

Объединенный институт ядерных исследований  
Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка

# ИБР-2, Незабываемый и Неповторимый

(к 40-летию начала работы)

*Е.П. Шабалин*

Семинар ЛНФ 15 марта 2024 г.



*- К чему, подумай сам и рассуди,  
Душа твоя печалью запорошена?  
Ведь самое плохое – позади.  
- Но позади и самое хорошее...*

И. Губерман



Каждый человек вспоминает историю по-своему ...

На корабле своей мечты

Евгений Шабалин



Евгений Шабалин

На корабле  
своей  
мечты

Записки  
реакторщика

*Памятные  
даты,  
как камни в  
саду Рёандзи*



## Ключевые годы

1960 – пуск ИБР  
1966- начало проекта  
1969 – начало  
строительства ИБР-2  
1977 -физический пуск  
1980 – «рождение» ИБР-2  
1982- 1 МВт и первые  
эксперименты  
1984 – проектная (?)  
мощность  
2004 – новый ПО  
2011 – ИБР-2М  
2023 – объяснение  
эффекта автоколебаний  
(через 40 лет!)

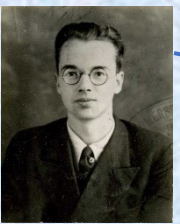
# Обнинск- Дубна 1955-1960



- История началась в Обнинске в 1955 г., на семинаре, где Д.И.Блохинцев изложил свою идею пульсирующего реактора.



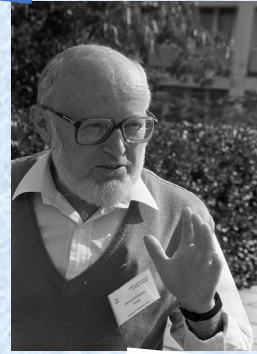
Отто Фриш, 1945



Клаус Фукс



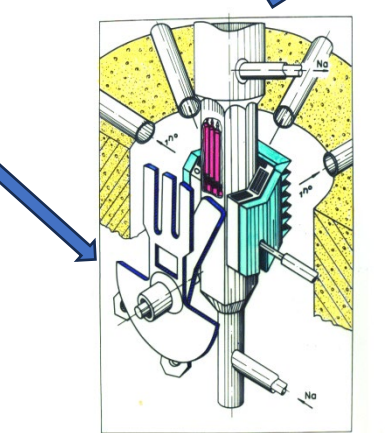
Д..И. Блохинцев



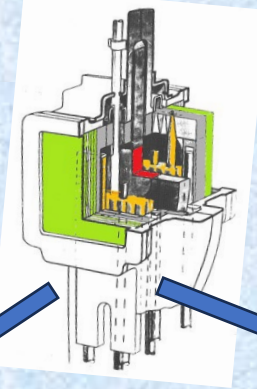
Ю.Я. Стависский



БР-5, 1959 .  
А. И. Лейпунский и др.



