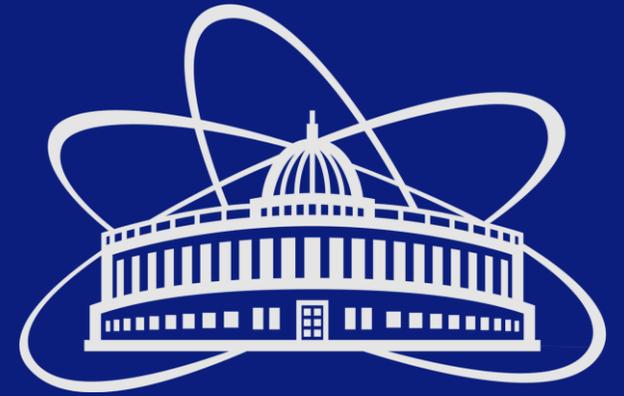


65

Лаборатории
нейтронной физики
лет



Е. П. Шабалин, д-р физ.-мат. наук

**ИМПУЛЬСНЫЕ РЕАКТОРЫ —
ЭТО ДОРОГА ЛНФ,
ИДУЩАЯ В ГОРУ**

Первые импульсы нейтронов 1945 год



Godiva, Лос-Аламос

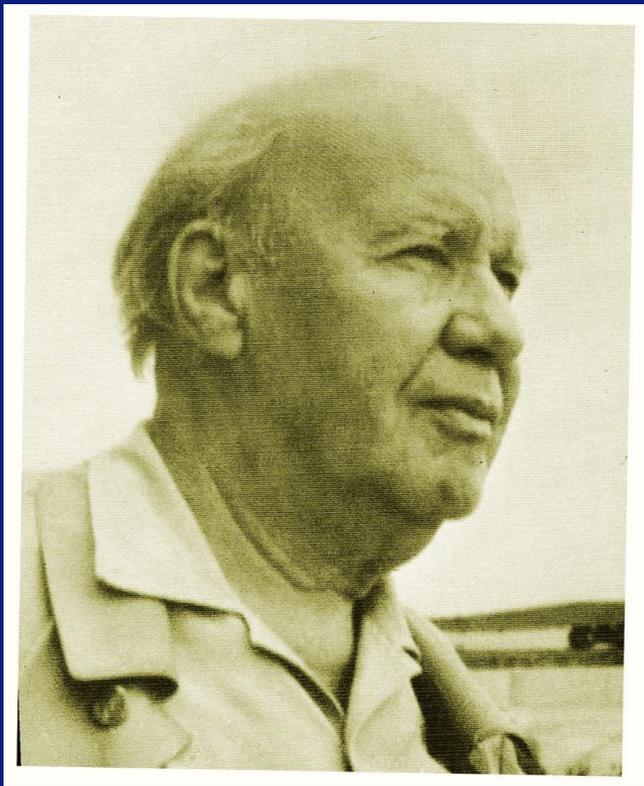
Отто Фриш

Это - начало импульсных реакторов
самогасящего действия

По этому пути «идут в гору»
наши Саров и Снежинск

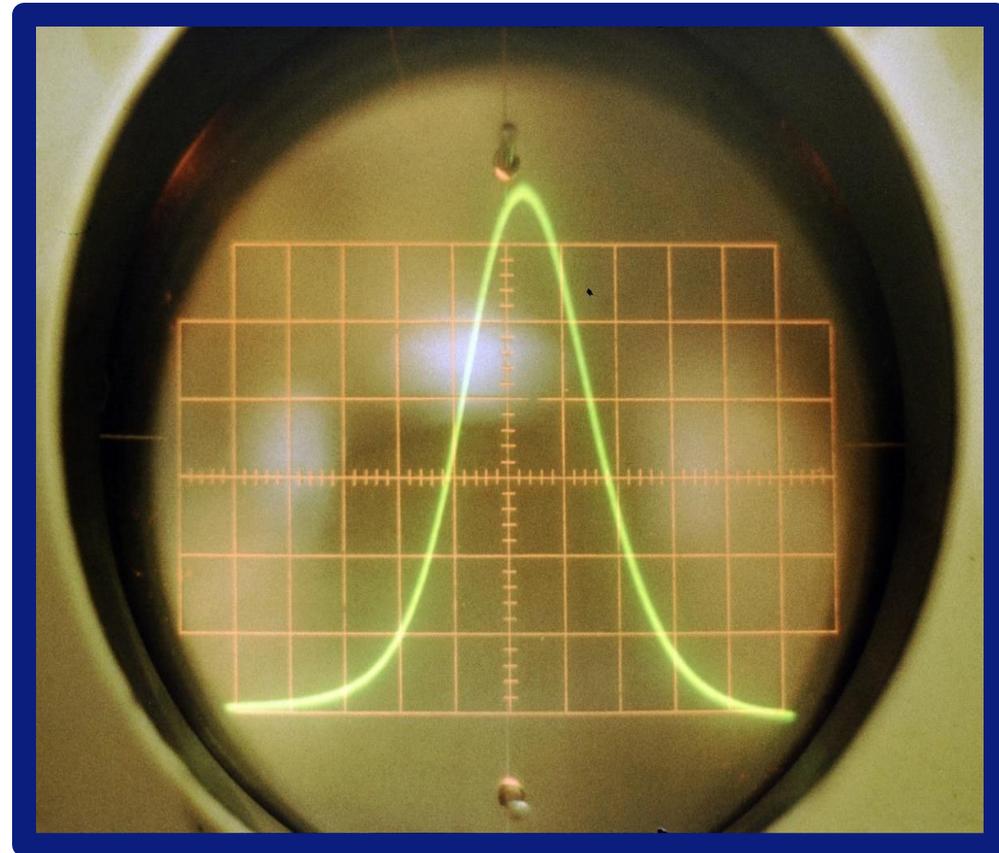
1955

АВТОР ИДЕИ

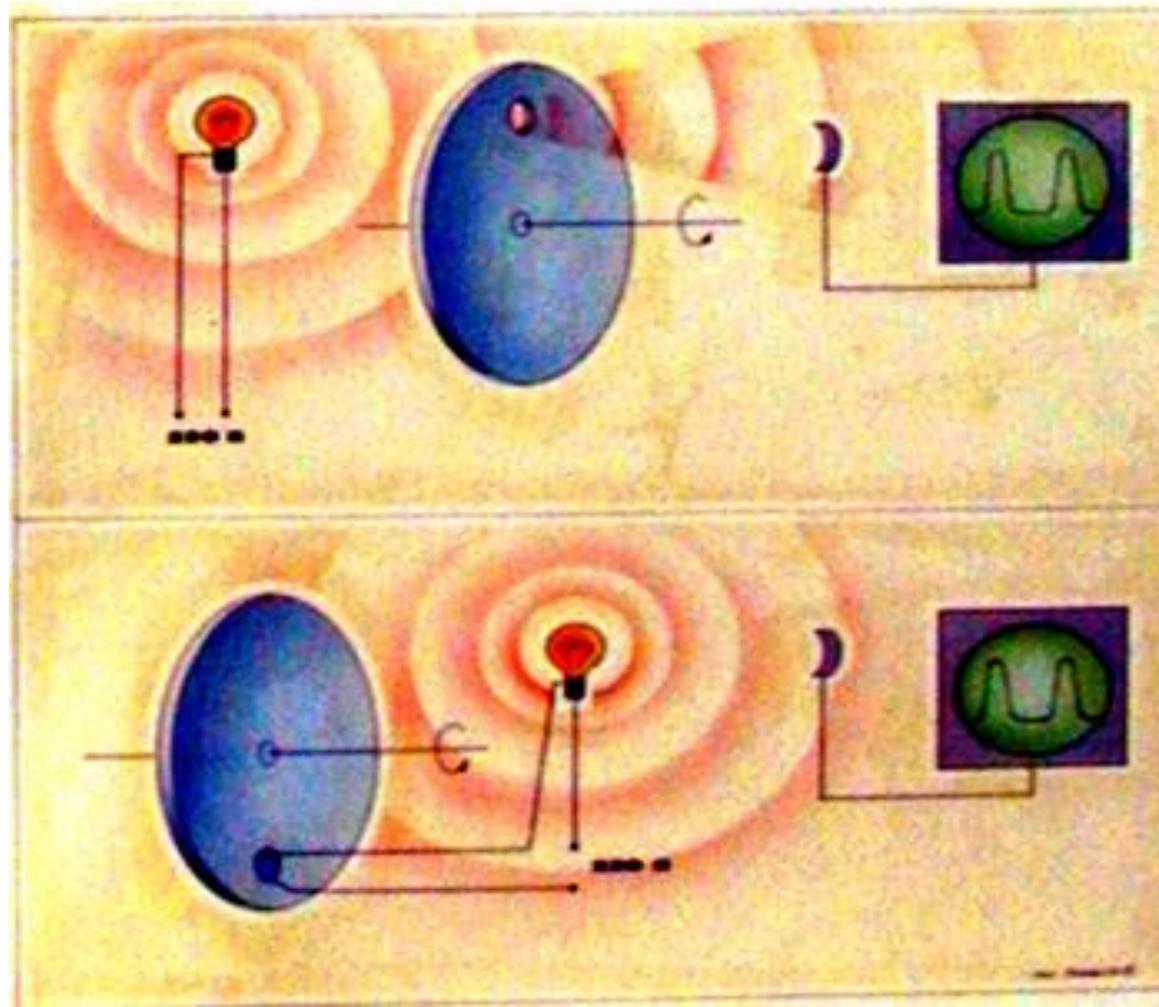


Дмитрий Иванович
Блохинцев

идея пульсирующего реактора, ИБР



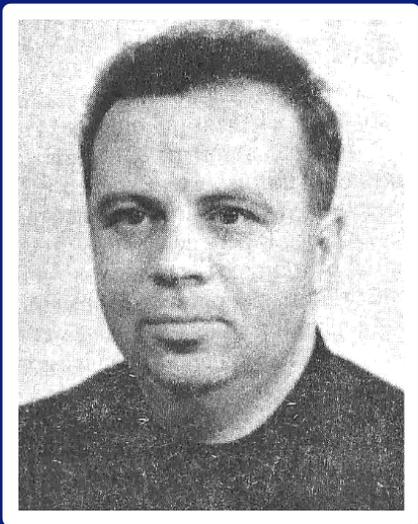
Популярное объяснение принципа ИБР по Блохинцеву



