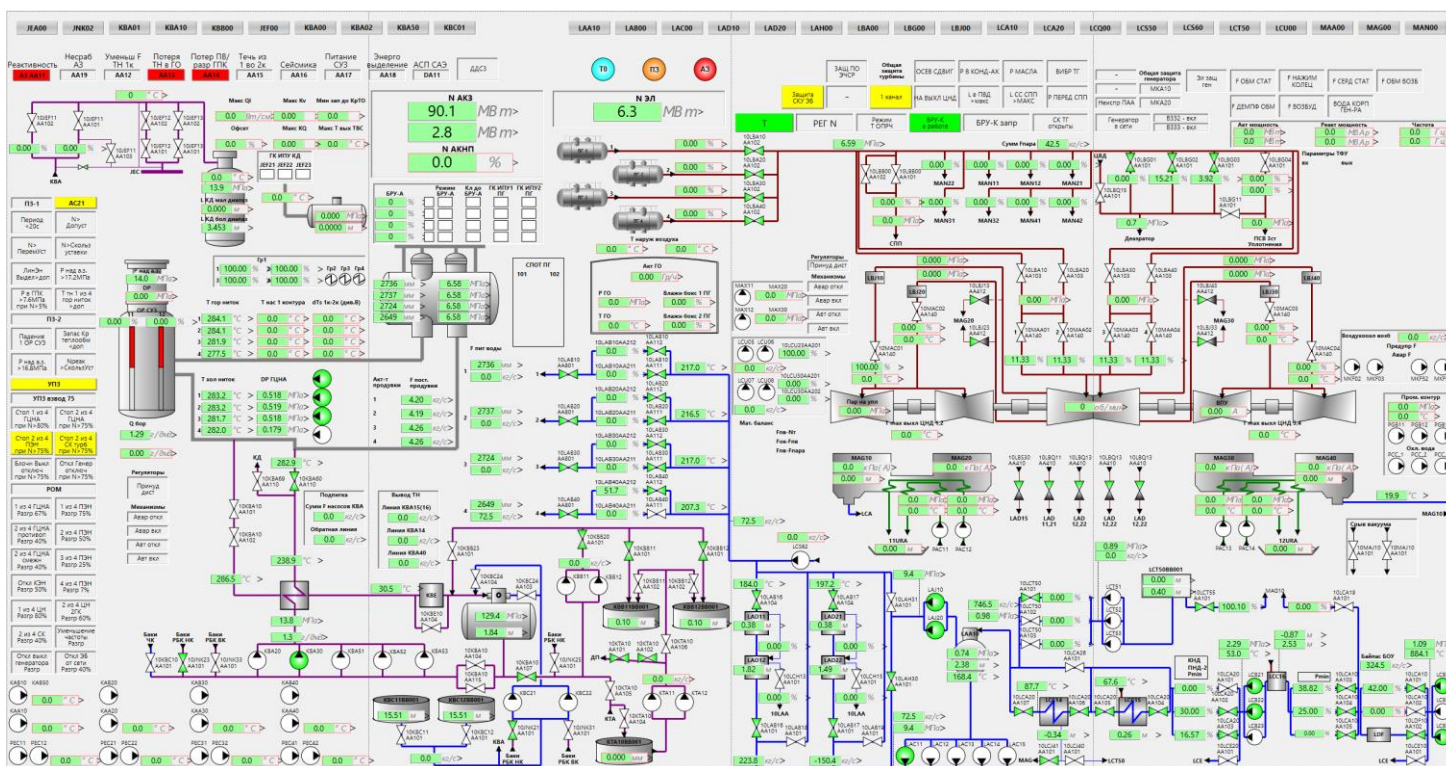
Совокупность процессов внутри активной зоны реактора во взаимосвязи с изменением т/г параметров I и II контуров при реалистичном моделировании АСУ ТП

## Область применения в объеме энергоблока:

- режимы НЭ (разогрев, расхолаживание РУ, суточное маневрирование мощностью и частотное регулирование);
- режимы ННУЭ (частичное отключение и отказы оборудования энергоблока).

## Практическое применение:

- Ленинградская АЭС-2;
- Нововоронежская АЭС-2;
- Курская АЭС-2;
- проект энергоблока ВВЭР-С.



Экран коллективного пользования





**Спасибо за внимание!**