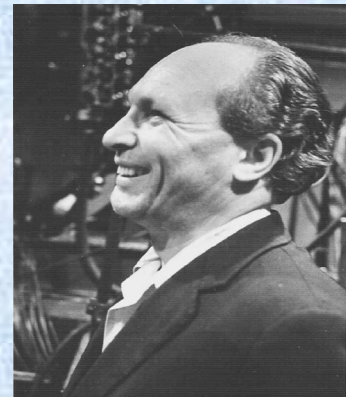
ИБР-2  
1966,  
1984



ИБР,  
1955,  
1960



И.М. Франк

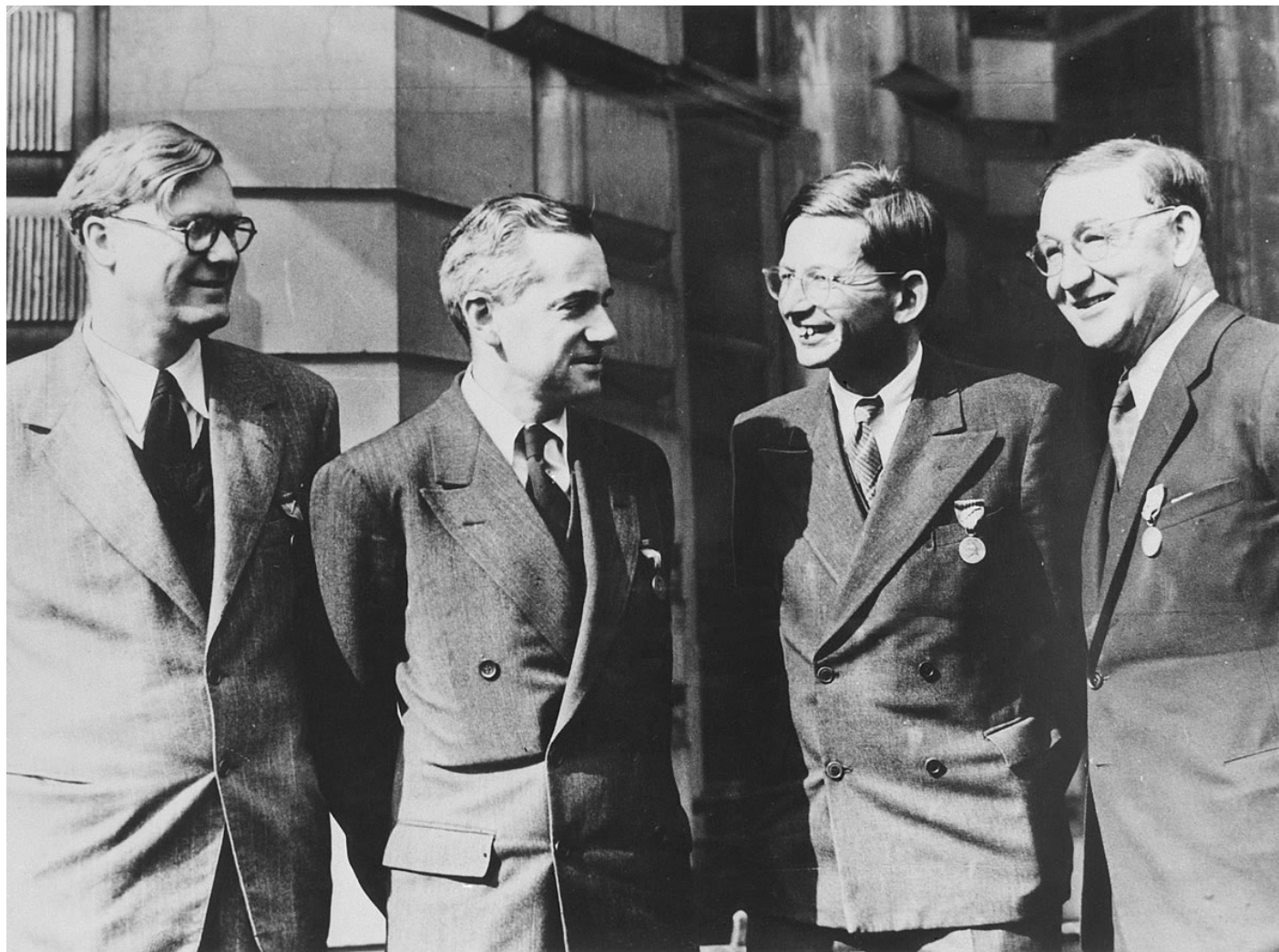


.Ф.Л. Шапиро

ИБР-30, 1969

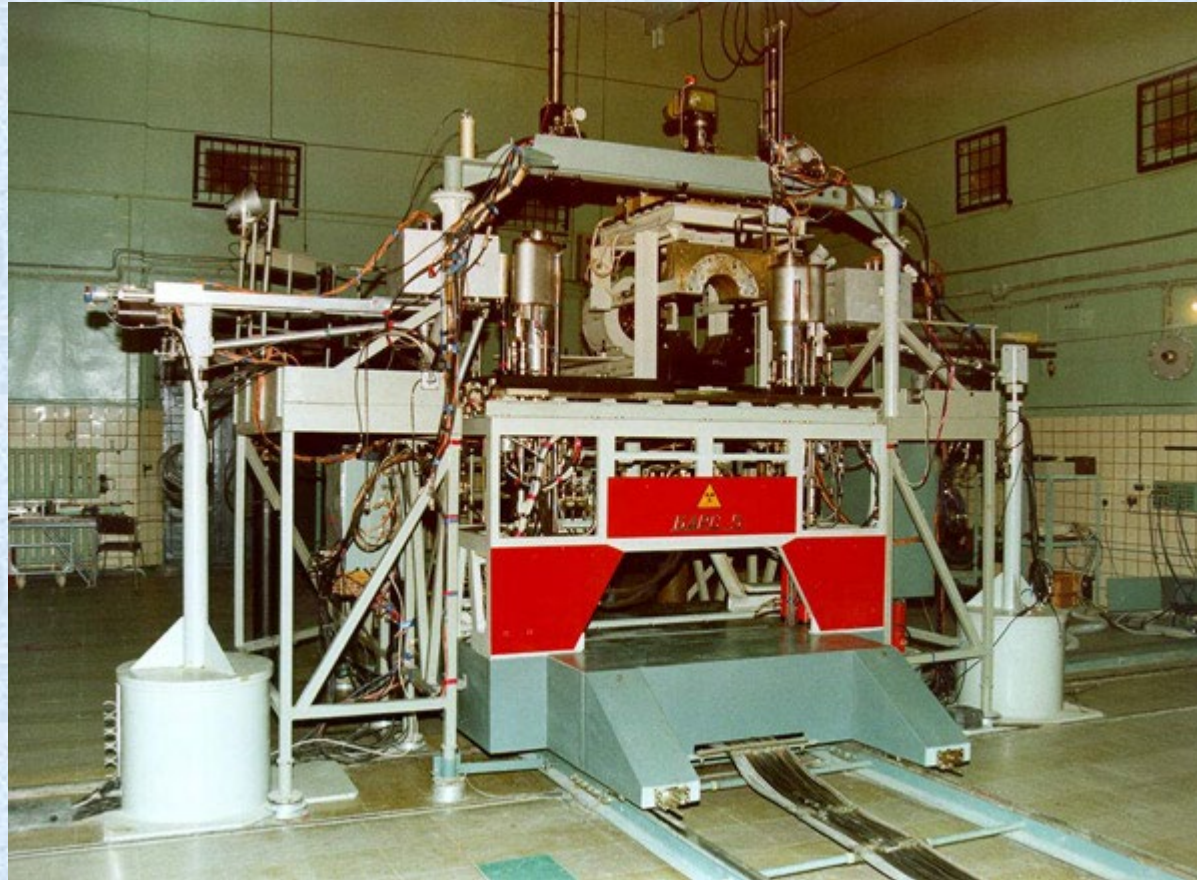
Граф генезиса ИБРа

Английские физики – «бомбилы».  
Второй слева – Отто Фриш



Самогасящиеся ИБРы – отдельное звено в генеалогическом древе импульсных реакторов

БАРС : ВНИИТФ (Снежинск) , ФЭИ (Обнинск)



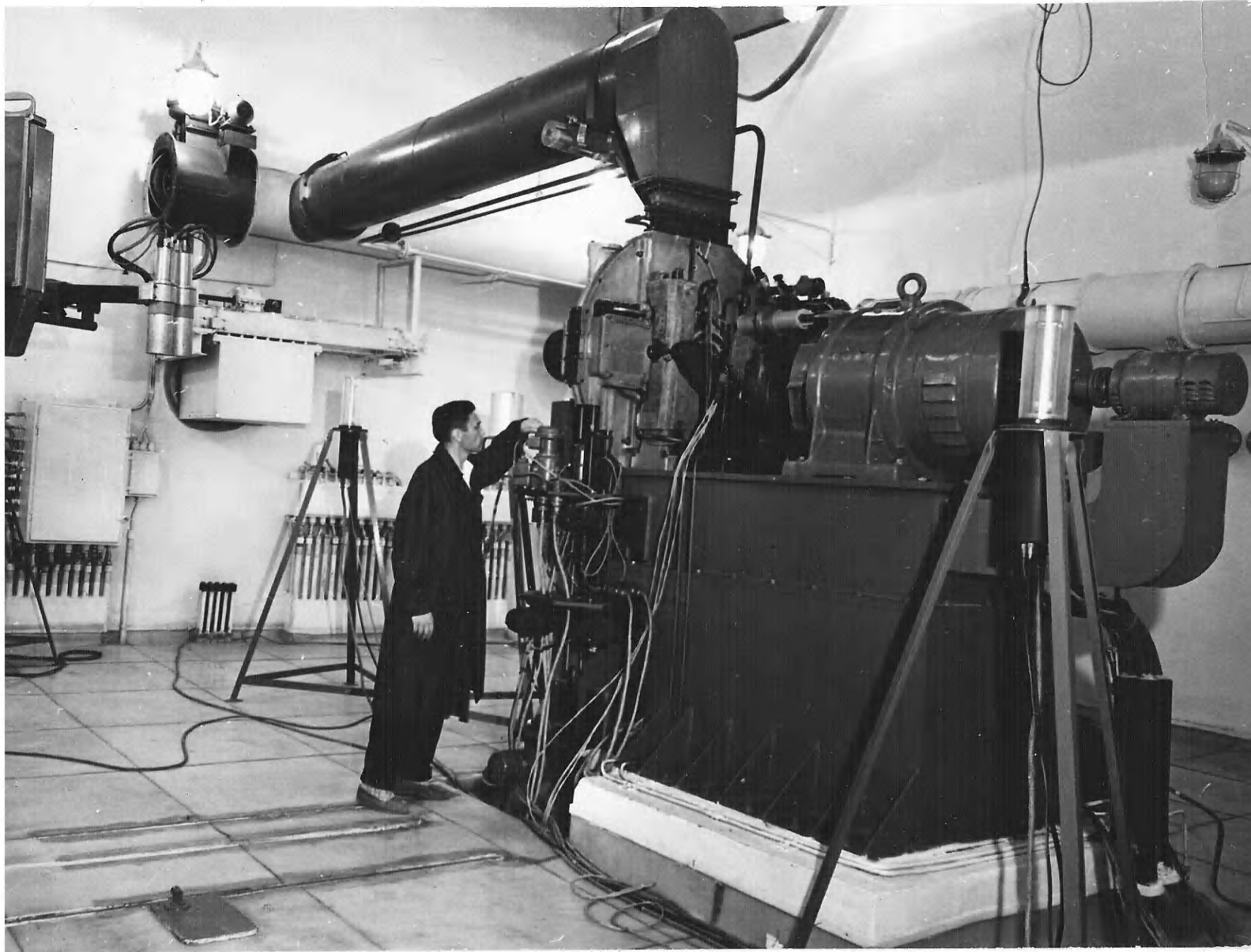


Владимир Федорович Колесов, главный теоретик самогасящихся ИБРов, на пульте ИБР-2





ИБР. 1960 год. В.П. Зиновьев, Ф.Л. Шапиро,  
Ю.Я. Стависский и И.И. Бондаренко.





*Сорок лет пульсирующим реакторам.  
На теплоходе по Волге.*



# Генезис п.р.



Клаус Фукс



Отто Фриш, 1945

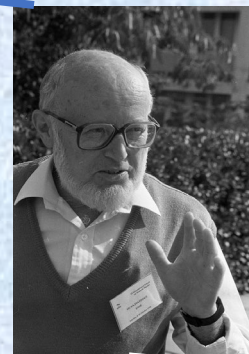
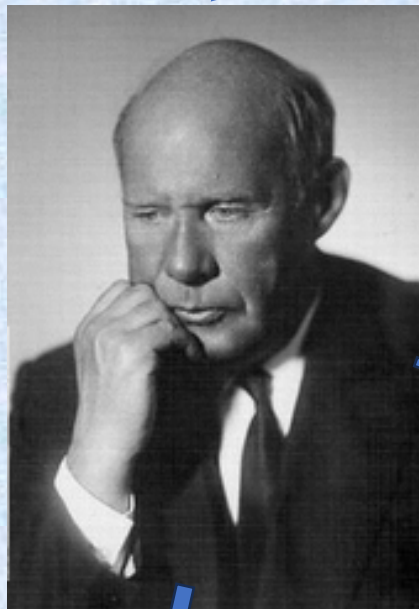


Д..И. Блохинцев

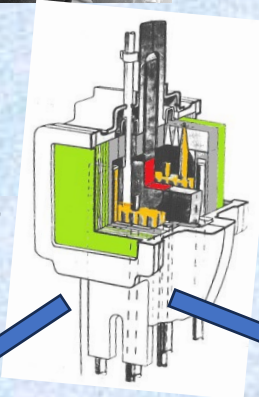


БР-5, 1959 .

А. И. Лейпунский и др.