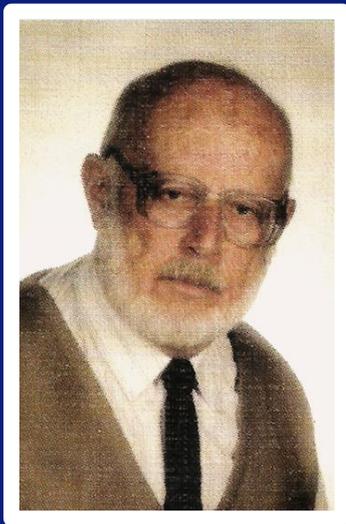
1960-1968

— ИБР

АВТОРЫ ТЕОРИИ



Игорь Ильич
Бондаренко



Юрий Яковлевич
Стависский

Мощность



10
МВт

1
МВт

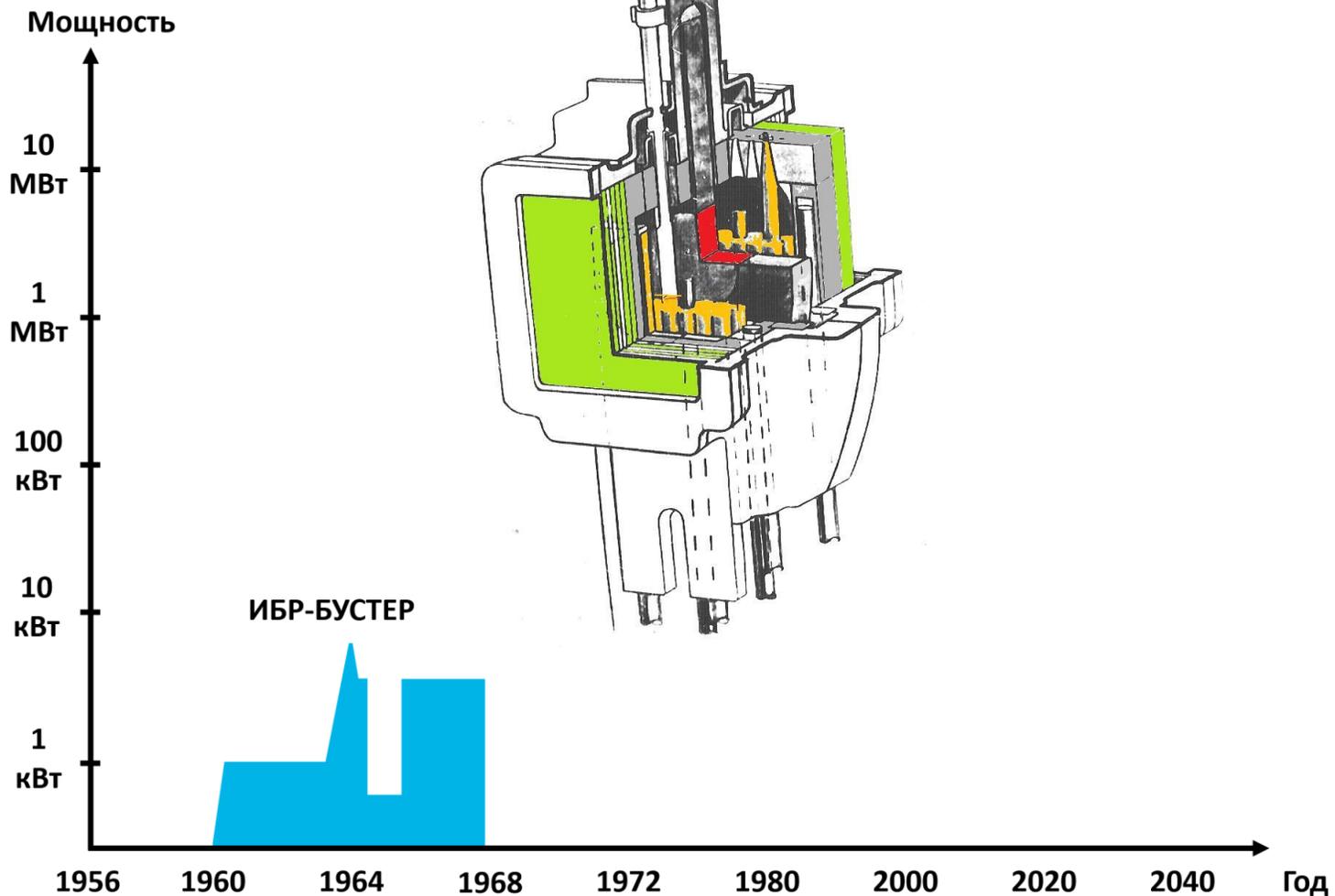
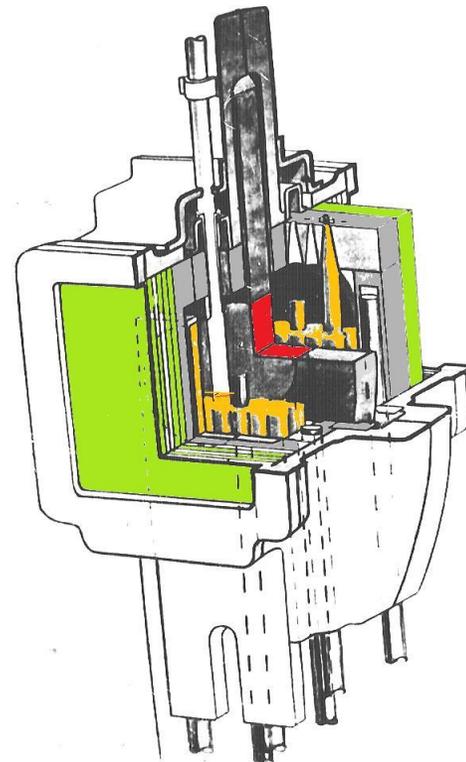
100
кВт

10
кВт

1
кВт

1956 1960 1964 1968 1972 1980 2000 2020 2040 Год

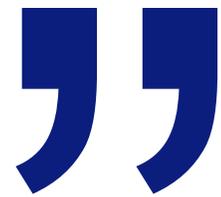
ИБР-БУСТЕР



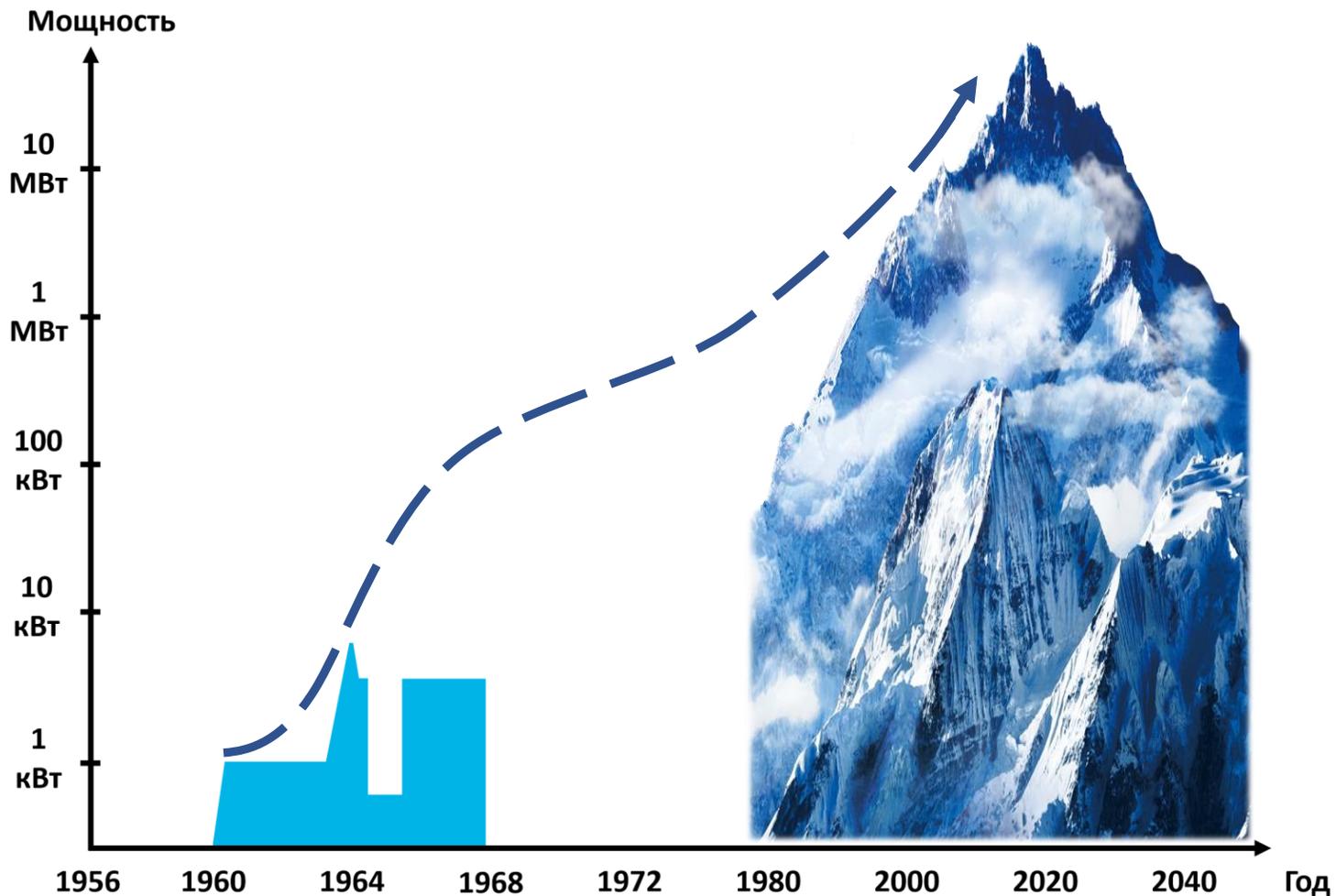
ИБР



Федор Львович Шапиро —
ЛИДЕР ВОСХОЖДЕНИЯ



БОЛЬШЕ МОЩНОСТИ!



