

НФ расчеты РБН и ЗЯТЦ

Фундаментальные базы
ядерных данных

Базы данных групповых
констант

Подготовка
констант к
расчетам

Расчеты активной
зоны

РОСФОНД,
БРОНД

БНАБ-РФ,
БНАБ-93

CONSYST,
GRUCON,
NJOY

TRIGEX,
TRIUM

НАПРАВЛЕНИЕ:

«Разработка баз расчетных и
экспериментальных данных,
усовершенствование констант,
программ и методик расчета быстрых
реакторов, анализ экспериментов и
оценка точности расчетных
предсказаний»

Оценка точности

ИНДЭКС,
LEMEX,
LUND

Прецизионные
расчеты + ЯБ

ММКК,
ММКС

Нуклидная
кинетика и
ЗЯТЦ

CARE,
SKIF,
CYCLE

COREMEL,
ALFA-M,
ДРАКОН

ICSBEP,
БФС,
БН

РУ БН

Сопровождение
эксплуатации

Мультифизика

База данных экспериментов,
оценка

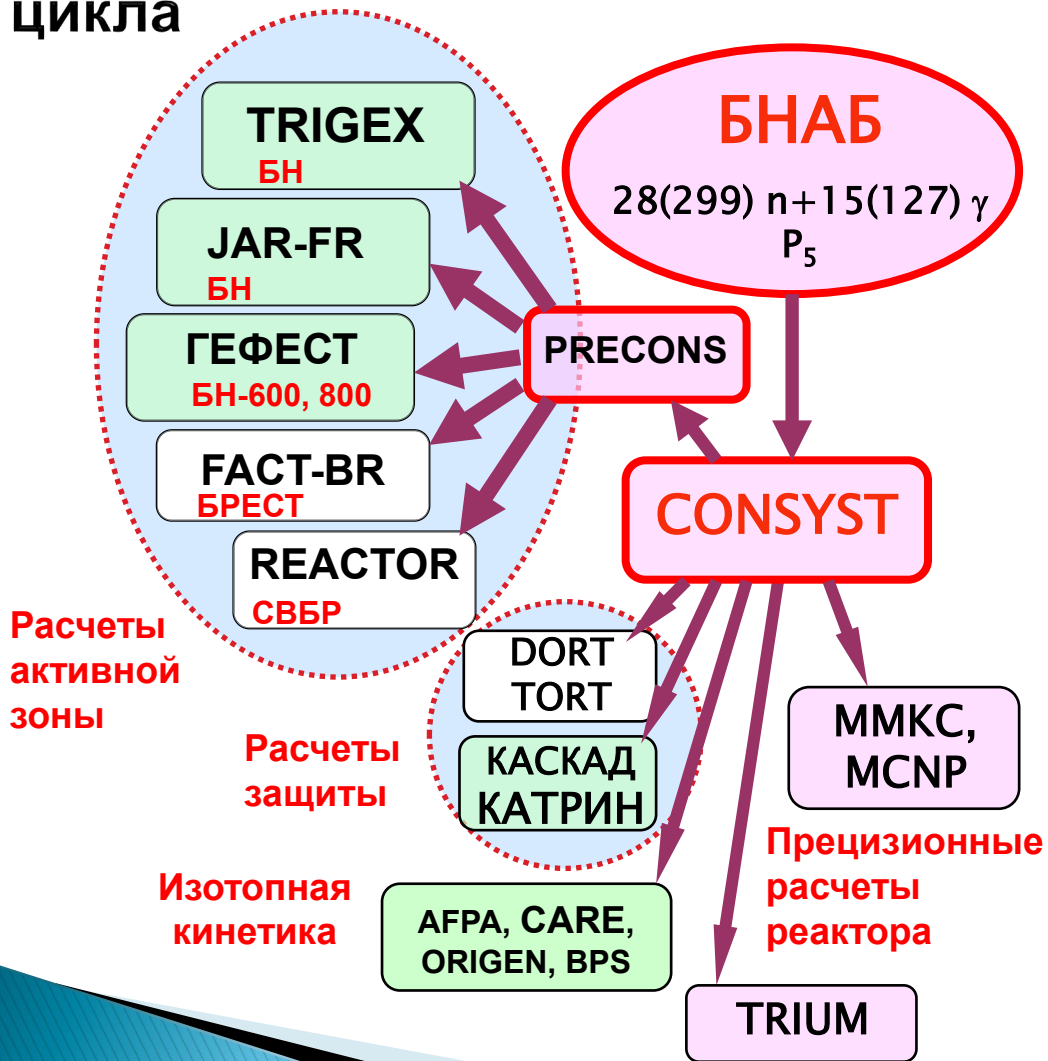
(Работы в области обеспечения нейтронно-физических расчётов быстрых реакторов)