Ю.Я. Стависский

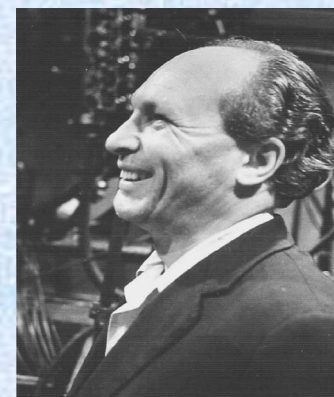


ИБР,  
1955,  
1960

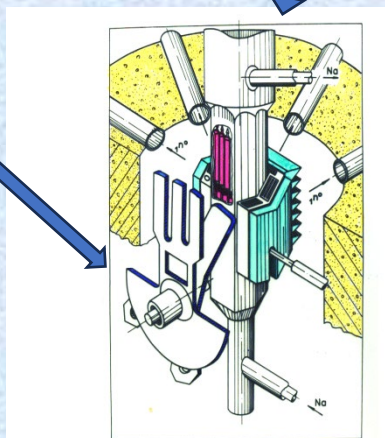


И.М. Франк

ИБР-30, 1969



.Ф.Л. Шапиро



ИБР-2  
1966,  
1984

?

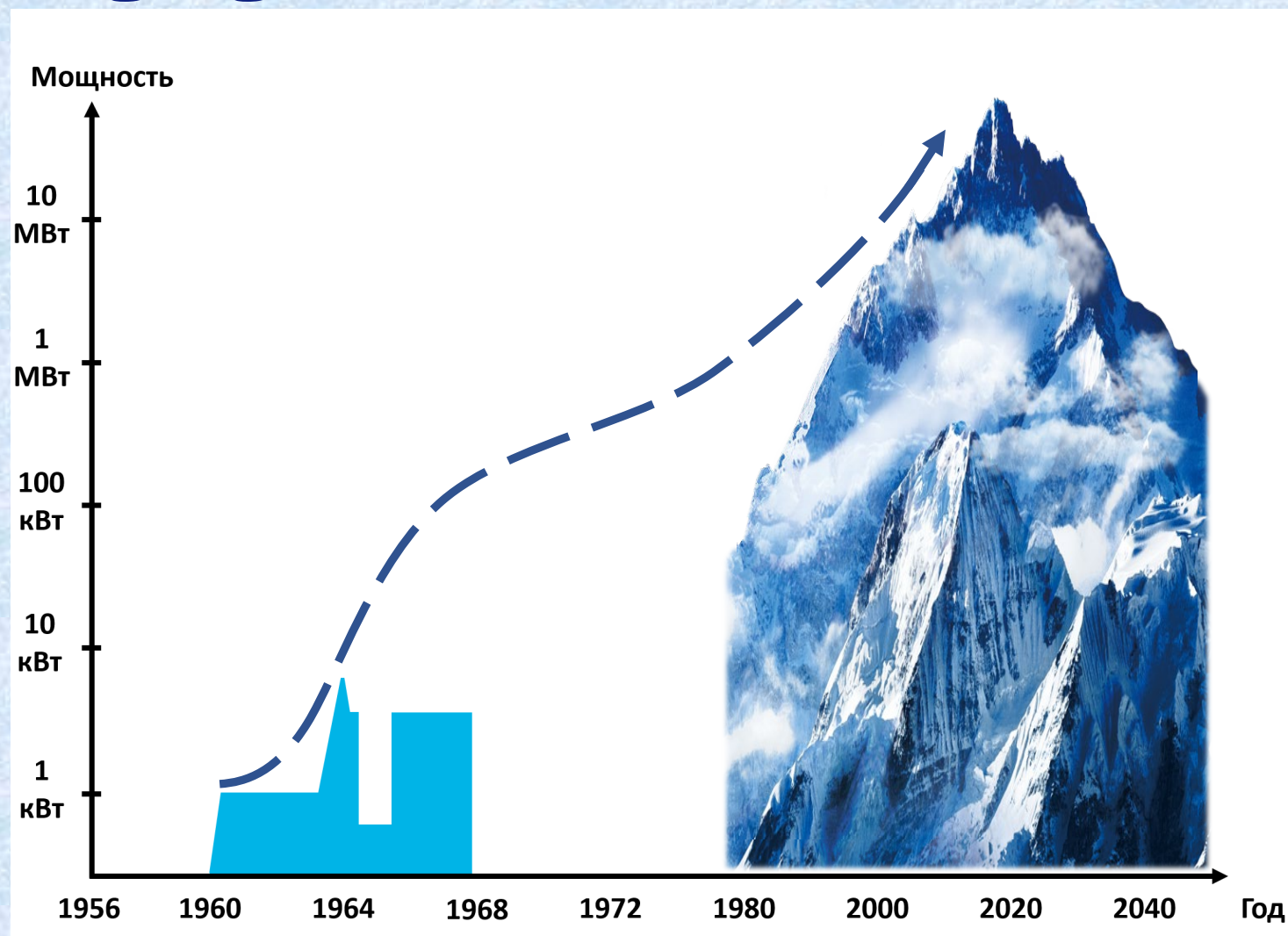
?