1965-1967



ИБР-БУСТЕР

август **1968**
открытие УХН

Мощность

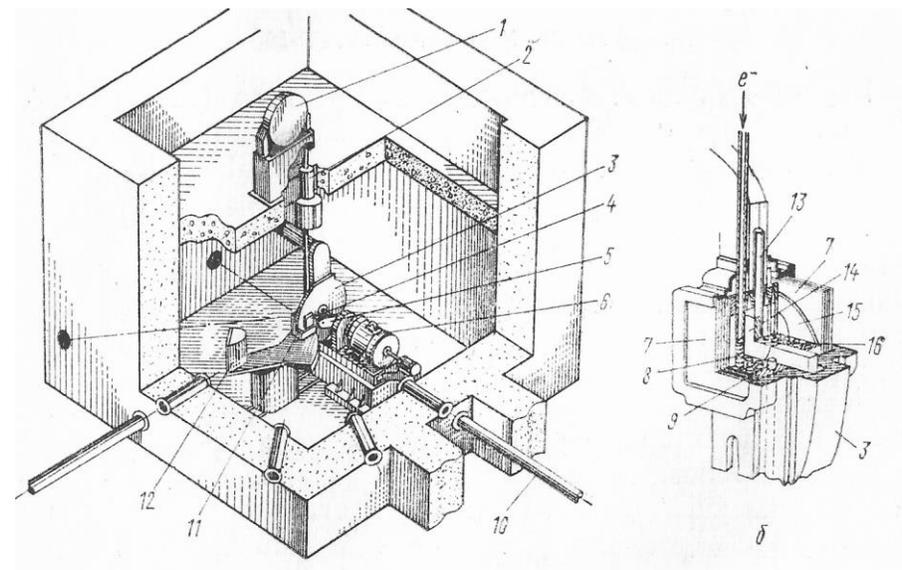
10
МВт

1
МВт

100
кВт

10
кВт

1
кВт



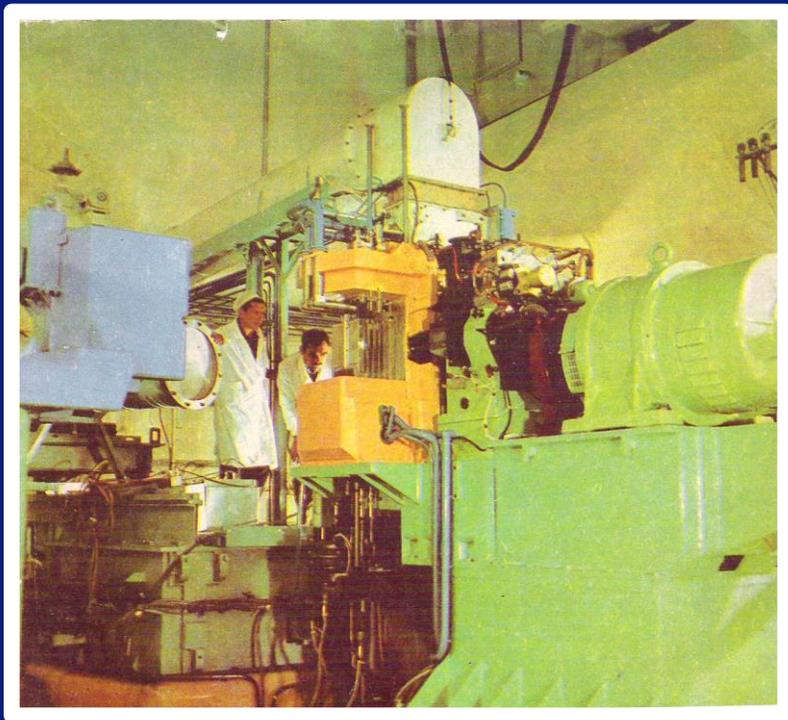
ИБР-БУСТЕР

1956 1960 1964 1968 1972 1980 2000 2020 2040 Год

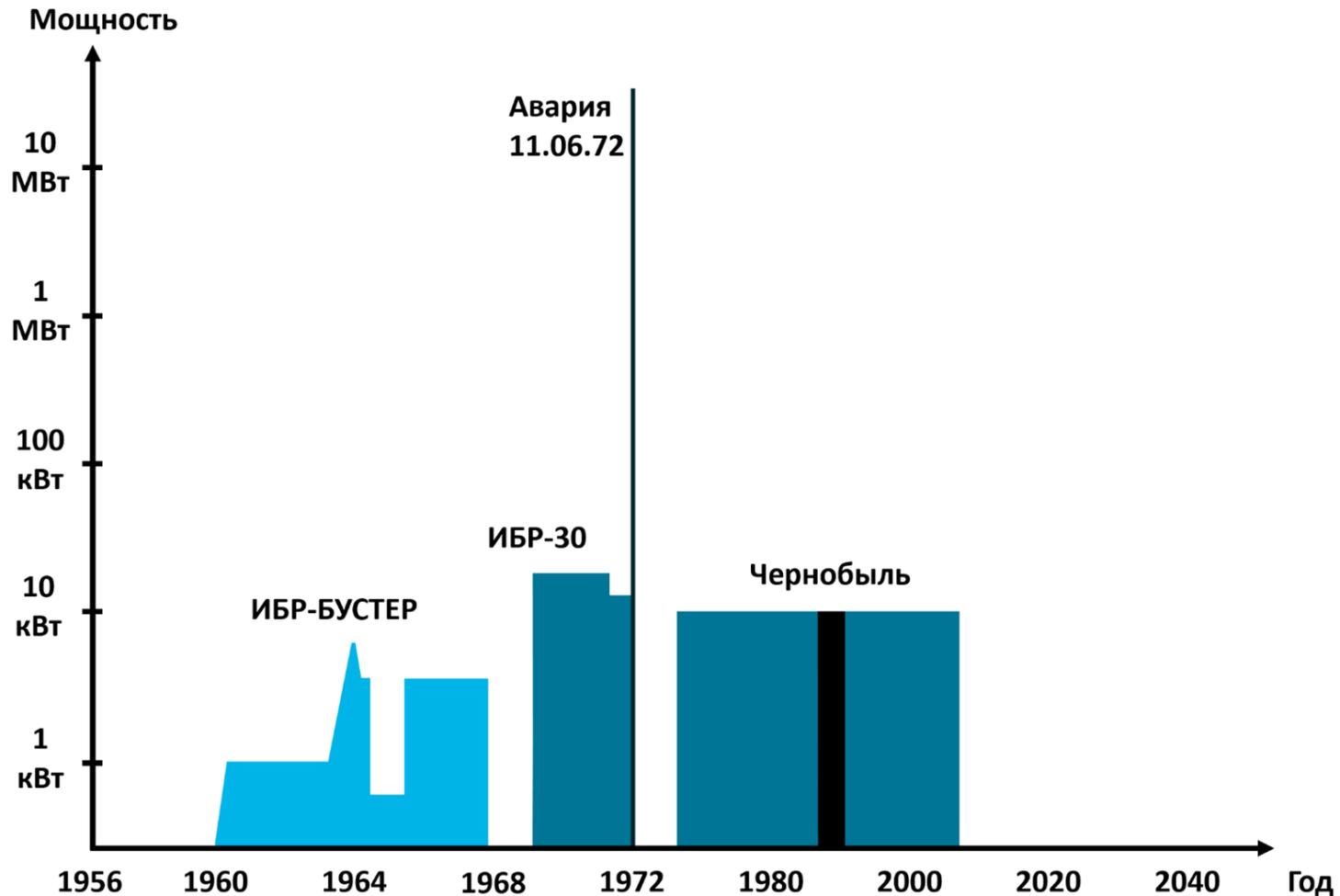


ИБР-30

