

Национальный исследовательский центр



«Курчатовский институт»

Ф-1 и отечественное реакторное дерево

Я.И.Штромбах

27-ая ежегодная конференция
Ядерного общества России
15-16 декабря 2016 г.

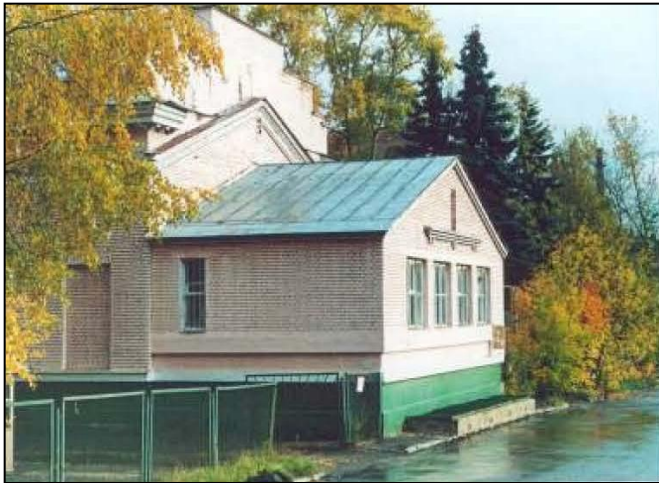
Первый в Евразии ядерный реактор Ф-1



Первый в СССР и на континенте Евразия ядерный реактор Ф-1 был пущен 25 декабря 1946 г. И.В.Курчатовым с сотрудниками в Лаборатории №2 АН СССР (ныне НИЦ «Курчатовский институт»).

Исследовательские работы, проводившиеся на реакторе Ф-1 явились определяющим фактором в создании в нашей стране за чрезвычайно короткий срок атомной промышленности, развитию реакторной физики и техники, ядерной энергетики.

Мощность реактора составляла 24 кВт.





В апреле 1947 г. И.В.Курчатов пишет Л.П.Берия:

«По уровню имеющихся у нас знаний в настоящее время уже возможно приступить к разработке первоначальных проектов электростанций, самолётов и морских судов с использованием энергии ядерных реакций. Проектные работы необходимо начать в этом году...»

Руководство этими работами он поручает А.П.Александрову.

Лидеры реакторных направлений



Академик

Анатолий Петрович Александров

Трижды герой Социалистического труда

Директор Курчатовского института (1960-1988)

Президент Академии наук СССР (1975-1986)



Фейнберг
Савелий Моисеевич



Гончаров
Владимир Владимирович



Меркин
Владимир Иосифович



Скворцов
Сергей Александрович



Правдюк
Николай Федотович

Первые поколения ведущих разработчиков

Абрамов А.С.
Аверин Е.К.
Адамов Е.О.
Алексенко Ю.Н.
Амаев А.Д.
Асмолов В. Г.
Бать Г.А.
Богачев Н.С.
Буйницкий Б.А.
Бурлаков Е.В.
Виноходов Е.В.
Вознесенский В.А.
Гагаринский А.Ю.
Гладков Г.А.
Глушков Е.С.
Гончаров В.В.
Гребенник В.Н.
Гуцалов А.Т.
Двойнишников Е.А.
Дегальцев Ю.Г.
Дикарев В.С.
Дроздов А.А.
Дубровин К.П.
Духовенский А.С.
Егиазаров М.Б.
Егоренков П.М.
Занков Ю.Н.

Звонов Н.В.
Зубарев Т.Н.
Калугин А.К.
Камышан А.Н.
Комиссаров Л.В.
Королев Е.Н.
Косовский В.Г.
Коченов А.С.
Кравченко Ю.Я.
Крамеров А.Я.
Кружилин Г.Н.
Кузнецов В.Н.
Кунегин Е.П.
Кухаркин Н.Е.
Лазуков Н.А.
Лалетин Н.И.
Лебедев В.И.
Лоповок А.Т.
Лузанова Л.М.
Лунин Г.Л.
Мадеев В.Г.
Майоров Л.В.
Малкин С.Д.
Марков Ю.В.
Меркин В.И.
Митин В.И.
Моисеенко П.П.