# ИБР



Федор Львович Шапиро —  
ЛИДЕР ВОСХОЖДЕНИЯ

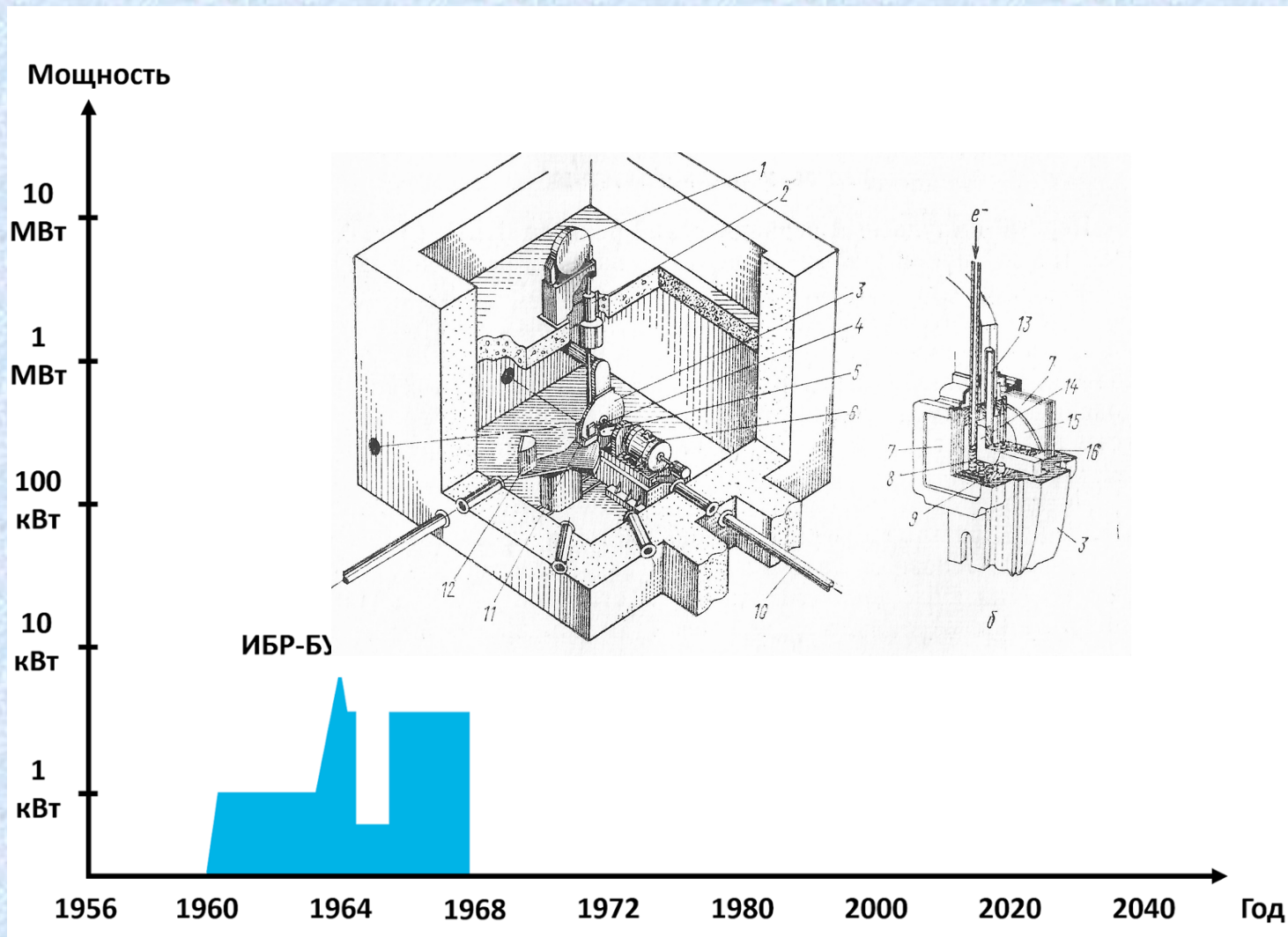
**БОЛЬШЕ МОЩНОСТИ!**



# 1965-1967

август 1968  
открытие УХН

## ИБР-БУСТЕР





# Вехи истории ИБР-2

Дата	Событие	Люди, коллективы	Прим
<b>1964</b>	Понимание неполноценности бустера ИБР+микротрон как источника нейтронов для ЛНФ, Начало исследования новых возможностей	Ф.Л. Шапиро, И.М. Франк Г. Погодаев, Е. Шабалин, И. Матора	
1965 год	Проект SORA и решение о создании импульсного реактора большой мощности и бустера на основе модернизированного ИБРа	Д.И. Блохинцев и И.М. Франк. Компромисс	
<b>1966, ноябрь</b>	Создание отдела ИБР-2 (ИРМ)	Нач. Ю.С. Язвицкий, гл. инж. В.Д. Ананьев	
1969 год	Начало строительства		
1967-1971 (?)	Проект ИБР-2 (ИРМ) , 4 МВт	НИКИЭТ , ВНИИНМ, ОИЯИ А. И. Хоперский, Ю.М. Булкин, И.С. Головнин, В.Д. Ананьев, Н.А. Хрястов, В.М. Назаров и др.	
1975 -1976	критстенд БФС , Обнинск Для подтверждения расчетных данных Труба , зд.117	В.П. Зиновьев, Е.П. Шабалин, Б.И. Куприн В. Ананьев , Ломидзе и др.	
<b>1977, 30 ноября</b>	<b>Физический пуск ИБР-2 (без натрия)</b>		
1 декабря	Доклад И.М. Франка на УС		
апрель 1978	Конец физпуска, ЭПОС-1		

114

"Утверждаю"

Директор Лаборатории  
нейтронной физики  
ОИЯИ

И. ФРАНК

" " \_\_\_\_\_ 1966г.

*Первое  
приближение*

**ЗАДАНИЕ**

(предварительное) на проектирование установки  
ИБР-2.

Научный руководитель проекта

Д.И. Блохинцев

Начальник отдела эксплуатации реактора

В.Т. Руденко

Старший инженер-физик отдела эксплуатации  
реактора

Е.П. Шабалин

Дубна 1966г.

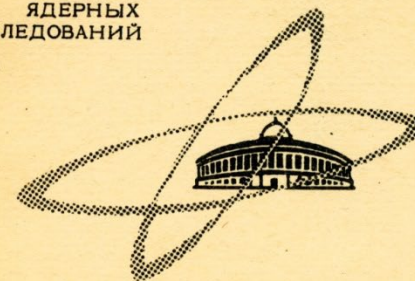
Первое официальное задание  
на проект ИБР-2

и первая публикация  
по ИБРам большой  
мощности

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2708



Е.П. Шабалин, Г.Н. Погодаев

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ИМПУЛЬСНОГО  
РЕАКТОРА НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1966

# Первый отдел (в прямом смысле). Ноябрь 1966



Е. Шабалин, В. Навроцкий , В. Назаров, Ю. Язвицкий, Б.Куприн и В. Ананьев

*Памятные  
даты,  
как камни в  
саду Рёандзи*



## Ключевые годы

- 1960 – пуск ИБР
- 1966- начало проекта
- 1969 – начало строительства ИБР-2
- 1977 -физический пуск
- 1980 – «рождение» ИБР-2
- 1982- 1 МВт и первые эксперименты
- 1984 – проектная (?) мощность
- 2004 – новый ПО
- 2011 – ИБР-2М
- 2023 – объяснение эффекта автоколебаний (через 40 лет!)



1969



1975

Из «Трубариады» , С. Зинкевич и В. Ломидзе.

По Маяковскому:

«Обоюдокруглая, длинная, саженой во сто,

Красно–буро–смуглая,

В небо ткнулась востро.

Небо злостью крысится,

Пялюсь вместе с публикой –

Экая Дура высится

Над моей Республикой!»

В 1975 вселились в башню 117

*Эпизод субботника на стройке ИБР-2 из фильма «Это было...было»*

- [Это было было... \(2\)](#)



Такое больше  
1977 год



не снять!



## Пуск ИБР-2

*Эпизод на пульте ИБР-2 30 ноября 1977 года из фильма  
«Это было...было» (Ю. Туманов)*

F:\present\_shabalin\ИБР-2-пуск

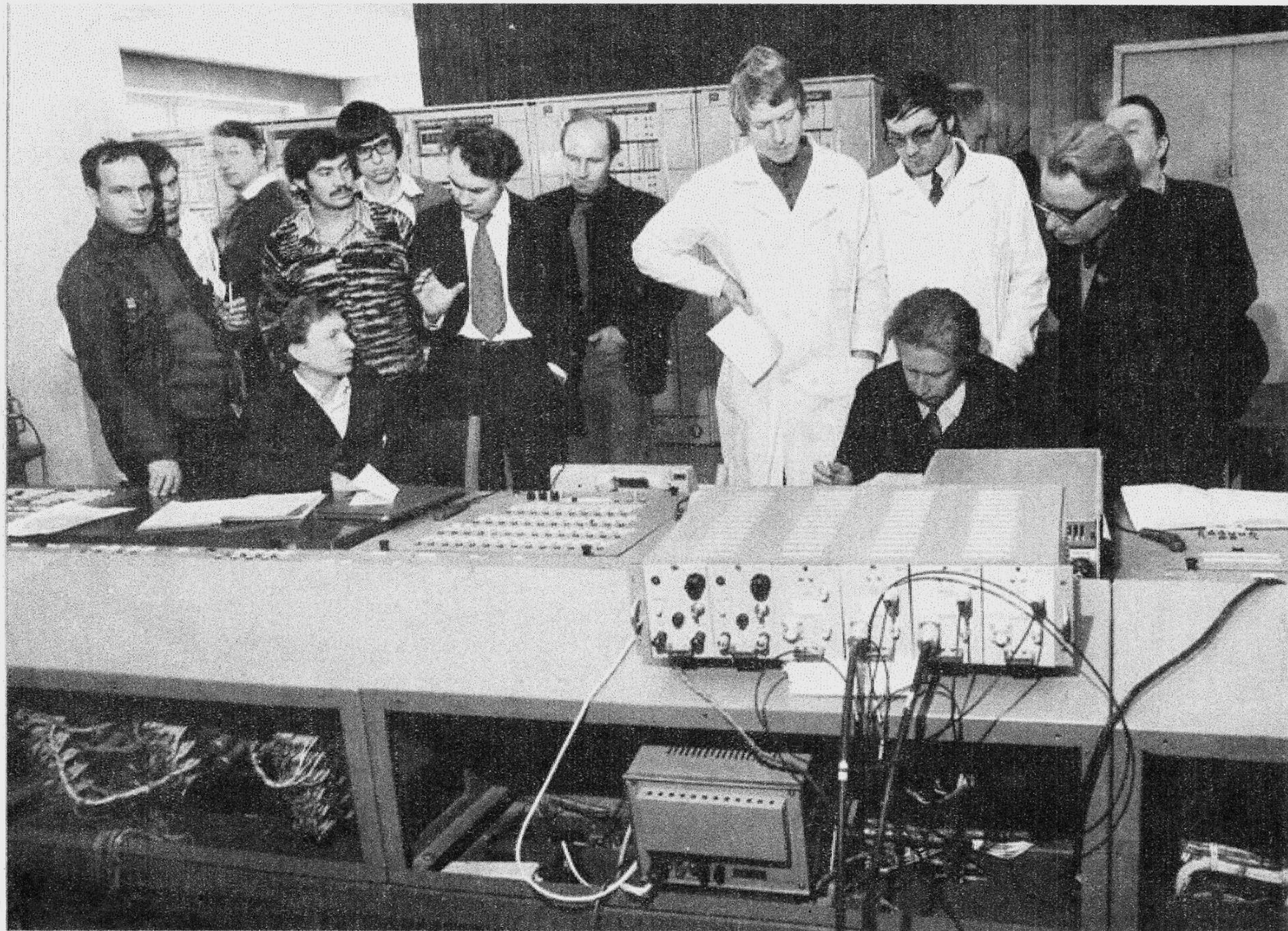
*Памятные  
даты,  
как камни в  
саду Рёандзи*