РЕАКТОР И БУСТЕР

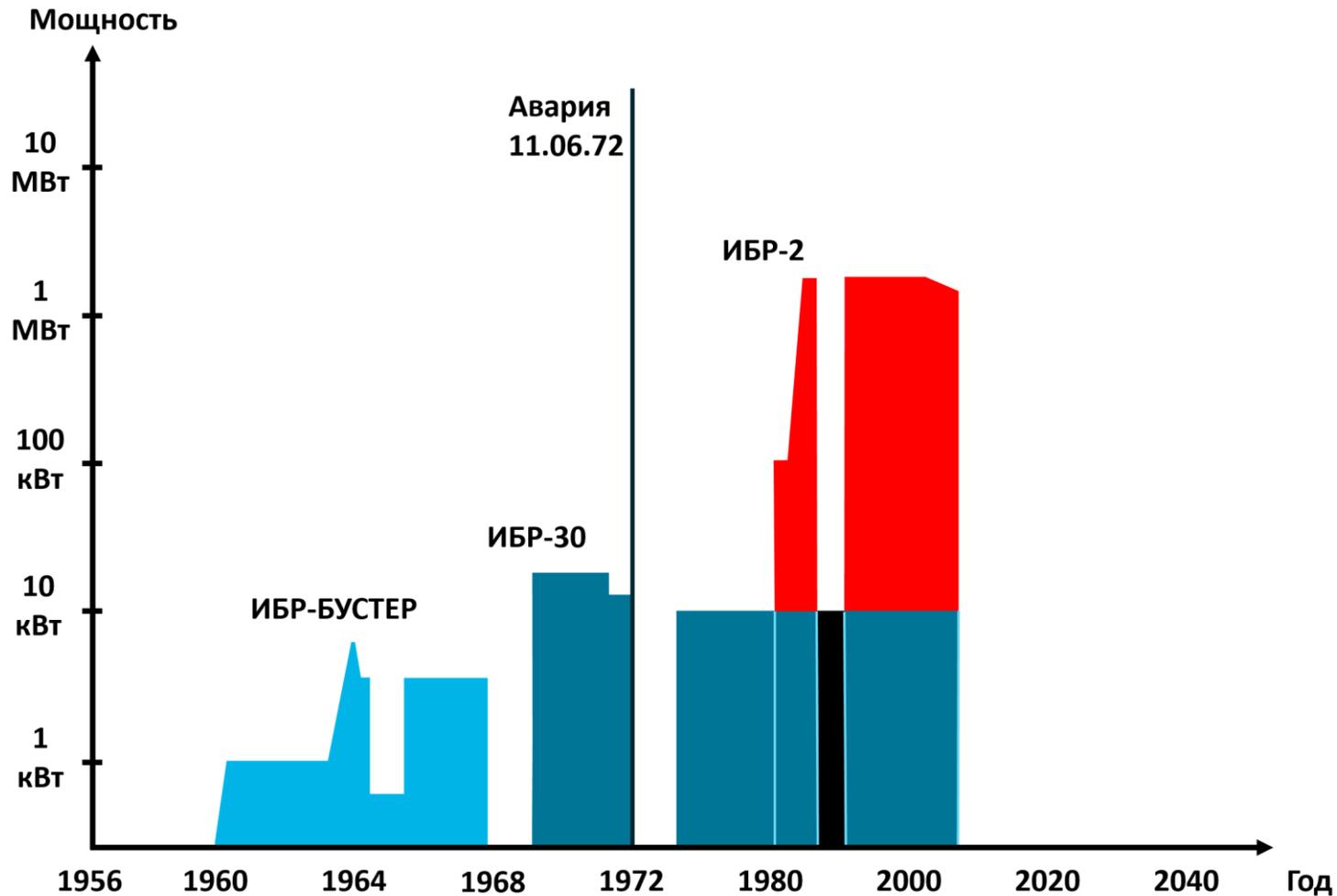


1969-2001



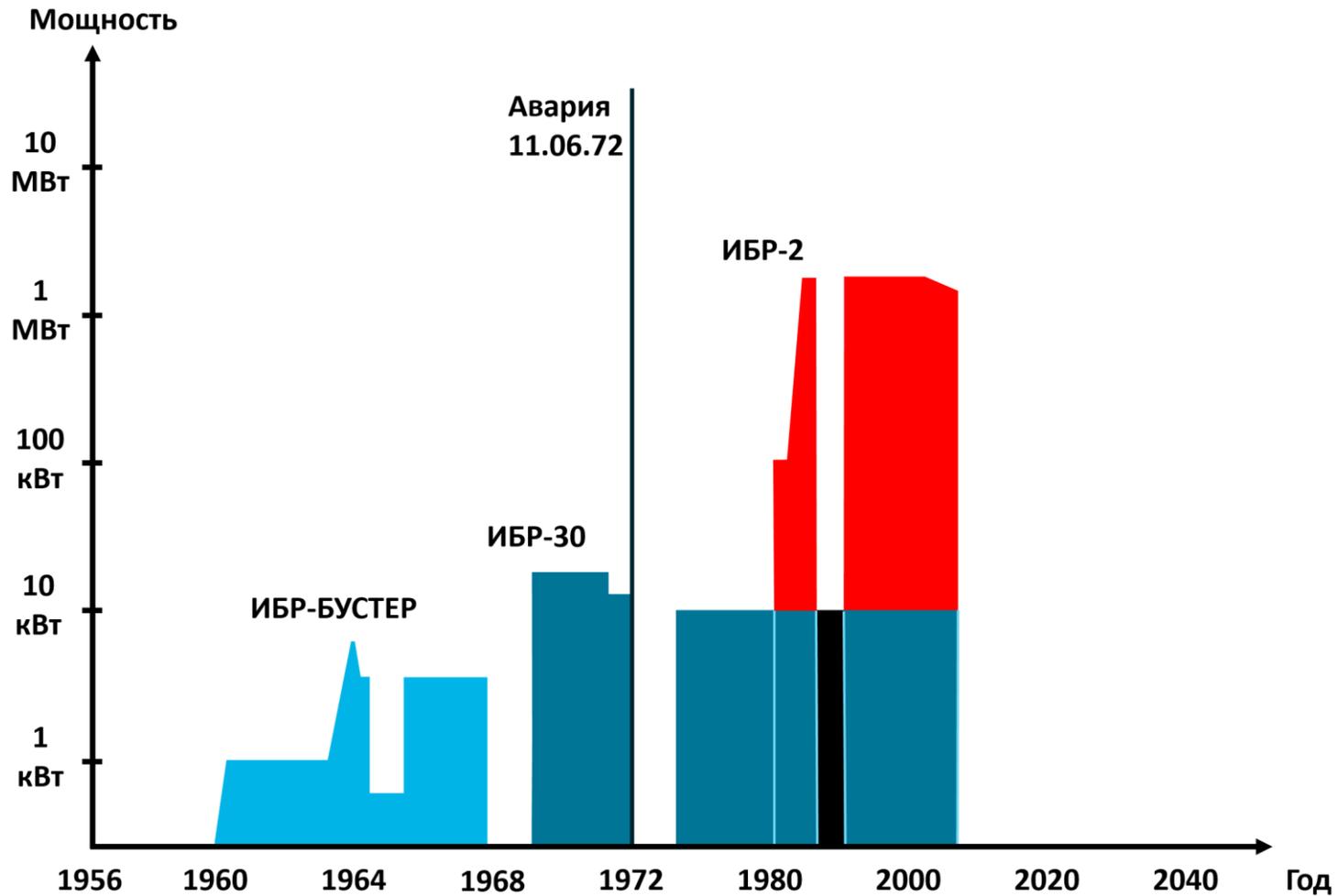
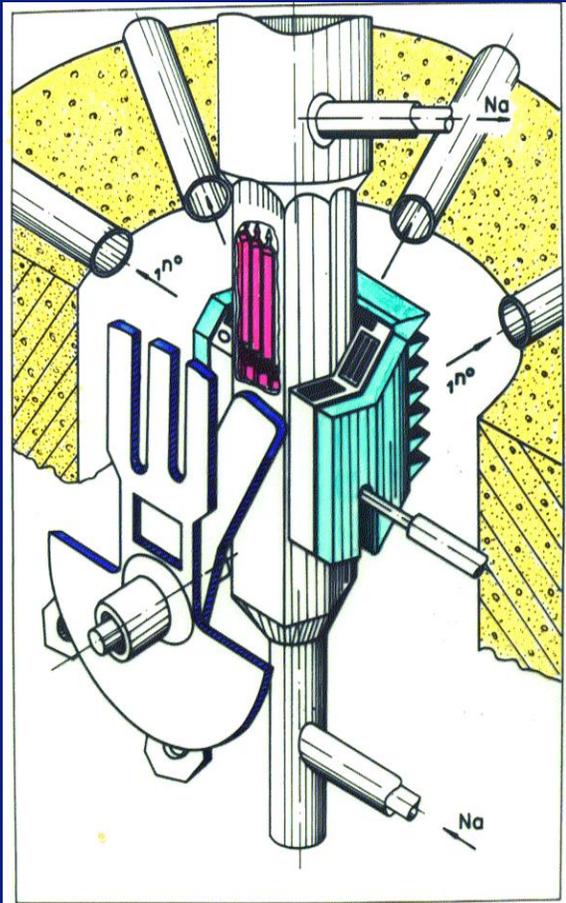
ИБР-2

ПОСЛЕДНЯЯ "ВСТРЕЧА" С ИБР-2,
ПРЕДПУСКОВЫЙ ПЕРИОД



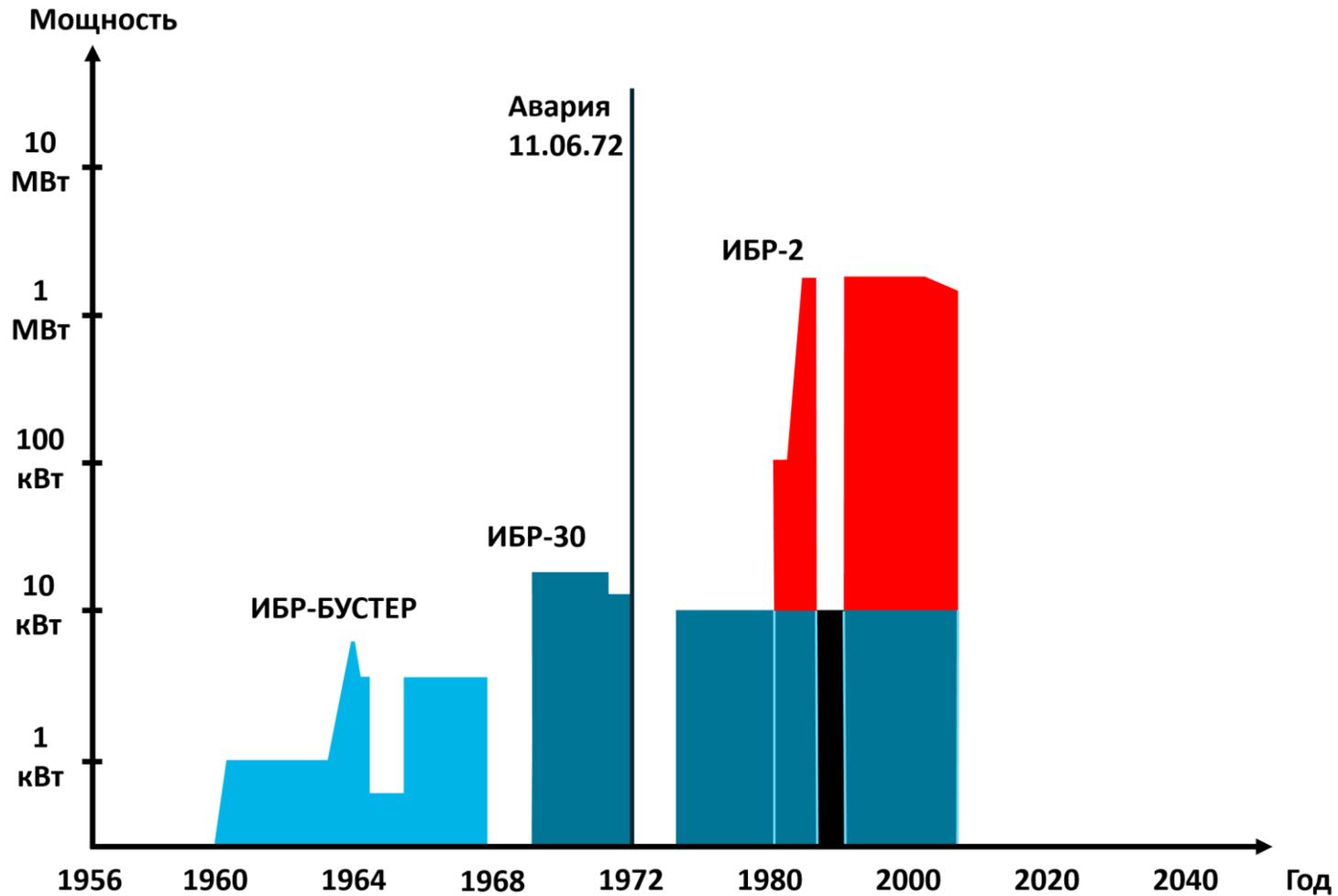
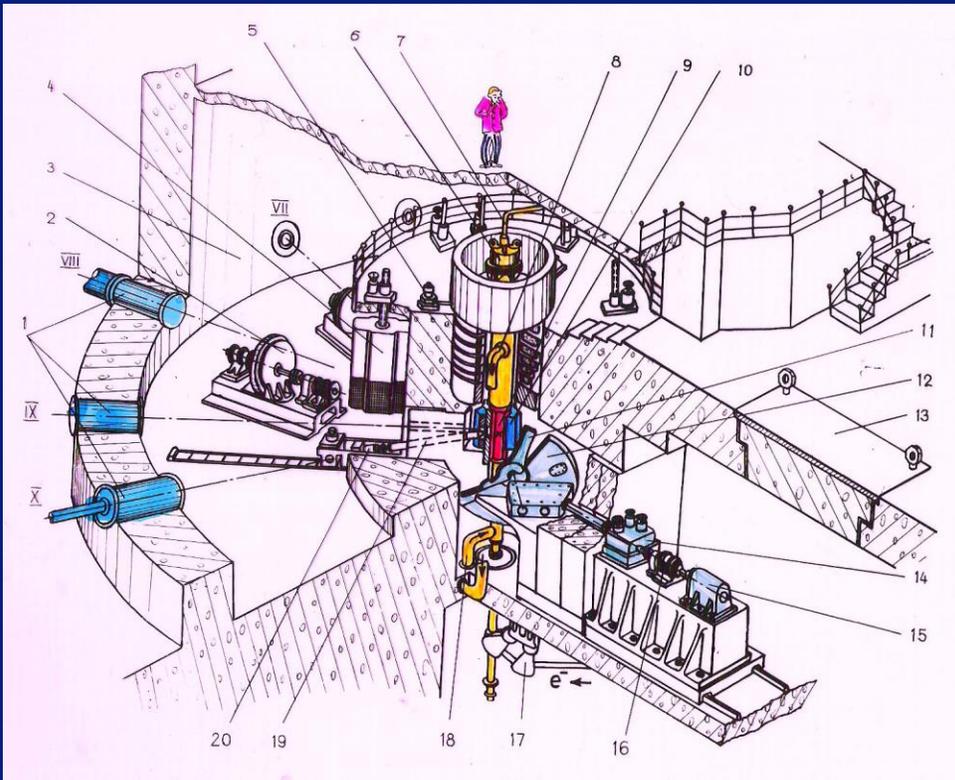
ИБР-2