Мордвинов Н.М.
Морозов Г.Е.
Мостовой В.И.
Немировский П.Э.
Нечаев Ю.А.
Николаев Ю.Г.
Никольский Ю.В.
Новиков А.Н.
Осмачкин В.С.
Осташенко В.Ф.
Павшук В.А.
Папковский Б.П.
Парфанович Д.М.
Певзнер М.И.
Петунии Б.В.
Платонов П.А.
Полетаев Г.Н.
Пологих Б.Г.
Пономарев-Степной Н.Н.
Потехин Н.В.
Правдюк Н.Ф.
Проценко А.Н.
Романенко В.С.
Романцов Г.Е.
Рязанцев Е.П.
Савушкин А.Е.
Самарин Е.Н.

Семенов В.Н.
Сивинцев Ю.В.
Сидоренко В.А.
Скворцов С.А.
Смирнов А.И.
Соколов И.Н.
Степанов П.Е.
Столяров Г.А.
Талызин В.М.
Тутнов А.А.
Усов В.А.
Ухин Н.А.
Федуленко В.М.
Фейнберг С.М.
Хвостиионов В.Е.
Хлопкин Н.С.
Хрулев А.А.
Цыганков Л.С.
Цыканов В.А.
Чеботарев В.А.
Челноков И.Е.
Чернилин Ю.Ф.
Черноротов Е.С.
Шевелев Я.В.
Юкин В.П.
Яковлев В.В.
Яшин А.Ф.