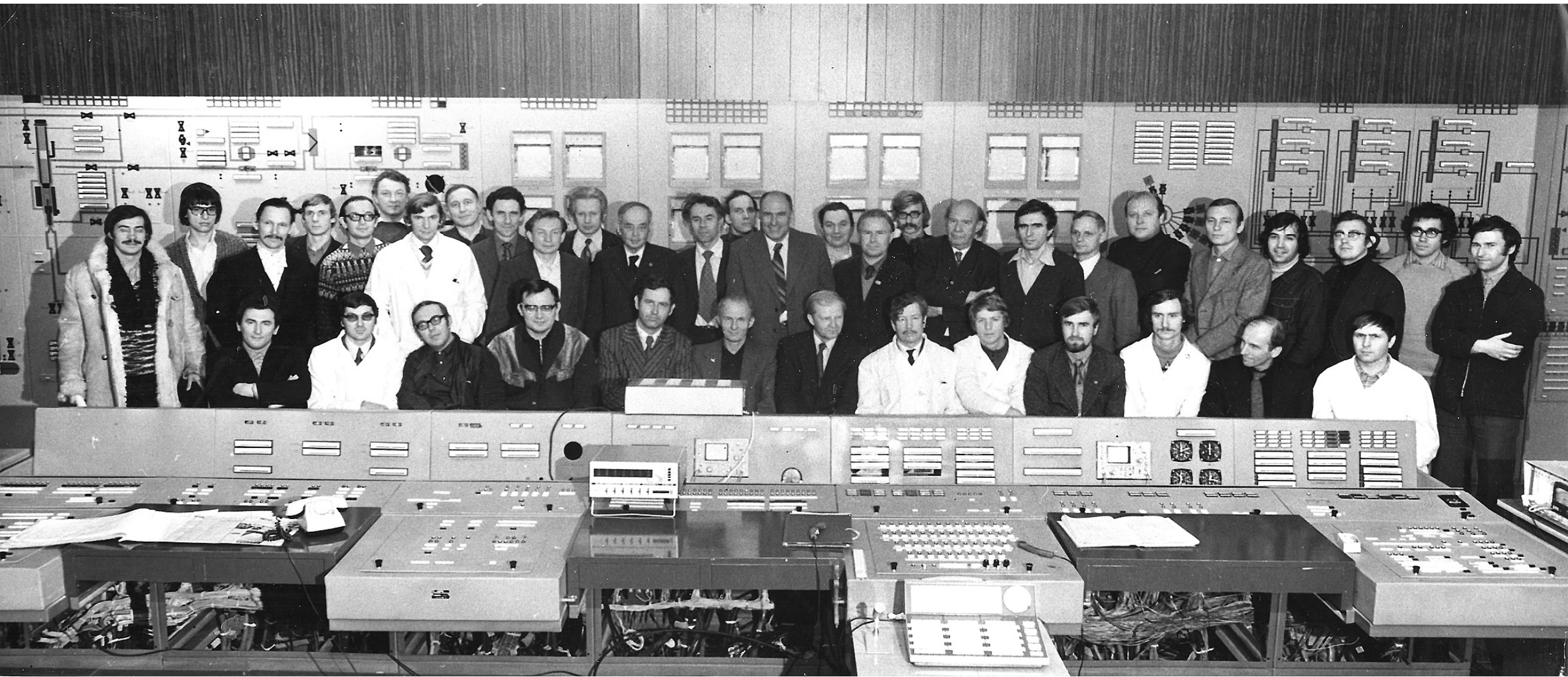


## **Ключевые годы**

- 1960 – пуск ИБР
- 1966- начало проекта
- 1969 – начало строительства ИБР-2
- 1977 -физический пуск
- 1980 – «рождение» ИБР-2
- 1982- 1 МВт и первые эксперименты
- 1984 – проектная (?) мощность
- 2004 – новый ПО
- 2011 – ИБР-2М
- 2023 – объяснение эффекта автоколебаний (через 40 лет!)



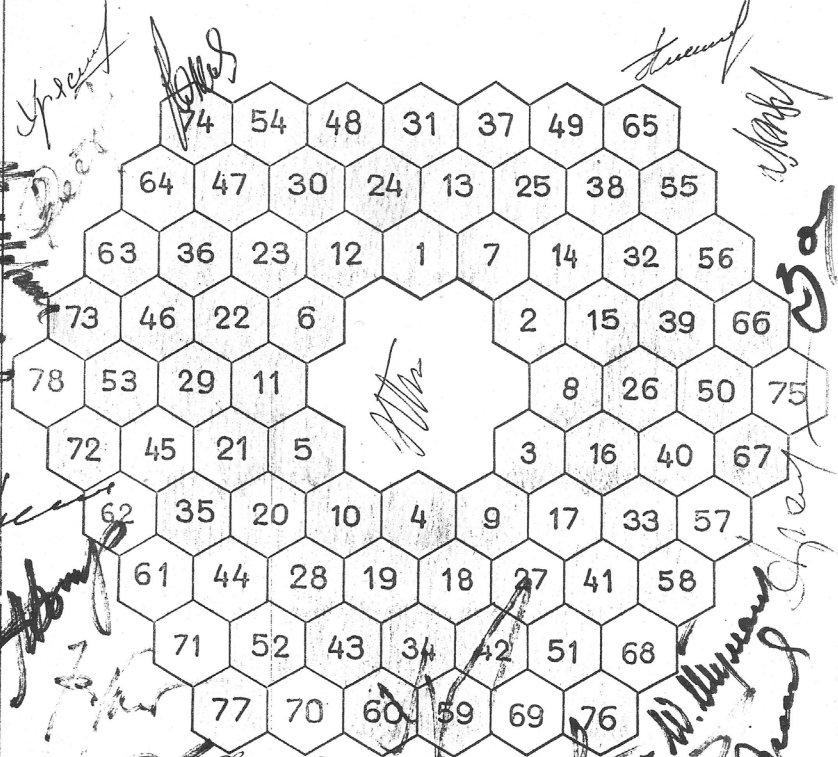








В зоне 70 касет.  
 В таком состоянии, 30 ноября 1977г.,  
 в 16<sup>15</sup> ИБР-2 достиг критичности на зам.  
 добавляемых нейтронах.  
 Разгон с периодом ~100с.



*Handwritten signatures and notes:*  
 - Top left: *Урван*  
 - Top right: *Курман*  
 - Middle right: *М.М.*  
 - Bottom center: *баран*  
 - Bottom left: *Андрей*  
 - Bottom right: *В.М.*  
 - Bottom center: *И.И.*  
 - Bottom left: *В.И.*  
 - Bottom center: *И.И.*  
 - Bottom right: *И.И.*  
 - Bottom center: *И.И.*  
 - Bottom left: *И.И.*  
 - Bottom center: *И.И.*  
 - Bottom right: *И.И.*