Развитие и совершенствование:

- ❑ –национальной библиотеки **оцененных нейтронных данных** (*РОСФОНД*)
- ❑ –библиотек **ковариационных матриц** на основе анализа дифференциальных и интегральных экспериментов
- ❑ –**систем обработки** ядерных констант (*GRUCON, CONSYST*)
- ❑ –**проблемно-ориентированных библиотек** констант (*БНАБ*)
- ❑ –интерактивных систем (**графических оболочек**) в помощь физикам расчетчикам
- ❑ –**баз данных интегральных экспериментов** (на критсборках, реакторах, макетах радиационной защиты)
- ❑ –расчетных **кодов и программных комплексов** (*ММК*)
- ❑ –методик оценки погрешностей (*ИНДЕКС, GRS*)

- ▶ В настоящее время разработка и обоснование нейтронно-физических характеристик активных зон быстрых реакторов (БН, БРЕСТ, СВБР, МБИР) ведется с использованием константного и программного обеспечения **CONSYST/БНАБ** (АВВН) - разработка ФЭИ.
- ▶ Разработаны унифицированные привязки расчетных программ к этой константной базе.
- ▶ Особенностью используемых программных средств является их единая методическая основа, что обеспечивается единой константной базой на основе групповых констант **БНАБ** (299 групп) и файлов нейтронных данных **РОСФОНД** (в формате ACE).
- ▶ Расчеты ядерной безопасности ведутся с использованием прецизионных кодов метода Монте-Карло, файлов детальных сечений и в 299 группах (БНАБ).
- ▶ Для оценки погрешностей н/ф расчетов разработана система программ и архивов данных **ИНДЭКС**.

Единое константное обеспечение проектных расчетов физики быстрых реакторов и топливного цикла



Сопровождаемые НФ коды расчета реакторов БН:

- ❑ **TRIGEX** (ФЭИ) - расчеты БН, сопровождение экспериментов на БФС
- ❑ **JARFR** (НИЦ КИ, ОКБМ) - расчеты БН
- ❑ **ГЕФАКТ** (ВНИИАЭС, БАЭС) - сопровождение эксплуатации РУ БН-600 и БН-800
- ❑ **ММКК, ММКС** (ФЭИ) - прецизионные расчеты БН и обоснования ЯБ на БФС
- ❑ **CONSYST/БНАБ** (ФЭИ) – константное обеспечение
 - CONSYST(версия 0601), PRECONS, FFCР, SUBGRAN
- ❑ **TRIUM** – новый код на основе объединения модуля Монте-Карло **ММКК** и кода **TRIGEX**

Развитие системы групповых констант **БНАБ**

□ **БНАБ-64**

И.И. Бондаренко
М.Н. Николаев
Л.П. Абагян
Н.О. Базазянц

□ **БНАБ-78**

➤ АРАМАКО-С1

□ **БНАБ-90**

➤ АВВН90/CONSYST
(RSICC/DLC-182)

□ **БНАБ-93**

➤ Сертификат
ГСССД №444-95

□ **БНАБ-РФ**

➤ (2005)
➤ (РОСФОНД-2020)



Игорь
Ильич
Бондаренко



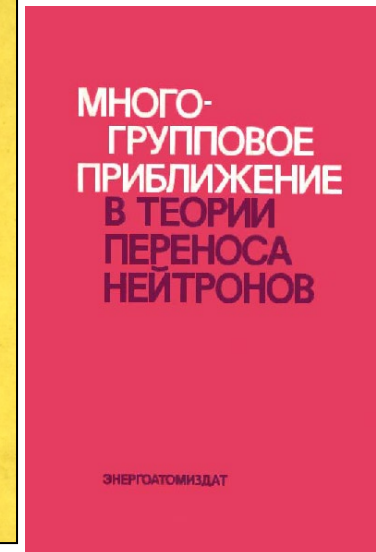
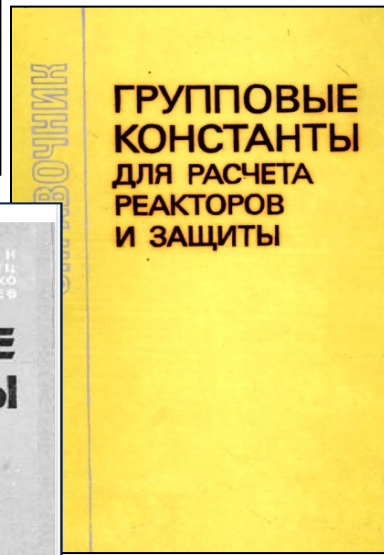
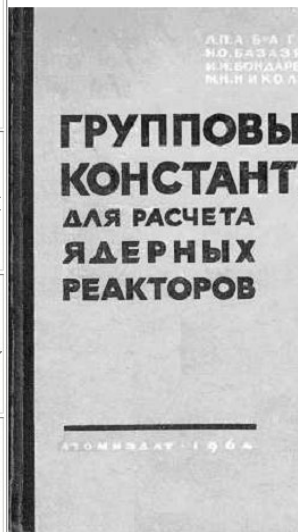
Марк
Николаевич
Николаев