Первые 15 лет после пуска реактора Ф-1



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



1949 г. - испытание атомной бомбы



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

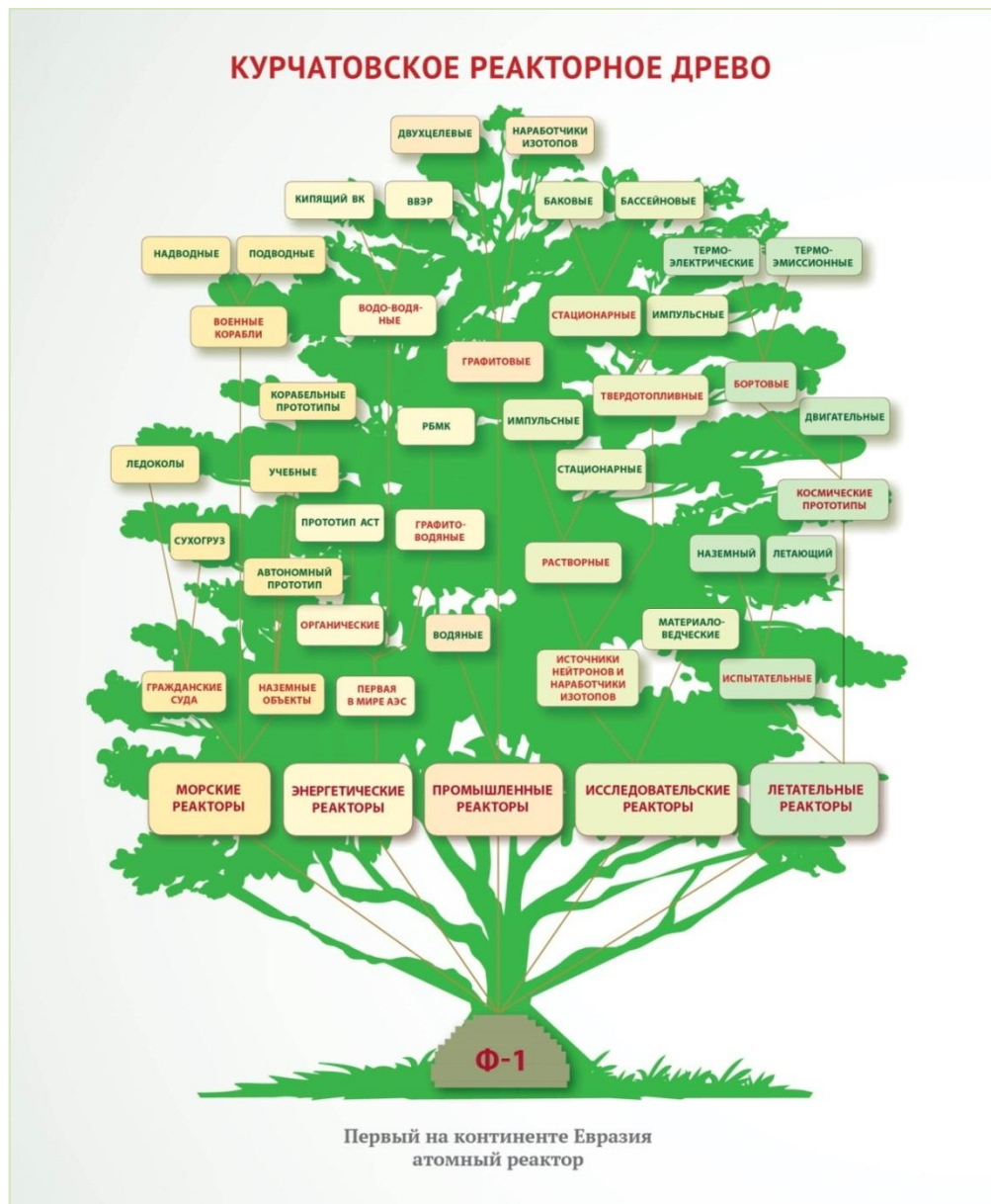


1958 г. - вторая в мире АПЛ «Ленинский комсомол»

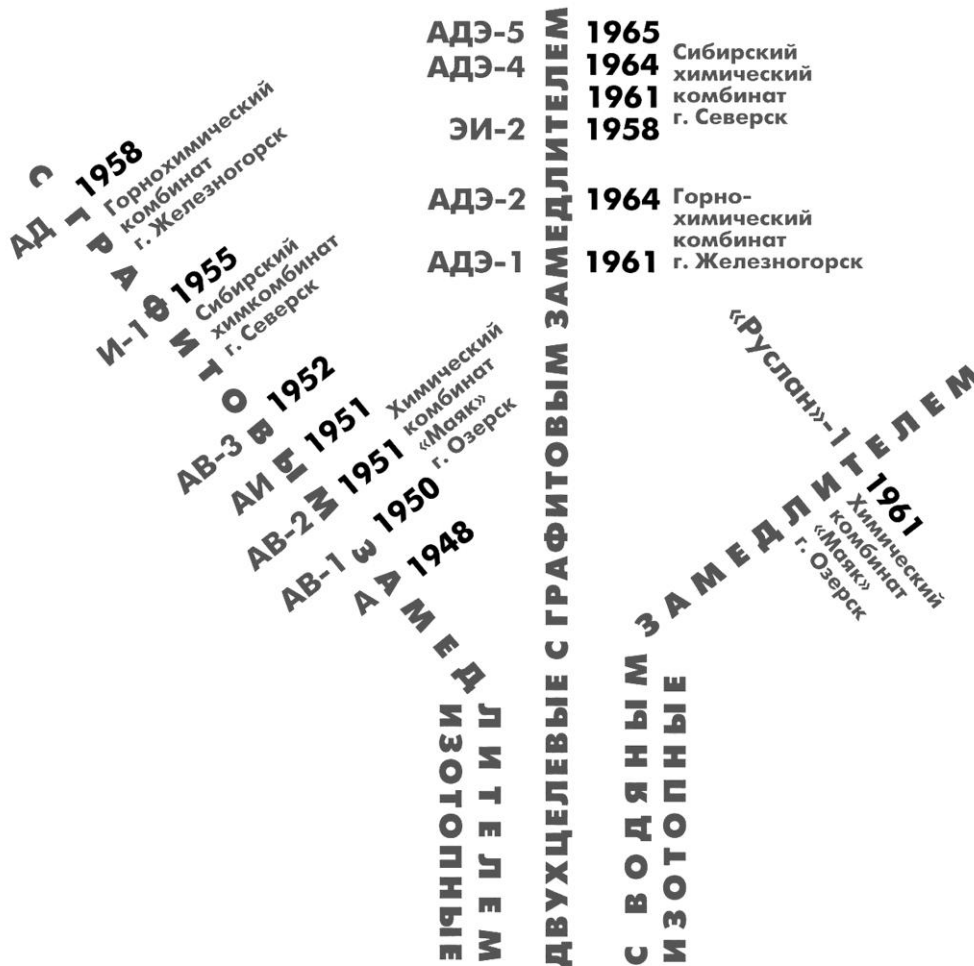


1959 г. - первый в мире атомный ледокол «Ленин»

Курчатовское реакторное древо



Промышленные реакторы для наработки изотопов



Главные конструкторы:
АО НИКИЭТ им. Н.А.Доллежала
АО "ОКБМ АФРИКАНТОВ"