Нумерация ячеек в опорной  
 решетке а.з. ИБР-2

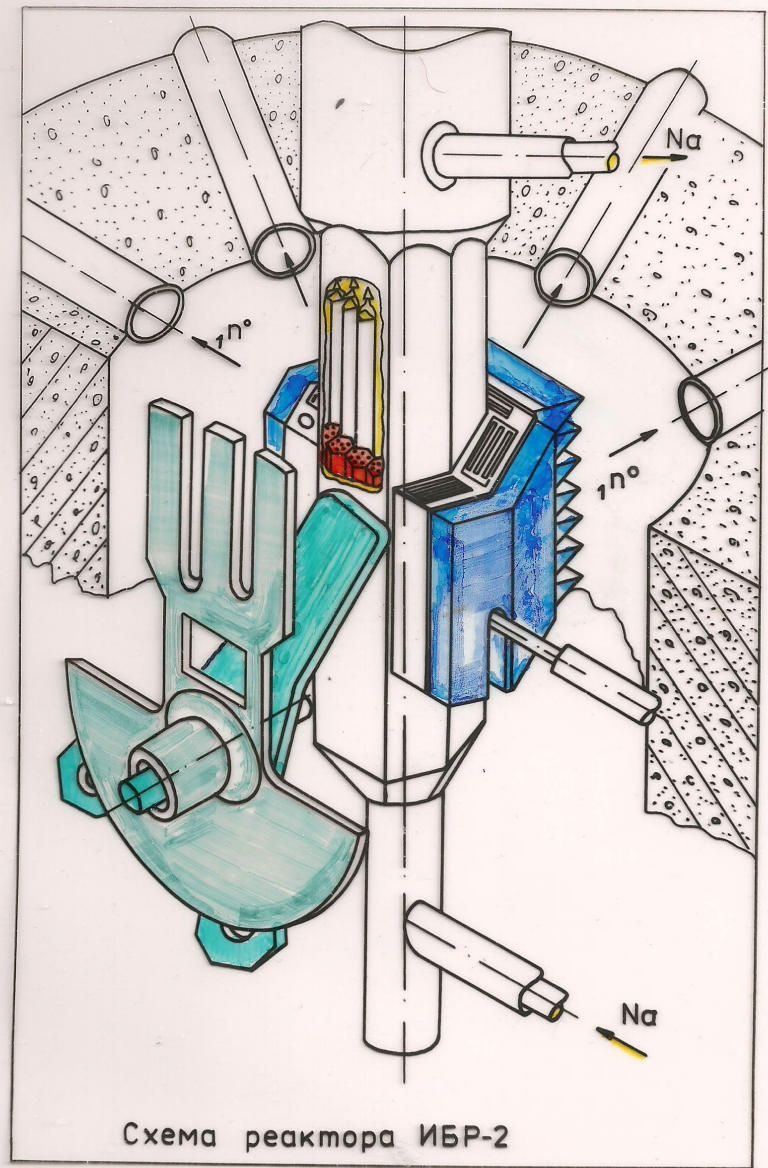
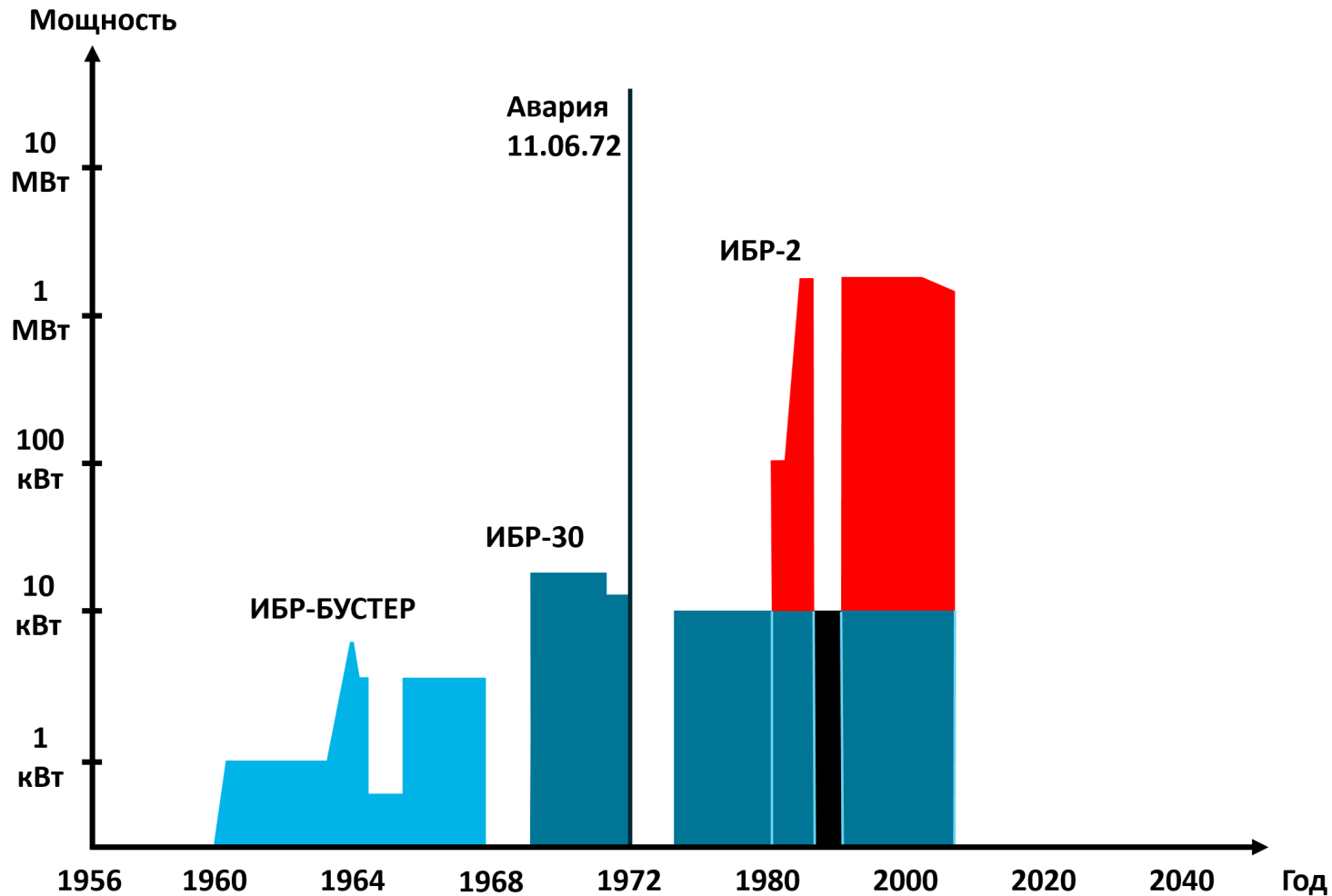
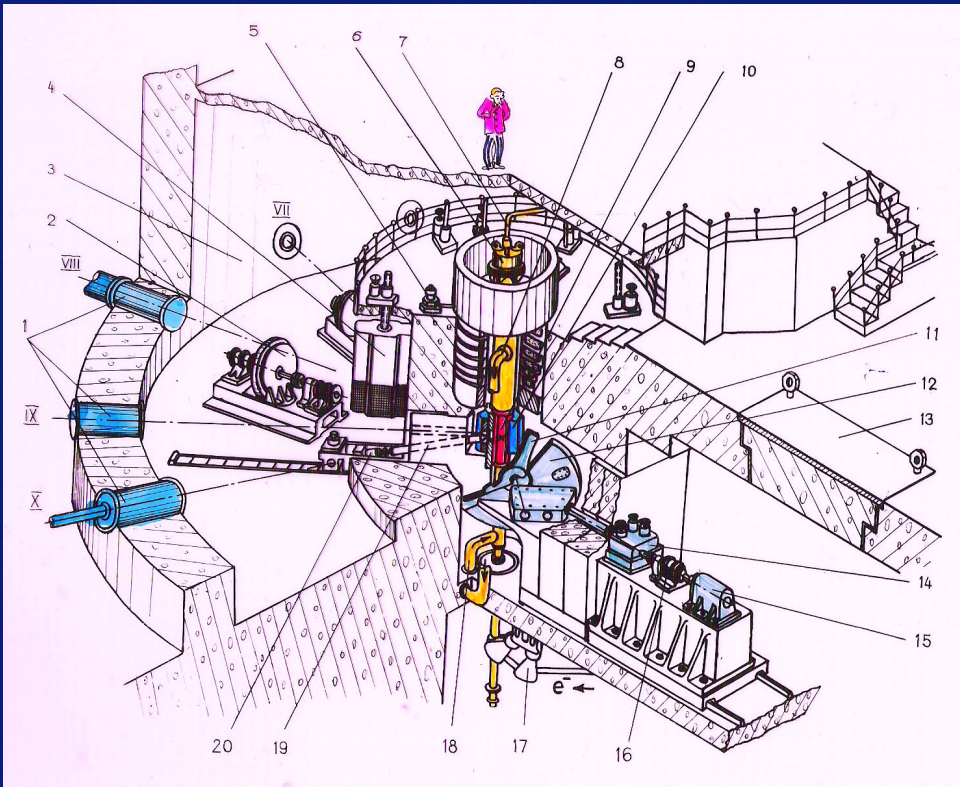


Схема реактора ИБР-2

# ИБР-2

## КОМПЛЕКС РЕАКТОРА С ПУЧКАМИ



## Непредвиденные эффекты при пуске (*хорошие, плохие и нейтральные*):

Высокая точность расчета критмассы

Малая эффективность МР ТОО - увеличение длительности импульса из-за теневого эффекта.

Большой источник нейтронов - забыли про реакцию ( $\alpha, n$ )

Деформации стационарного отражателя (ограничение по АЗ)

Сильная зависимость мощностного эффекта от мощности

Отсутствие эффекта выгорания топлива (в первые 3 года)

Самопроизвольное снижение мощности в цикле

Положительный эффект реактивности при сливе воды

Положительный эффект реактивности от расхода

натрия (точнее - от подогрева натрия) - колебательная неустойчивость в определенной области  $P, G$ )