СХЕМА РАБОТЫ



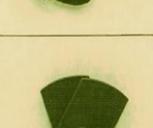
ИБР-2

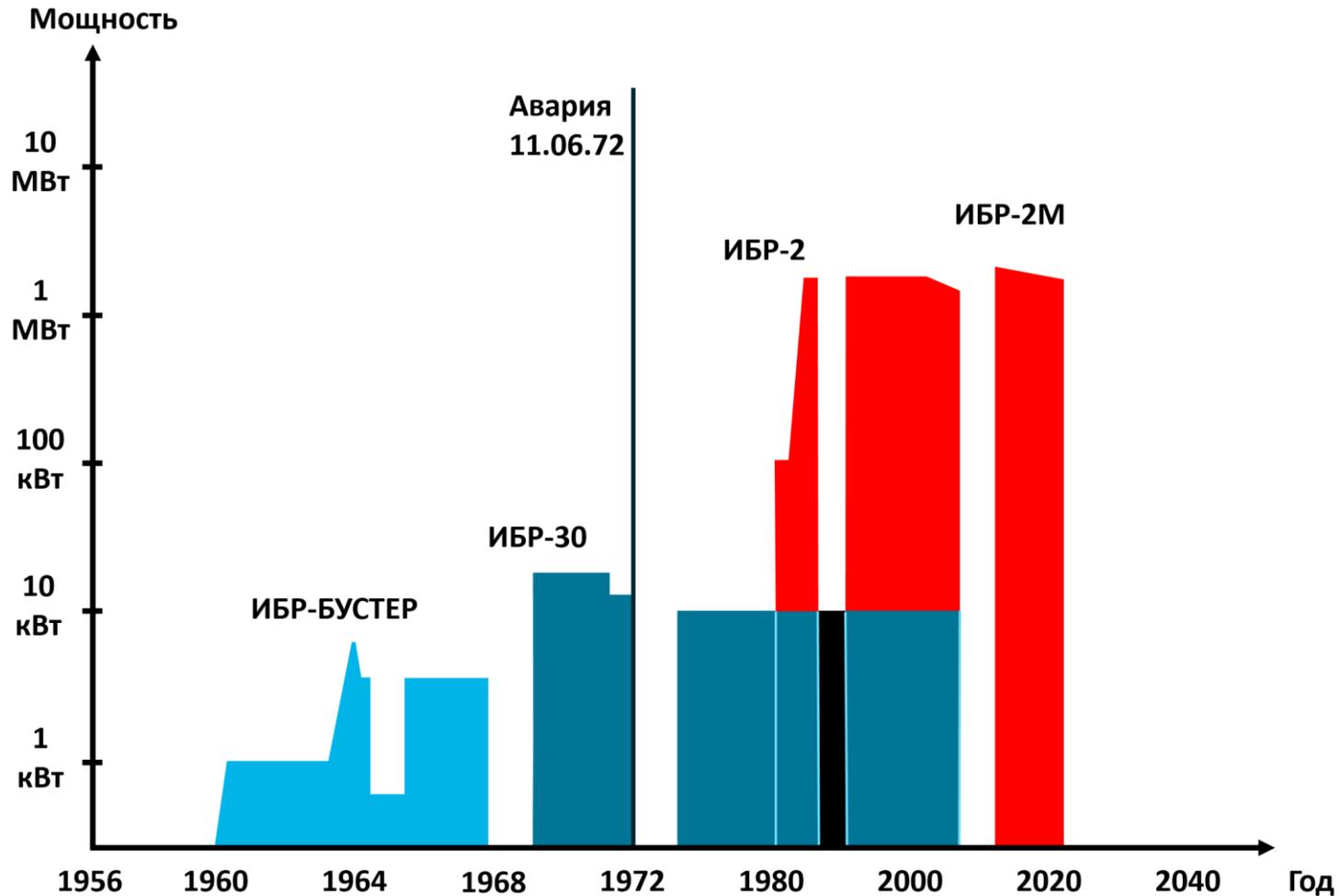
КОМПЛЕКС РЕАКТОРА С ПУЧКАМИ



ИБР-2

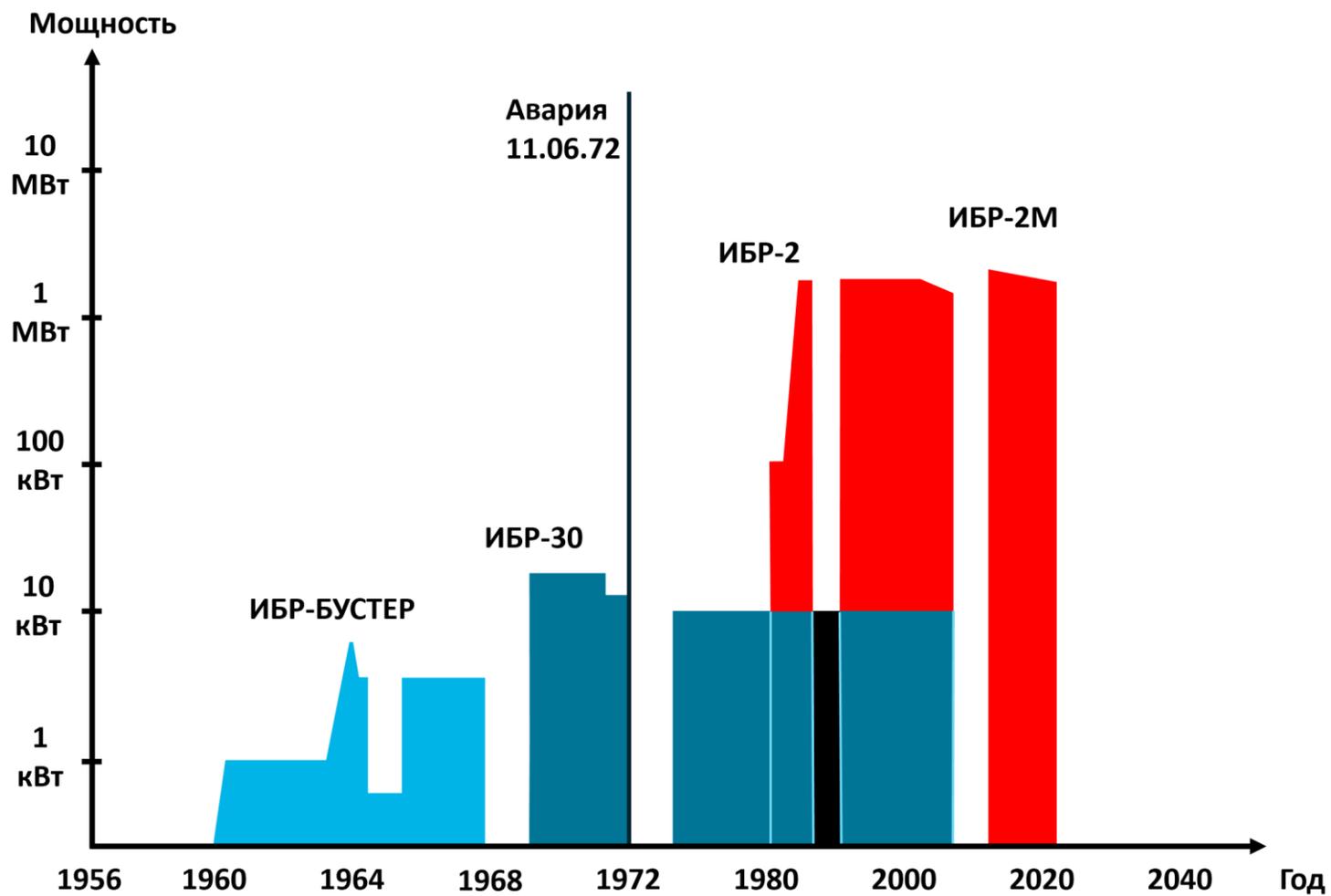
ВЕРСИИ МОДУЛЯТОРА РЕАКТИВНОСТИ

| ЭВОЛЮЦИЯ ФОРМЫ РОТОРОВ | | |
|--|---|---|
| подвижного | | отражателя |
| Название: Name of version |  | Недостаток: Deficiency |
| 1. Первый проектный вариант "ножицы" 1967 - 1973 "Клинок" - "Молоток" |  | Возникает ДРО - Физический эффект связанный с ДРО |
| 2 "Диск" 1973 - 1978 "Диск" |  | очень длинный импульс low long pulse |
| 3 "Трехзубец" 1980 - 1986 "Трибл" - ПО-1 |  | длинный импульс высокая радиационная стойкость pulse is still long high resistance for radiation |
| 4 ПО-2 1987 - 1994 ПО-2Р 1995 |  | длинный импульс pulse is still long |
| 5 Модулятор "геометрического яма" ПО-3 (проект) модулятор с вращающимся отражателем |  | сложность изготовления difficult to fabricate |