Энергетические реакторы с графитовым и органическим замедлителем

1954–1990 : 19

1982, 1985, 1990 ○ Смоленская
1-3

1977, 1978, 1981, 1983 ○ Чернобыльская
1-4
(Украина)

1976, 1979, 1983, 1985 - Курская
1-4

1973, 1975, 1979, 1981 М Ленинградская
1-4

○ Игналинская
1-2
(Литва)

○ 1983,
1987

Р Б М К

РБМК

РЕАКТОР
С ГРАФИТОВЫМ ЗАМЕДЛИТЕЛЕМ
И ВОДЯНЫМ КИПЯЩИМ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

2° поколение

1979–1990 : 11 БЛОКОВ

1° поколение

1973–1979 : 6 БЛОКОВ

1963

«АРБУС»

ДИМИТРОВГРАД

РЕАКТОР
С ОРГАНИЧЕСКИМ
ЗАМЕДЛИТЕЛЕМ
И ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

1954

«ПЕРВАЯ В МИРЕ»

ОБНИНСК

РЕАКТОР АМ
С ГРАФИТОВЫМ ЗАМЕДЛИТЕЛЕМ
И ВОДЯНЫМ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Под научным руководством
НИЦ «Курчатовский институт»
создано 17 реакторов РБМК, работает – 11.

Ныне работающие АЭС с РБМК:

Кол-во блоков	Название АЭС	Ввод в эксплуатацию первого блока	Мощность, МВт (э)
4	Ленинградская	1973	4000
4	Курская	1976	4000
3	Смоленская	1982	3000
2	Игналинская (выведена из эксплуатации)	1983	3000

Главный конструктор:
АО НИКИЭТ им. Н.А.Доллежала

Первая в мире АЭС



Обнинская АЭС

АЭС с РБМК



Ленинградская АЭС



Курская АЭС



Смоленская АЭС

Морские реакторы военно-морской флот



Главные конструкторы:
АО НИКИЭТ им. Н.А.Доллежала
АО "ОКБМ АФРИКАНТОВ"

Морские реакторы I поколение, 100 реакторов



Проект 627

Первая советская подводная лодка
"Ленинский комсомол"

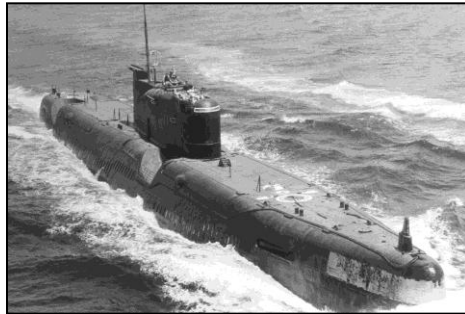


"Ленинский комсомол" в гб. Нерпичья. 2011

Основные направления совершенствования реакторов для АПЛ

- Улучшение ресурсных характеристик;
- Повышение надёжности и безопасности;
- Улучшение шумовых характеристик;
- Улучшение весо-габаритных характеристик;
- Улучшение динамических характеристик.

Морские реакторы II поколение, 269 реакторов



II ПОКОЛЕНИЕ
Реакторы ВМ-4

Морские реакторы

III поколение, 58 реакторов

III ПОКОЛЕНИЕ

Реакторы ВВР ОК-650



Морские реакторы IV поколение, 4 реактора



IV поколение
Реакторы ВВР ОК-650, ВВР КТП-6



Морские реакторы гражданский флот

20

РЕАКТОРОВ

1^е поколение **3** РЕАКТОРА;

3^е поколение **17** РЕАКТОРОВ

ЛЕДОКОЛЫ

1985 «РОССИЯ»
2 реактора КЛТ-40

1977 «СИБИРЬ»
2 реактора ОК-900

1975 «АРКТИКА»
2 реактора ОК-900

1959 «ЛЕНИН»
3 реактора ОК-150,
2 реактора ОК-900

2007 «50 ЛЕТ ПОБЕДЫ»

2 реактора КЛТ-40

1992 «ЯМАЛ»

2 реактора КЛТ-40

1990 «ВАЙГАЧ»

1 реактор КЛТ-40

1989 «ТАЙМЫР»

1 реактор КЛТ-40

1989 «СОВЕТСКИЙ СОЮЗ»

2 реактора ОК-900

ЛИХТЕРОВОЗ-КОНТЕЙНЕРОВОЗ

1988 «СЕВМОРПУТЬ»