# ПО эпопея

1971-2004



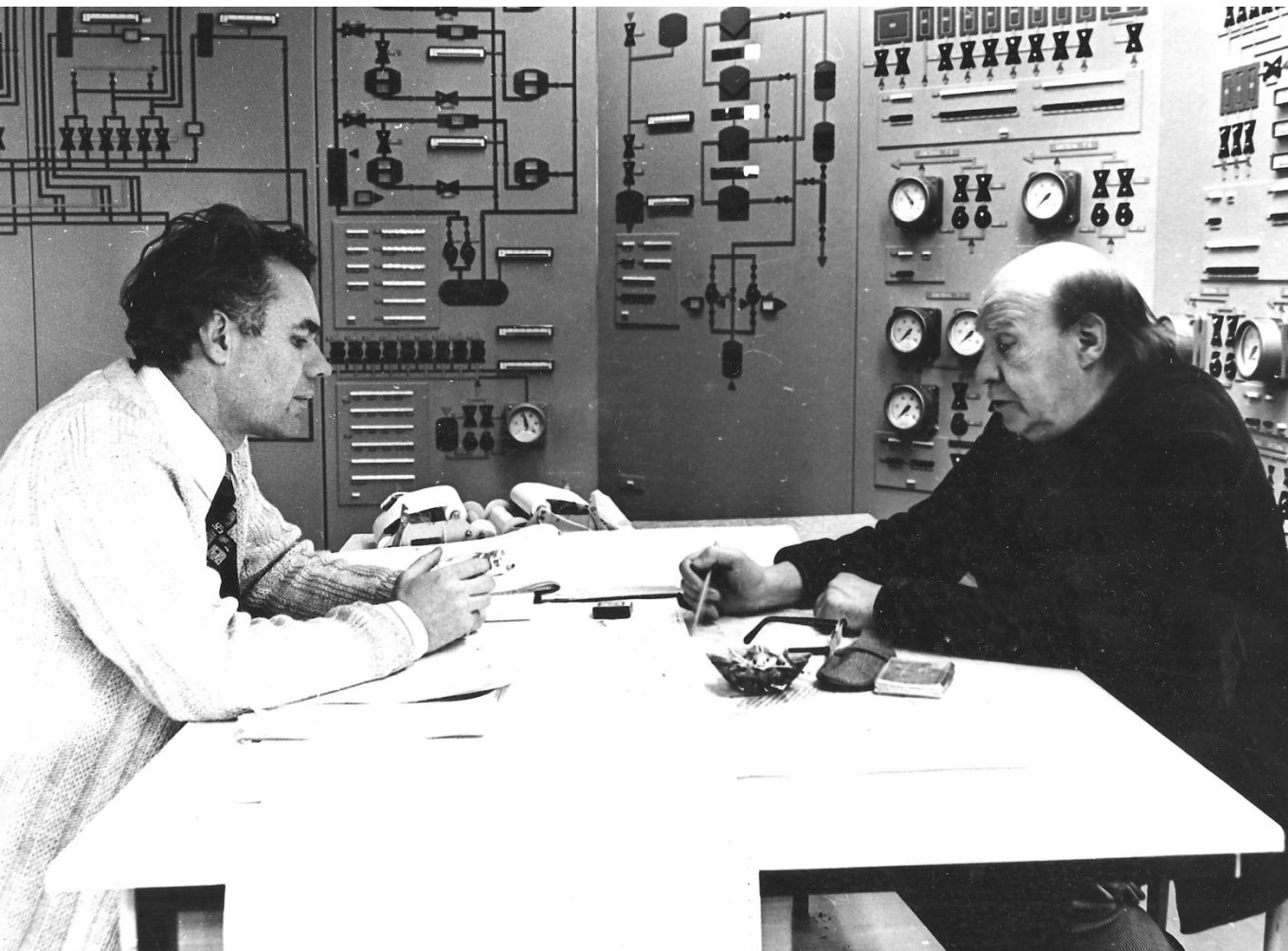
ЭВОЛЮЦИЯ ФОРМЫ РОТОРОВ		ПОДВИЖНОГО	отражателя
<p>Название: Name of version</p>			<p>Недостаток: Deficiency</p>
<p>1. Первый промышленный вариант "Баженов" 1967-1972 Классический вариант</p>			<p>Вращение 2000. Диаметр отрезания 2000</p>
<p>2. "Джок" 1973-1978 2100</p>			<p>проблема длительной эксплуатации highly long</p>
			<p>длинный импульс плохая радиационная стойкость highly is still long high tolerance for radiation</p>
<p>3. "Трубуца" 1980-1985 Труба - ПО-1</p>			<p>длинный импульс radius is still long</p>
<p>4. ПО-2 1987-1994 ПО-2Р 1995</p>			
			<p>сложность изготовления difficult to fabricate</p>
<p>5. Модуляр "гетерогенного типа" ПО-3 (проект) модуль от Института имени Гурья (1990-91)</p>			



Группа участников сборки нового подвижного отражателя ПО-3 для ИБР-2 и ИБР-2М, апрель 2003 г. Фото Ю. Туманова.



# Совещания «штабов»



# Вехи истории ИБР-2, продолжение

Дата	Событие	Люди, коллективы	
<b>1980, 12 декабря</b>	150 кВт – первый выход на мощность 1-ый этап энергопуска:, начало 1 октября 1980 («The first October is too late»)		
1981, март - июнь	ЭПОС-2 , Окончание 1-го этапа		
<b>1981, декабрь - 1983, июль</b>	2-ой этап энергопуска, 3735 часов работы на мощности до 2-х МВт на 25 Гц		
<b>1982, 9 апрель</b>	<b>2 МВт на 25 Гц</b>		
1982, полгода	Планово-профилактические работы ППР	<i>Н.Н, Боголюбов</i>	
<b>1983, 3 марта</b>	1 МВт, 5 Гц		
<b>1984, 9 февраля</b>	Разрешение на эксплуатацию 2 МВт		
<b>1984, 9 апреля</b>	<b>2 МВт на 5 Гц – последний праздник</b>		
2006 год	Завершение работы ИБР-2, ~50000 час.		

*Памятные  
даты,  
как камни в  
саду Рёандзи*



## Ключевые годы

1960 – пуск ИБР  
1966- начало проекта  
1969 – начало  
строительства ИБР-2  
1977 -физический пуск  
1980 – «рождение» ИБР-2  
1982- 1 МВт и первые  
эксперименты  
1984 – проектная (?)  
мощность  
2004 – новый ПО  
2011 – ИБР-2М  
2023 – объяснение  
эффекта автоколебаний  
(через 40 лет!)



Листы дневника 1982 и 1984 года

8-9 апреля.

Наметили выезд на 2МВт со сбросом АЗ.

Выезд не состоялся, т.к. У.М. уехал в Москву до 14<sup>00</sup> и просил без чего не донимать 2МВт.

12<sup>00</sup> работали на 0,9МВт, а 13<sup>00</sup> - на 1,1МВт (две ступени асинхронического МДР в районе 1МВт).

13<sup>00</sup> было 3 сброса. Получили, что на 0,9МВт МДР - максимален.

13 и 14 апреля было несколько сбросов АЗ по призывам отключить, а также по невольным причинам.

↓ (оба раза в отношении к 12 и 13 апреля)

8 апреля выехали на 1,75 МВт, а 9 апреля уехали - на 2МВт. При показе монитора и терма 2МВт избыточные камеры были на 61% - т.е. 2440 кВт. В дальнейшем увеличили градущ. на канал - 32 кВт/град.

При 2МВт и 28 Гц на пределе ток замерились и мы получили рекордный для нас сброс. И об этом - 2.10.15 не забыть! Ура!

При сбросе с 2МВт 1МАЗ не дали до конца выка.

Через 2 часа после выезда на



АПР

Апрель 1984.

Два раза сбросы...

1) С утра выехали на 1,75 МВт с 14.00 - 23.00. Но сбросов не было.

2) Вынужден просмотрели свои камеры, но сбросов не было. (сбросов не было, а также "сбросов").

3) 14.45 - мощность по монитору 1,66 кВт. Одновременно конуса по углу зрения температура воздуха. Факт конуса. Это значит, что  $\sigma = 0,28$  (вместо 0,33).

12.50 мощность за 50' - 1,662

4) Результаты сбросов на 1,75 МВт см. в табл. за 10 апреля.