ИБР-2М

РЕШЕТЧАТЫЕ ПОДВИЖНЫЕ
ОТРАЖАТЕЛИ



Мощность

10
МВт

1
МВт

100
кВт

10
кВт

1
кВт

1956

1960

1964

1968

1972

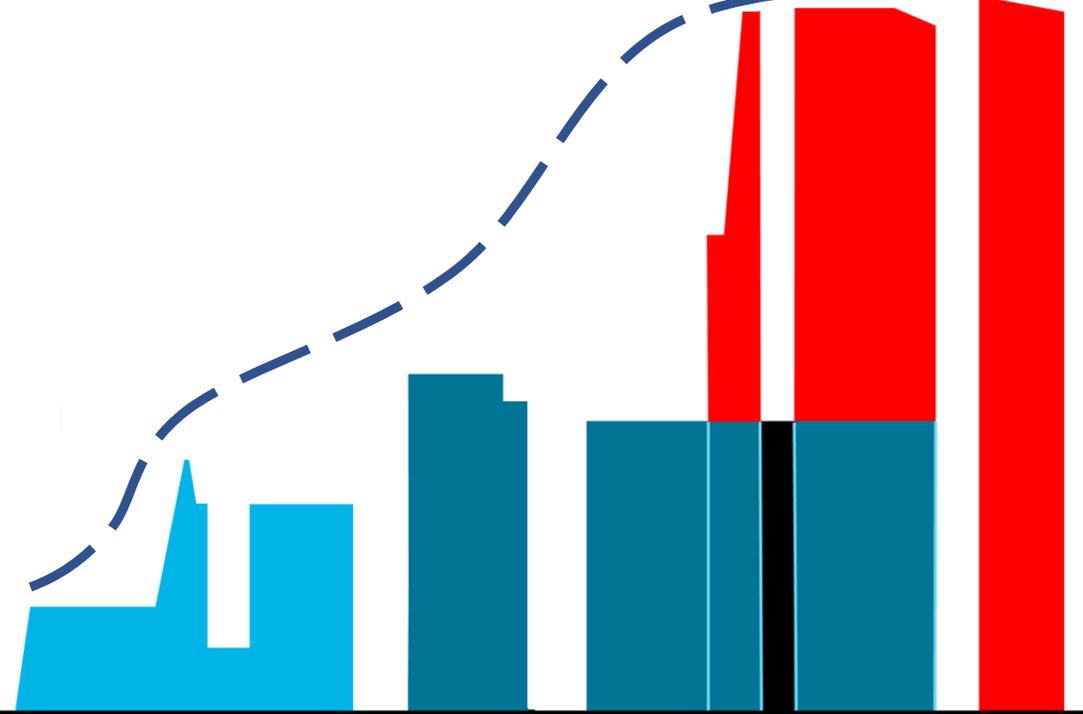
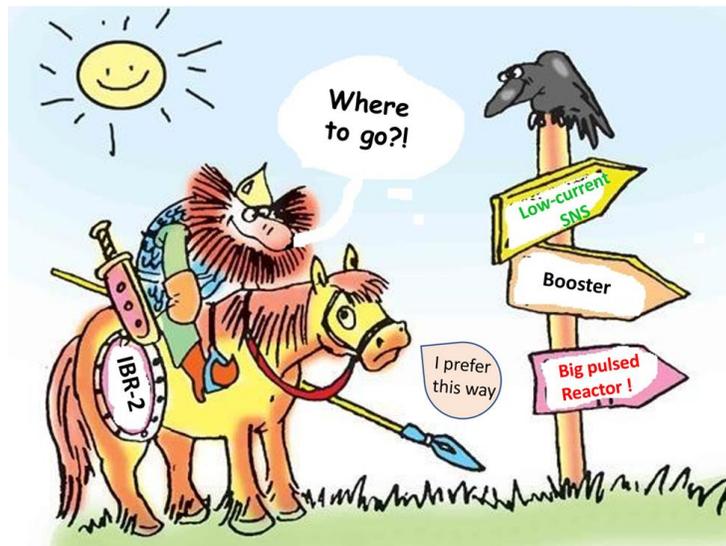
1980

2000

2020

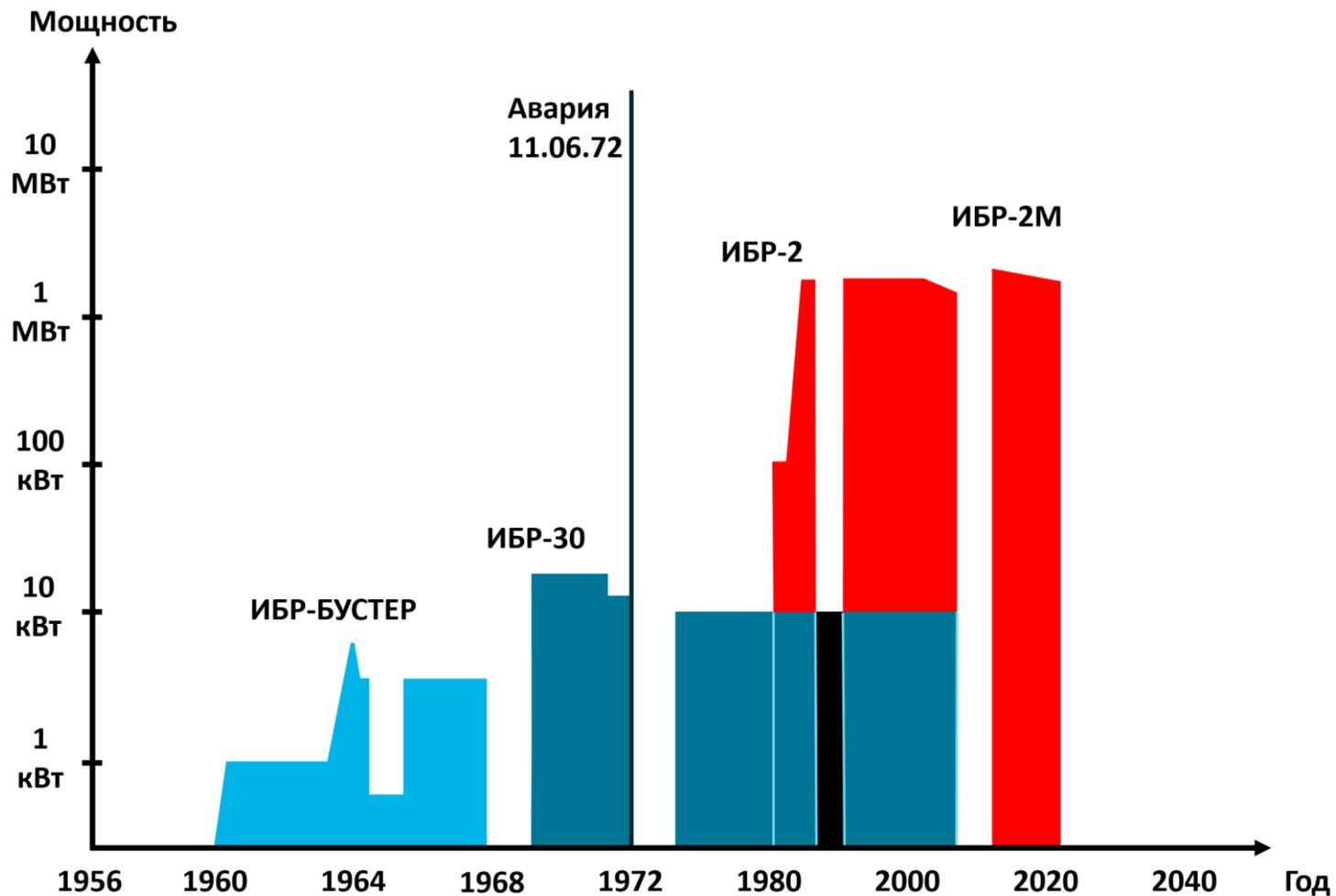
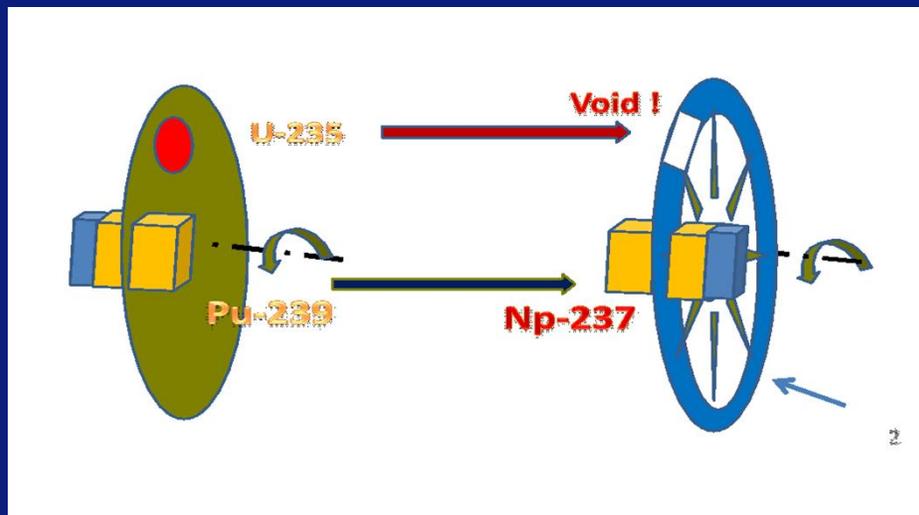
2040

Год



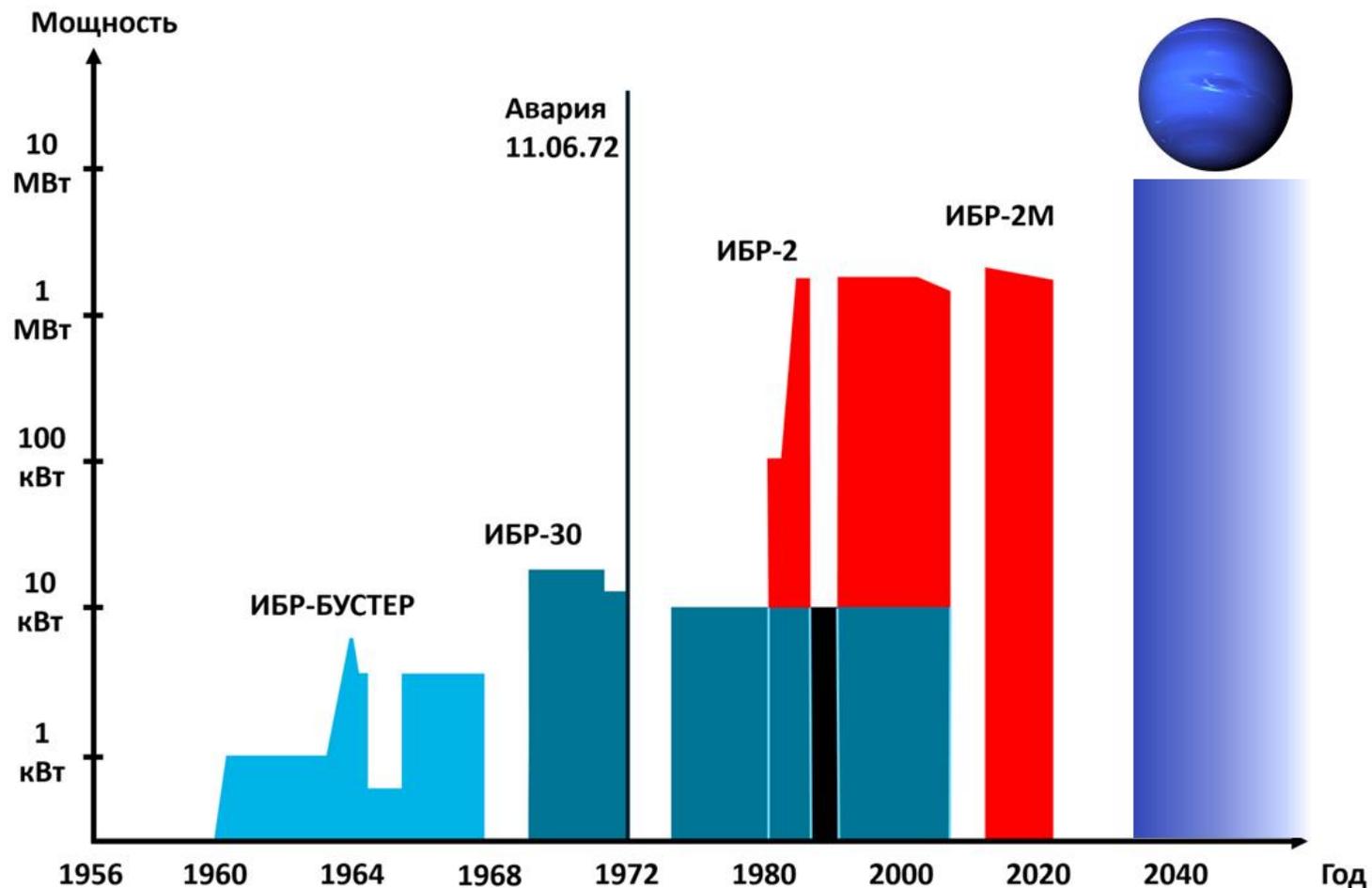
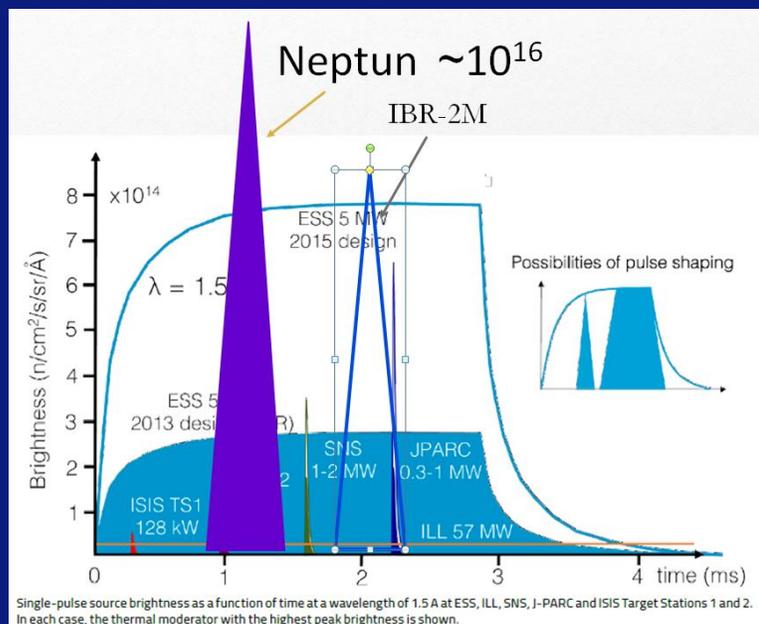
НЕПТУН