1 реактор КЛТ-40

Главный конструктор:
АО "ОКБМ АФРИКАНТОВ"

Морские реакторы ледоколы



Ледокол «Ленин»



Ледокол «Арктика»



Ледокол «Таймыр»



Ледокол «Вайгач»



Ледокол «Ямал»



Ледокол «50 лет Победы»



*Лихтеровоз-контейнеровоз
«Севморпуть»*

Энергетические реакторы с водяным замедлителем и теплоносителем

1964–2016 : 74



**Главный конструктор:
ОКБ «ГИДРОПРЕСС»**

Энергетические реакторы ВВЭР в мировой ядерной энергетике

1964–2016 : 74

РОССИЯ : 21
Нововоронежская АЭС : 6
Кольская АЭС : 4
Балаковская АЭС : 4
Калининская АЭС : 4
Ростовская АЭС : 3

АРМЕНИЯ : 2
Армянская АЭС : 2

ГЕРМАНИЯ : 6
АЭС Райнсберг : 1
АЭС «Норд» : 5

ФИНЛЯНДИЯ : 2
АЭС Ловиса : 2

ЧЕХИЯ : 6
АЭС Дукованы : 4
АЭС Темелин : 2

СЛОВАКИЯ : 6
АЭС Богунице : 4
АЭС Моховце : 2

БОЛГАРИЯ : 6
АЭС Козлодуй : 6

ВЕНГРИЯ : 4
АЭС Пакш : 4

ИНДИЯ : 2
АЭС Каданкулам : 2

ИРАН : 1
АЭС Бушер : 1

КИТАЙ : 2
АЭС Тяньвань : 2

УКРАИНА : 15
Южно-Украинская АЭС : 3
Ровенская АЭС : 4
Запорожская АЭС : 6
Хмельницкая АЭС : 2

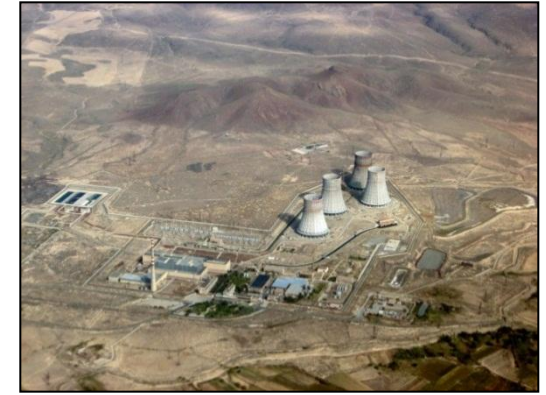
ВВЭР-440



АЭС Пакш (Венгрия)



АЭС Дукованы (Чехия)



Армянская АЭС



АЭС Ловииса (Финляндия)



Кольская АЭС

ВВЭР-1000



Калнинская АЭС

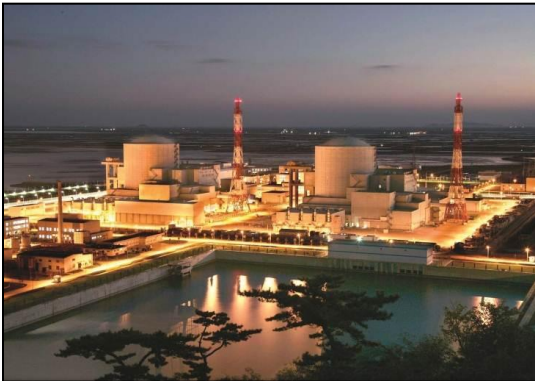


Запорожская АЭС



НВАЭС, 5 блок

Проект АЭС-91



АЭС Тяньвань 1-2 блоки (Китай)

Проект АЭС-92



АЭС Куданкулам (Индия)