5) На 1,66 МВт сбросили камеры камерной. (см. табл. за 10 апреля) (с записью на ЭВМ)

6) После 14.00 мы пошли в путь по двум камерам камерной (к камерам в коридоре), которые там, что 20 апреля факт - использовали загрузку в камере



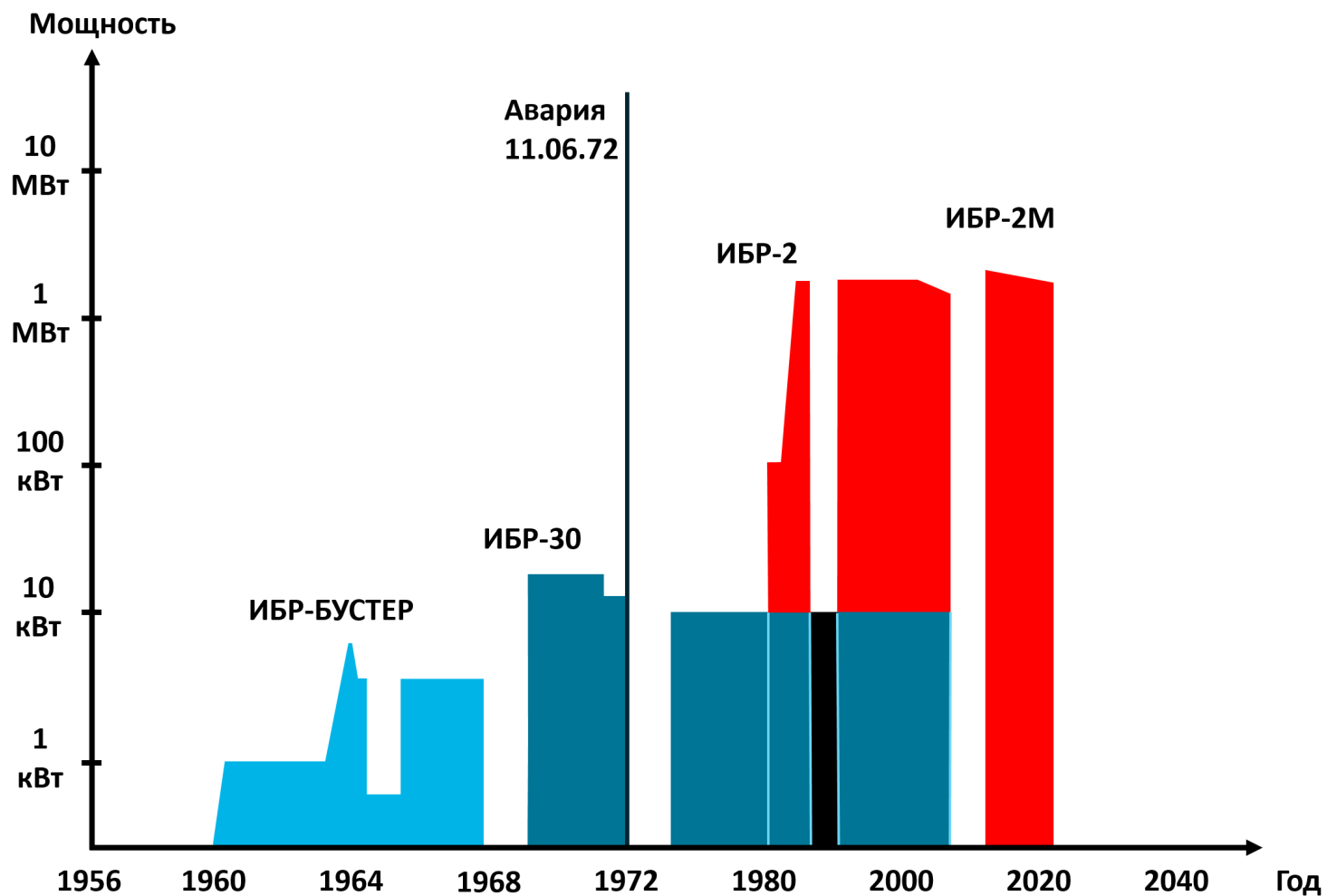
2007



ADVANCED PULSED  
NEUTRON SOURCES  
PANS-II  
10 YEARS WITH IBR-2  
DUBNA, RUSSIA  
June 14-16, 1994

# ИБР-2М

## РЕШЕТЧАТЫЕ ПОДВИЖНЫЕ ОТРАЖАТЕЛИ



*Памятные  
даты,  
как камни в  
саду Рёандзи*

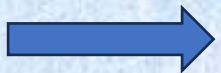


## Ключевые годы

1960 – пуск ИБР  
1966- начало проекта  
1969 – начало  
строительства ИБР-2  
1977 -физический пуск  
1980 – «рождение» ИБР-2  
1982- 1 МВт и первые  
эксперименты  
1984 – проектная (?)  
мощность  
2004 – новый ПО  
2011 – ИБР-2М  
2023 – объяснение  
эффекта автоколебаний  
(через 40 лет!)

*Памятные  
даты,  
как камни в  
саду Рёандзи*

*Последний камень*

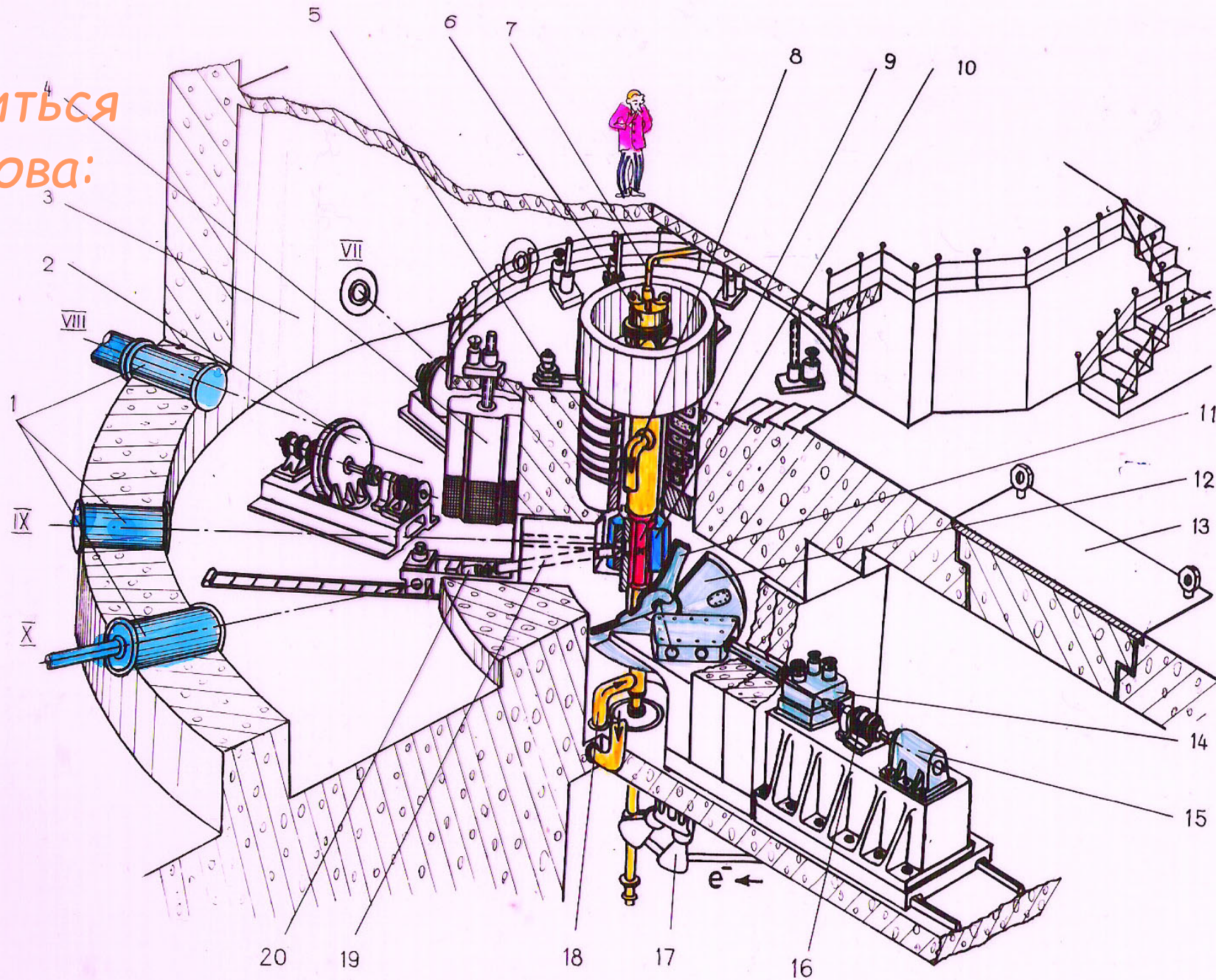


## **Ключевые годы**

- 1960 – пуск ИБР
- 1966- начало проекта
- 1969 – начало строительства ИБР-2
- 1977 -физический пуск
- 1980 – «рождение» ИБР-2
- 1982- 1 МВт и первые эксперименты
- 1984 – проектная (?) мощность
- 2004 – новый ПО
- 2011 – ИБР-2М
- 2023 – объяснение эффекта автоколебаний (через 40 лет!)

Я тобою привык гордиться  
И всегда повторяю слова:

«Самый импульсный,  
самый быстрый  
Наш реактор,  
Наш ИБР-2!»





*Володя Ананьев –  
Незабываемый и  
Незаменимый*

*1935-2017*





*Не плачь, потому что это  
закончилось.*

*Улыбнись, потому что  
это было.*

*Эпизод завершения восхождения из фильма «Это было...было»*

- [Это было было... \(3\)](#)

КОНЕЦ ?