Лили
Паруйровна
Абагян

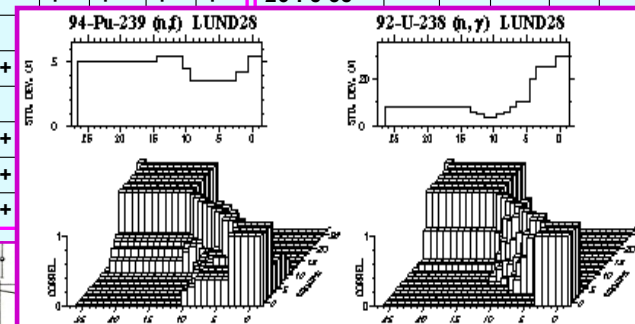
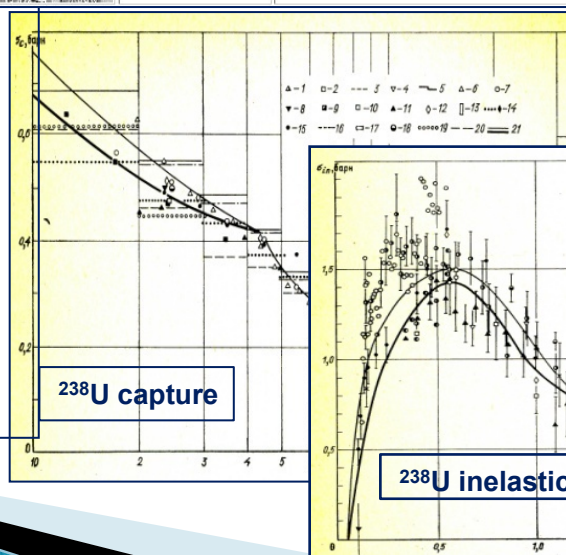