АЭС-2006

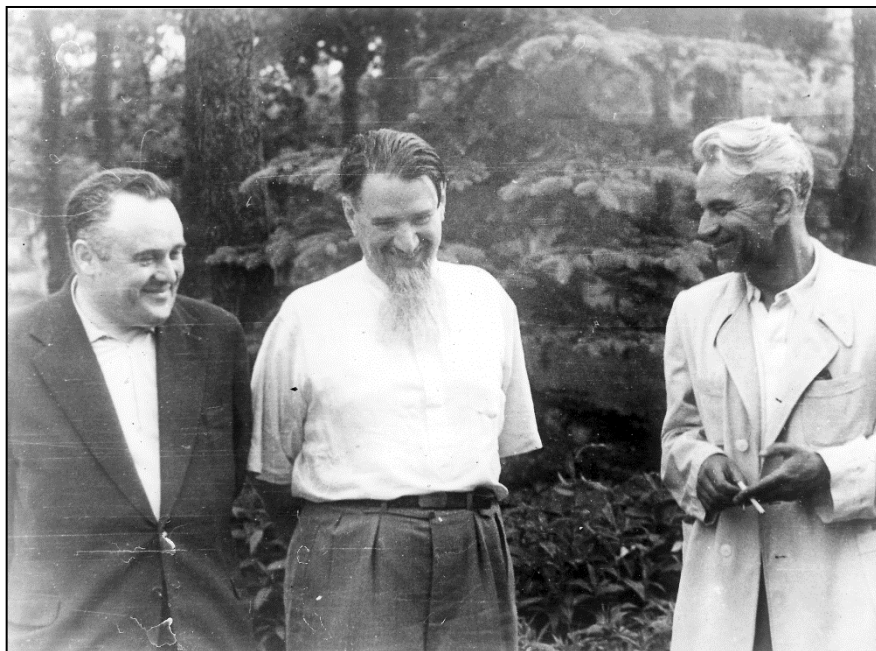


Ленинградская АЭС

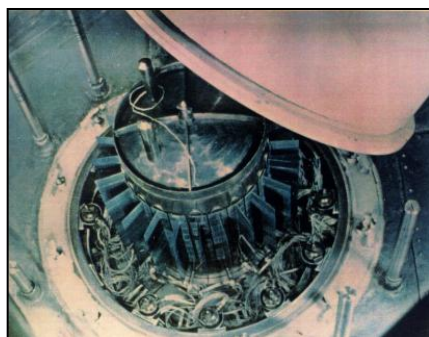


Нововоронежская АЭС

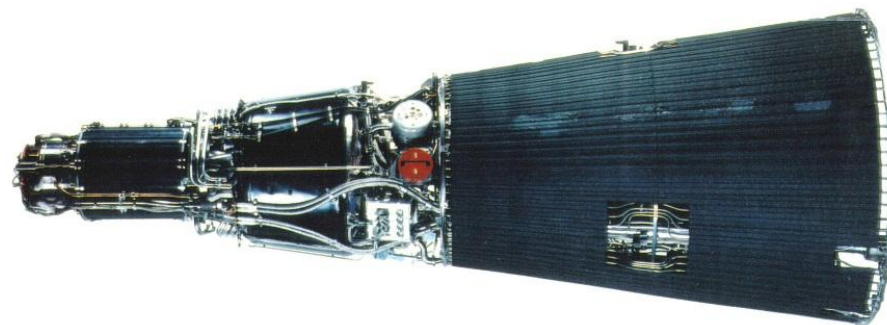
НИЦ «Курчатовский институт» является научным руководителем работ по созданию космических ядерных энергетических установок с реакторами-преобразователями первого и второго поколений, а также по технологиям ядерных ракетных двигателей.



Три «К»:
*С.П.Королёв,
И.В.Курчатов,
М.В.Келдыш*



*Первый в мире реактор-преобразователь Ромашка»,
реализующий прямое преобразование
атомной энергии в электрическую*



*Космическая ядерная энергетическая
установка «Енисей»*

Летательные (космические) реакторы

Научный руководитель – Курчатовский институт

АВИАЦИОННЫЕ

Летающая лаборатория (ЛАЛ)

Генеральный конструктор	Андрей Николаевич Туполев
Главный конструктор реакторной установки и защиты от излучений	ОКБ А.Н. Туполева
Главный конструктор реактора ВВР-Л	ОКБ - 156 , Николай Дмитриевич Кузнецов

КОСМИЧЕСКИЕ БОРТОВЫЕ

Ядерные источники энергии (наземные прототипы)

Термоэлектрический реактор-преобразователь «Ромашка»

Главный конструктор	Курчатовский институт С-6
Главный технолог, изготовитель активной зоны	Подольский НИТИ
Главный технолог, изготовитель преобразователя	Сухумский ФТИ

Термоэмиссионный реактор-преобразователь «Енисей»

Главный конструктор ЯЭУ	ЦКБМ г. Ленинград
Завод-изготовитель	«Двигатель» г. Таллин
Главный технолог, изготовитель активной зоны и электрогенерирующих каналов	Подольский НИТИ

ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Импульсный испытательный реактор ИГР

Главный конструктор	НИКИЭТ им.Доллежала, г.Москва
Главный технолог, изготовитель тепловыделяющих элементов	Подольский НИТИ

Испытательные реакторы (прототипы ЯРД) ИВГ-1, ИВГ-1М

Главный конструктор	НИКИЭТ им.Доллежала, г.Москва
Главный технолог, изготовитель ТВЭЛ и активной зоны	Подольский НИТИ

Исследовательские ядерные реакторы, разработанные под научным руководством Курчатовского Института

Страна	Наименование реактора	Местонахождение	Тип реактора	Год пуска (реконструкции)	Мощность, МВт (после реконструкции)
РФ	Ф-1	НИЦ КИ	Уран-графитовый		—
	РФТ	НИЦ КИ	Канальный, графитовый		20
	ВВР-2	НИЦ КИ	Баковый	1954	3
	Демонстрационный реактор	ВДНХ СССР	Водно-урановый		—
	ИРТ	НИЦ КИ	Бассейновый		8
	ИРТ-2000	МИФИ	Бассейновый	1967 (1975)	—
	ИРТ-2000	Томск	Бассейновый		6
	ИРТ-Т	НИИАФ (Томск)	Бассейновый	1967 (1984)	6
	СМ-2	НИИАР (Димитровград)	Корпусной	1961 (1974)	100
	МР	НИЦ КИ	Канальный, погружённый в бассейн		100
	АРБУС	НИИАР (Димитровград)	Корпусной с органическим теплоносителем		40
	Ромашка	НИЦ КИ	Гомогенный		—
	ВВР-Ц	Обнинск	Баковый		—
	ВВР-3 (до реконструкции ИИН-3)	НИЦ КИ	Растворный, импульсный	1967	Стац. 0,01 Имп. $2 \cdot 10^4$
	ВК-50	НИИАР (Димитровград)	Корпусной, кипящий		170
	МИР	НИИАР (Димитровград)	Канальный, погружённый в бассейн		—
	ИРВ-М1	Лыткарино	Бассейновый		—
	ИР-8	НИЦ КИ	Бассейновый	1981	—
	Аргус	НИЦ КИ	Растворный Гомогенный	1981	—
	ОР	НИЦ КИ	Баковый		—
Гидра	НИЦ КИ	Гомогенный, импульсный	1972	—	
ВВР-М	НИЦ КИ ПИЯФ (Гатчина)	Баковый	1959	18	
ТВР	ИТЭФ (Москва)	Баковый	1949	2,5	
ИВВ-2М	СФ НИКИЭТ (Екатеринбург)	Бассейновый	1966 (1983)	15	

Исследовательские ядерные реакторы, разработанные под научным руководством Курчатовского Института

Страна	Наименование реактора	Местонахождение	Тип реактора	Год пуска (реконструкции)	Мощность, МВт (после реконструкции)
Бывшие республики СССР	ВВР-СМ	Узбекистан	Баковый	1959 (1971)	10
	ИРТ-2000	Грузия	Бассейновый		8
	ИРТ-М	ИФ АН Грузии, г.Тбилиси	Бассейновый	1959 (1973)	5
	ИРТ-2000	Латвия	Бассейновый		5
	ИРТ-М	ИФ АН Латвии, г.Рига	Бассейновый	1961 (1975)	5
	ИГР	Казахстан, г. Курчатов	Уран-графитовый (импульсный)		—
	ВВР-К	ИЯФ АН Казахстана, г.Алматы	Баковый	1967	10 —
	ИВГ1	Казахстан	Водо-водяной		—
	ВВР-М	ИЯИ АН Украины, Киев	Баковый	1960	10
	ИРТ-2000	Белоруссия	Бассейновый		5
	ИРТ-М	ИЯЭ АН Белоруссии, г.Минск	Бассейновый	1962 (1977)	5

Исследовательские реакторы, сооруженные в зарубежных странах

Реактор	Страна	Год пуска	Мощность, МВт
ВВР-С	ГДР, ЧССР, СРР, ПНР, ВНР, АРЕ	1957-1961	2-10
ИРТ-2000	КНР, НРБ, КНДР, Ирак	1961-1967	2-10
ТВР-С	КНР	1959	10
РА	СФРЮ	1959	10
ИРТ-10000	Ливия	1981	10
«Мария»	ПНР	1974	30
ИВВ-9	СРВ	1983	0,5