ПРОГРЕСС КОНЦЕПЦИИ ИБР, 2016



НЕПТУН

ПРЕДЕЛЬНЫЙ ПОТОК НЕЙТРОНОВ



ИМПУЛЬСНЫЕ РЕАКТОРЫ — ЭТО ДОРОГА, ИДУЩАЯ В ГОРУ ?

Владимир Дмитриевич Ананьев по поводу ряда неожиданностей во время критсборки как-то сказал:

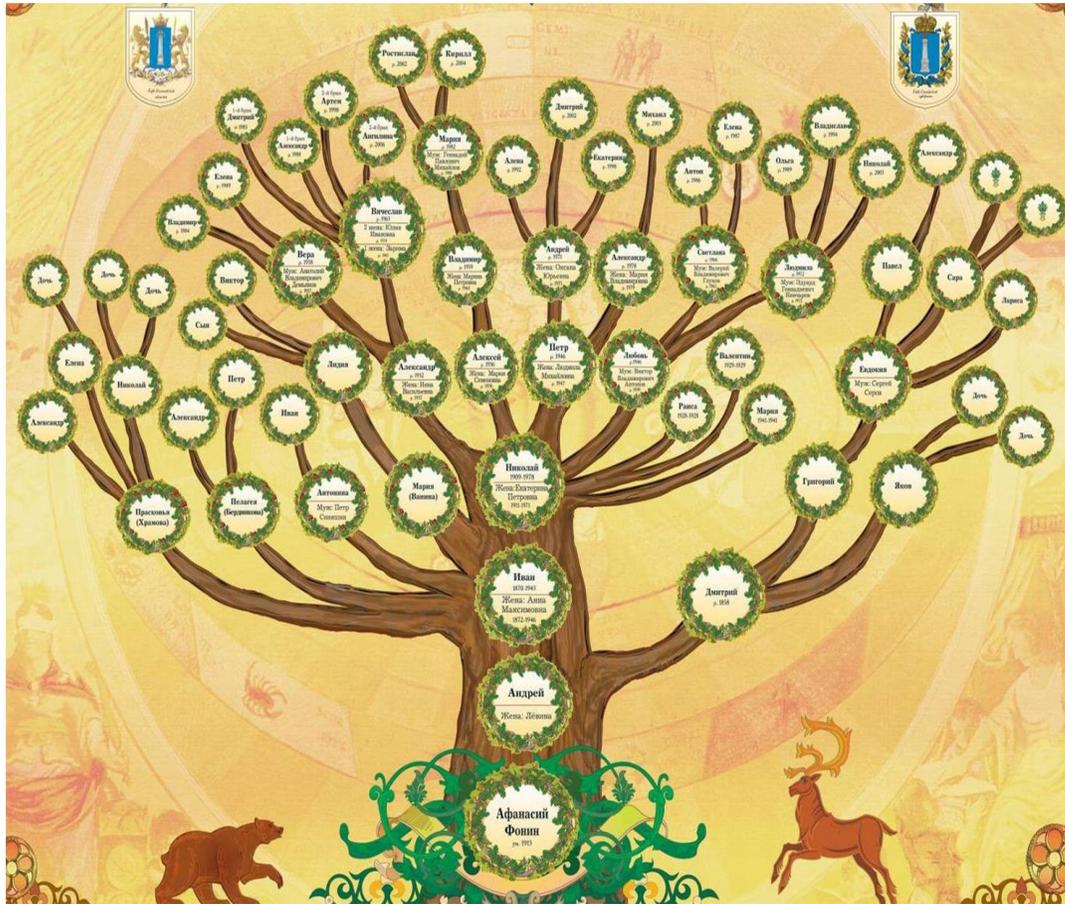
«Исследование нового реактора – это подъем на горную вершину, где впереди неизвестные опасности».

Валерий Ломидзе возразил ему :

«Это , скорее путешествие неизвестно куда – на гору или в пещеру».



65 лет одиночества ИБРов по Марк(е)су



**... и мы учились на
своих ошибках.**

*(не потому что
дураки — чужих нет)*

1962-1963

Пренебрегли давлением газа осколков деления.

Итог: деформация кожуха уранового блока, ограничение его скорости и ресурса.

Мишень бустера

Неверие в то, что электроны частично отражаются от поверхности металла зеркально, повлияло на конструкцию мишени ускорителя и усугубило последствия аварии 1972 г.

1985 год

«На кончике пера» открыто явление «стохастической неустойчивости» импульсного реактора (при 7-8 МВт), но детальные теоретические исследования в этом направлении были прерваны.

ИБР-2

Пренебрегли температурными деформациями отражателя при конструировании.

Итог: мощность не более 2МВт, проект 4 МВт.

ИБР-2

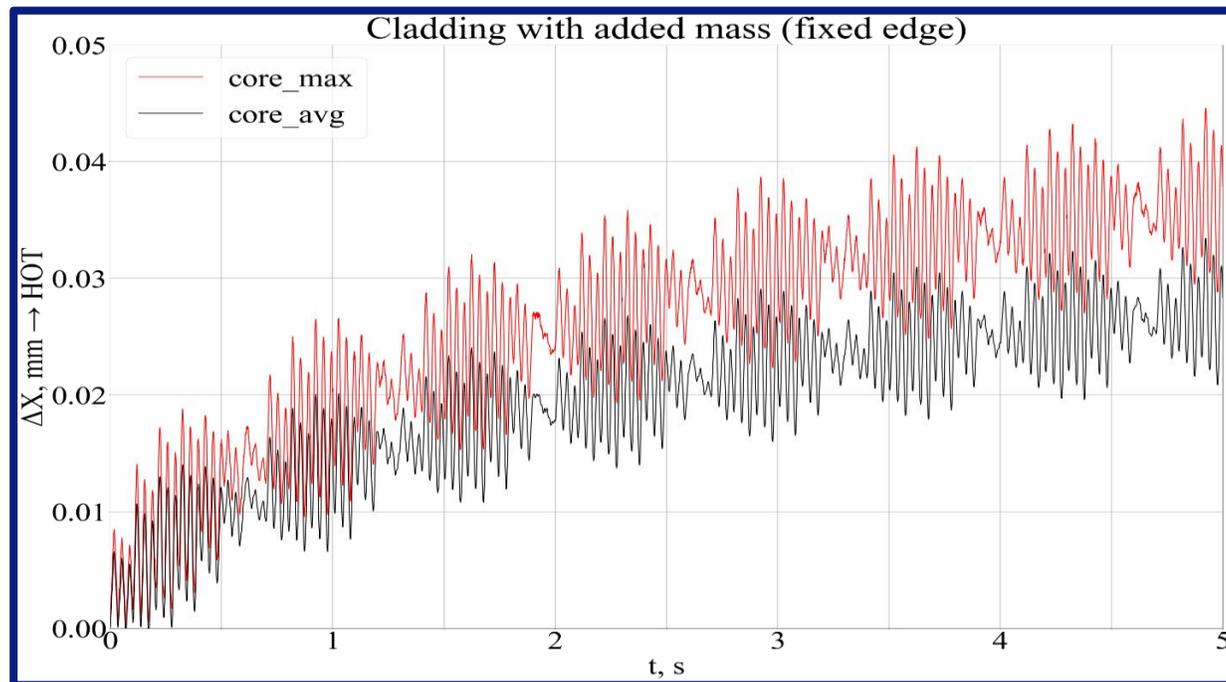
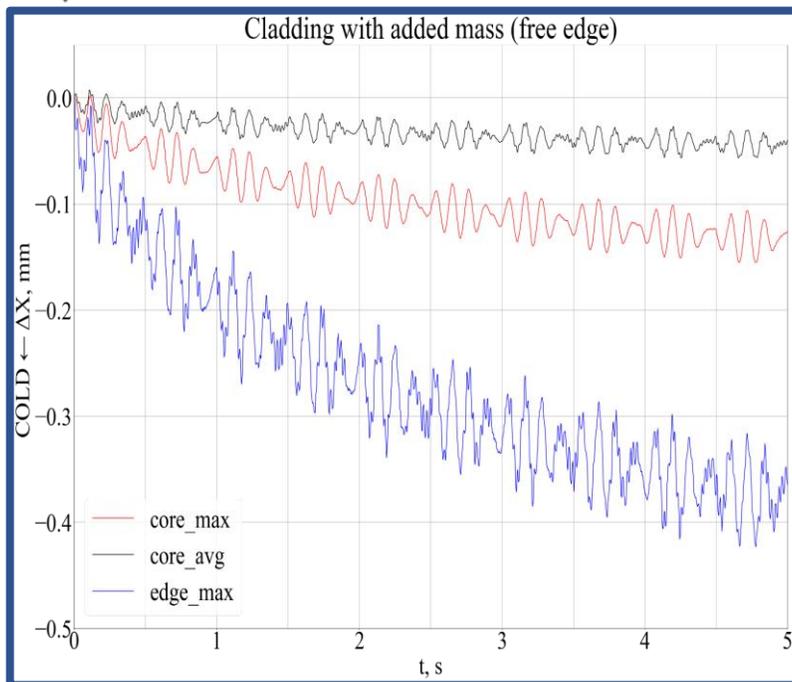
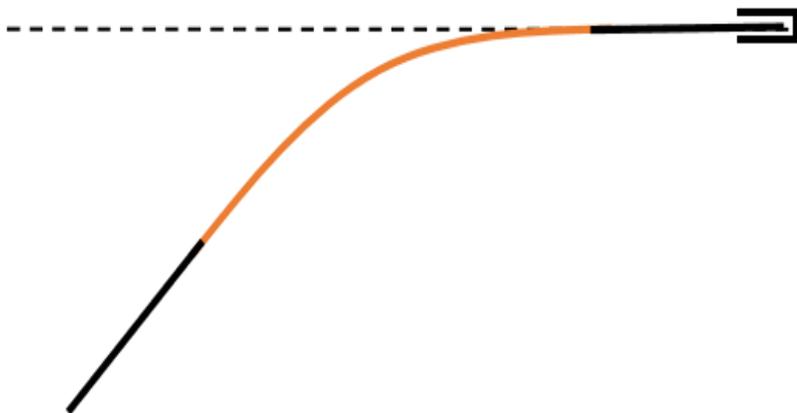
Не предусмотрели «теневого эффект» при движении ОПО и ДПО.

Итог: многолетняя трудная работа по совершенствованию МР (1978-1983).

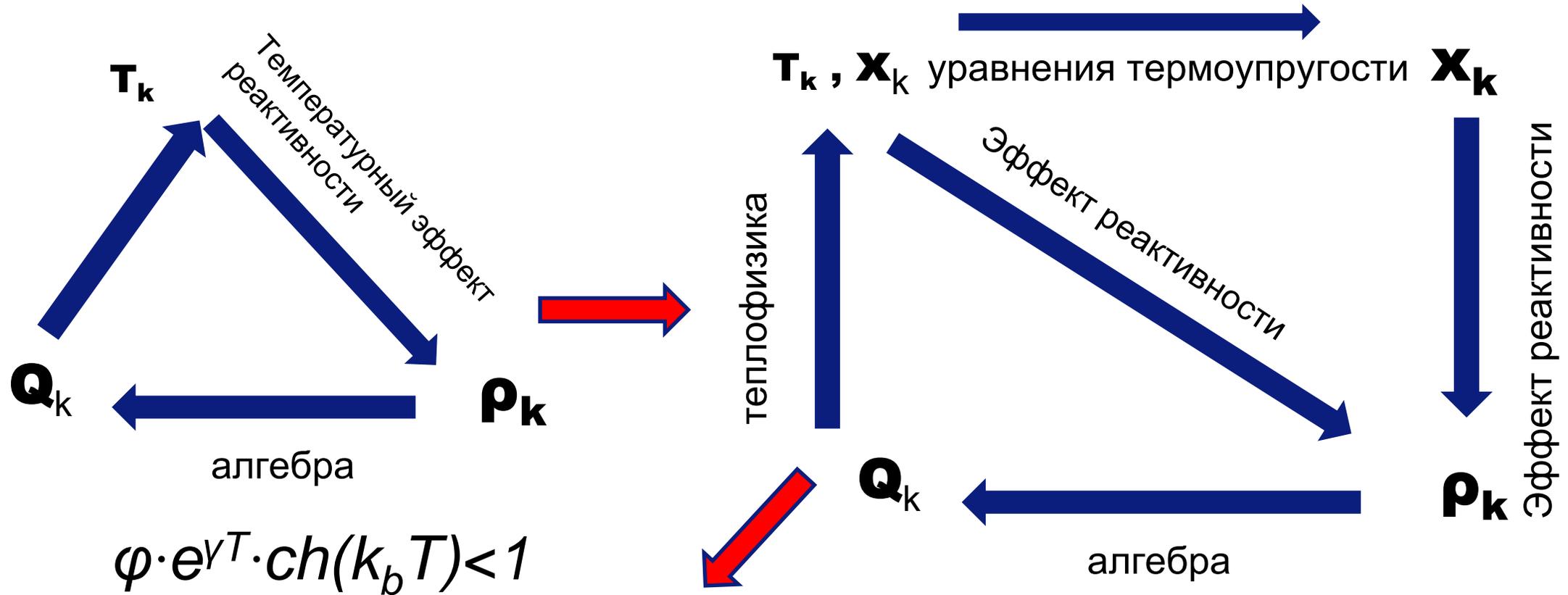
ИБР-2 и ИБР-2М

Неправильная интерпретация положительной составляющей эффекта реактивности. **Итог:** реальная модель динамики пульсирующих реакторов и ИБРов, в частности, начала создаваться только через 35 лет с пониманием существенной роли эффектов динамического изгиба и нелинейностью связи соседних импульсов.

ДИНАМИКА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО РЕАКТОРА



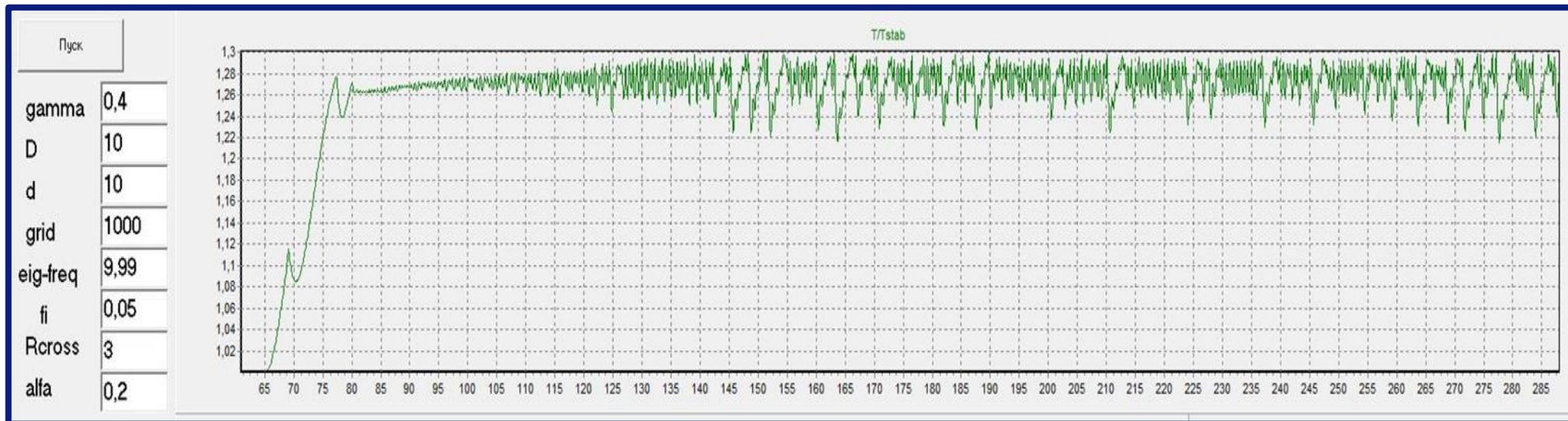
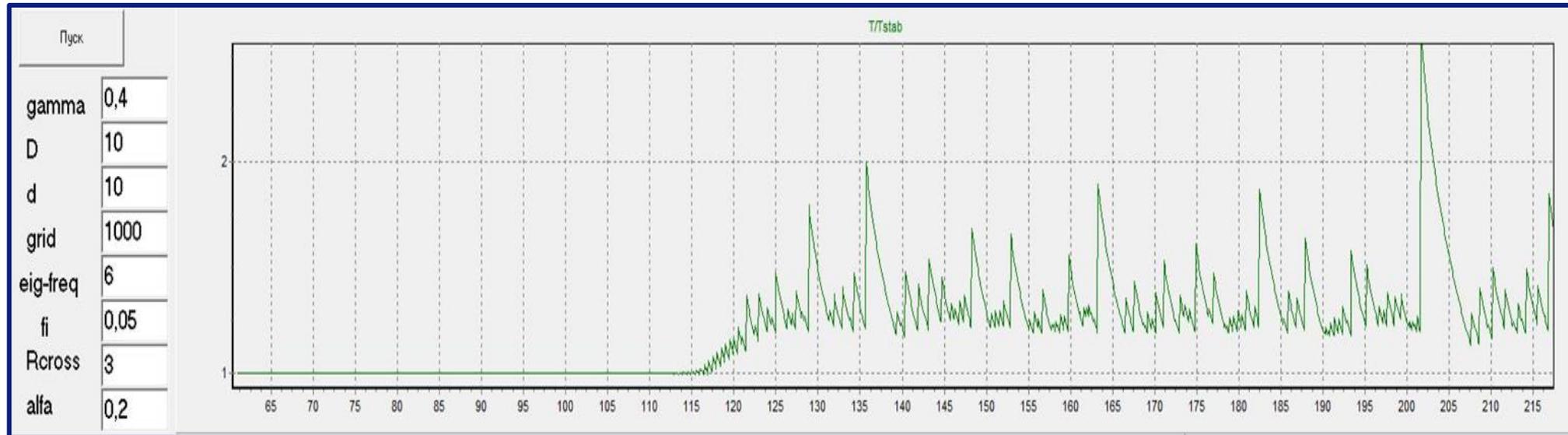
ДИНАМИКА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО РЕАКТОРА



γ – температурный коэффициент реактивности, $\beta_{имп}/K$
 T - нагрев за номинальный импульс
 $K_b \cdot T$ - амплитуда колебаний реактивности при величине импульсов T ;
 $K_b = f(\nu, \tau)$ - функция частоты собственных колебаний и времени их затухания

$T_k(t, \vec{r})$ - нестационарное распределение температур после (k-го) импульса.
 $x_k(\vec{r})$ - деформация элементов реактора перел началом k-го импульса.
 Q_k - энергия импульса

ДИНАМИКА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО РЕАКТОРА



ИМПУЛЬСНЫЕ РЕАКТОРЫ — ЭТО ДОРОГА, ИДУЩАЯ В ГОРУ ?

Сейчас я могу сказать, что мы всё-таки идём в гору, но она высокая, дышать становится всё труднее, погода неблагоприятная. Ну что ж, облака должны развеяться, и тогда вершина предстанет нашим взорам, очаровательная, и уже совсем не далекая...