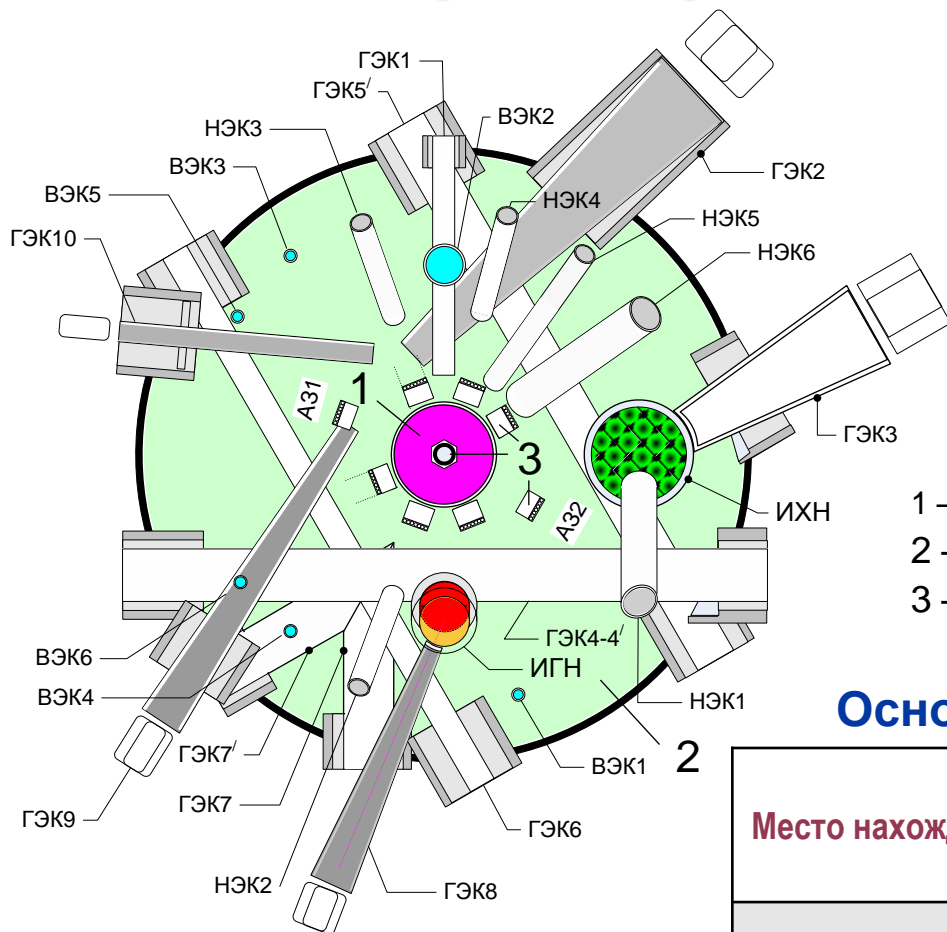


Реактор ПИК строится в Петербургском институте ядерной физики им Б.П. Константинова (г.Гатчина, Ленинградская обл.) Национального исследовательского центра “Курчатовский институт”.

Высокопоточный реактор ПИК будет исследовательским реактором с тепловой энергией 100МВт и будет отличаться от большинства подобных проектов наличием нейтронной ловушки с очень высоким нейтронным потоком и возможностью облучения материалов в активной зоне.



Схема экспериментальных каналов реактора ПИК



- 1 – активная зона
- 2 – отражатель D₂O
- 3 – реакторный контроль и система безопасности



Экспериментальный зал горизонтальных каналов

Основные характеристики реактора ПИК

Место нахождения	Тепловая энергия отдачи	Максимальный нейтронный поток	Число нейтронных инструментов
Гатчина, Санкт-Петербург	100 МВт	$5,0 \cdot 10^{15}$ н/см ² с	50

На базе реактора ПИК будет создан Международный Центр Нейтронных Исследований. Составление его научной программы и программы комплектаии инструментальной базы проводится при взаимодействии с другими нейтронными центрами, прежде всего с ОИЯИ (Дубна), реактором Научно-исследовательского центра Jülich, TU Мюнхен (Германия), ILL (Гренобль, Франция) и ESS (Лунд, Швеция).



Спасибо за внимание!