Нина
Оганесовна
Базазянц



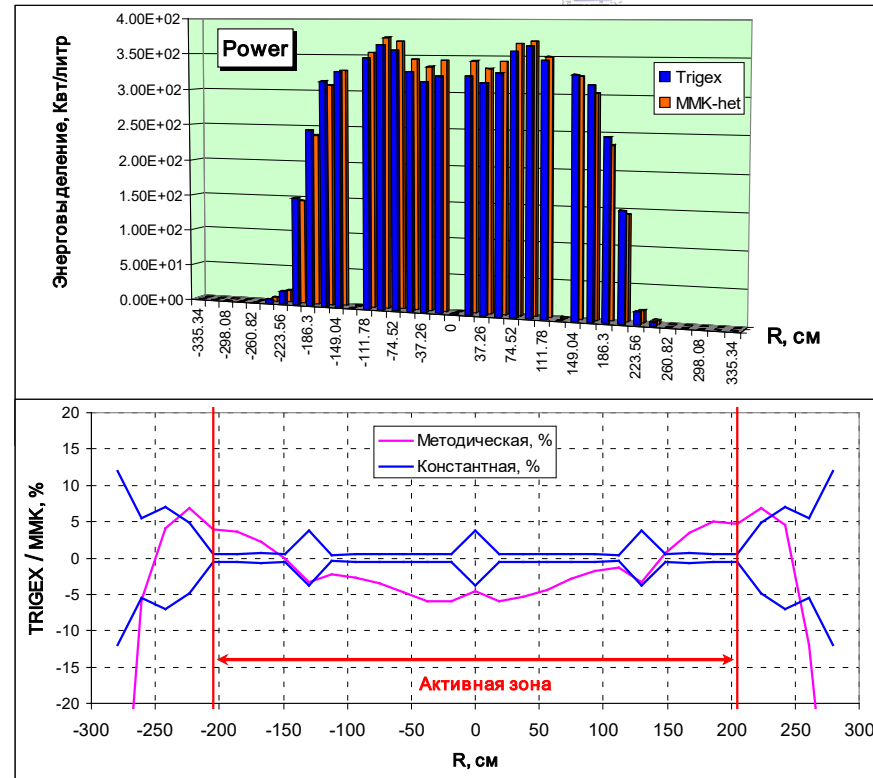
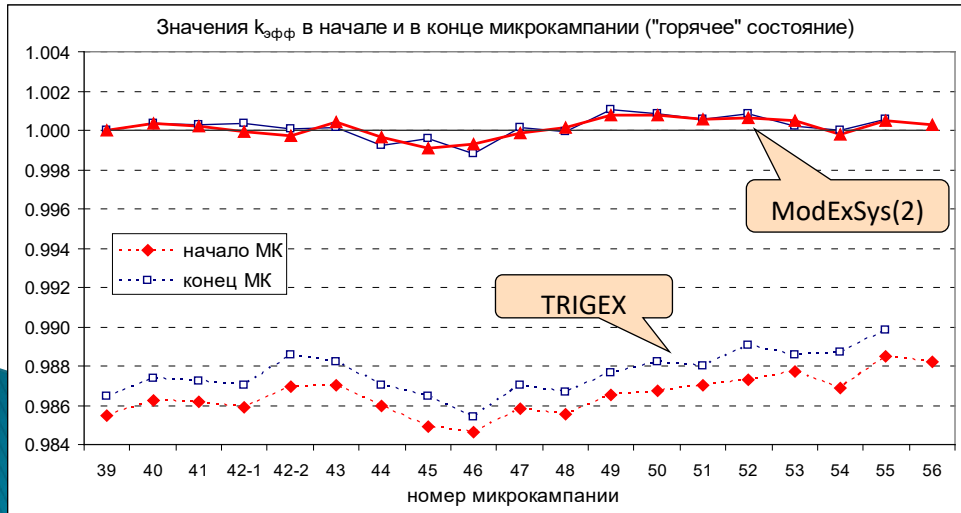
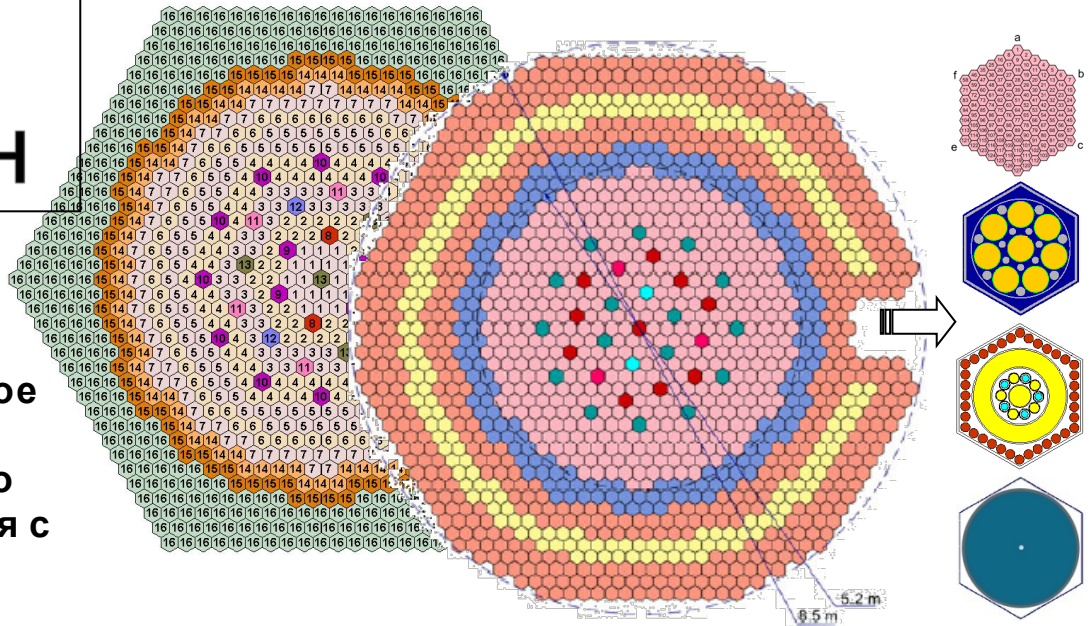
Матрицы погрешностей групповых констант **БНАБ** всех материалов для оценки точности н/ф расчетов

Нуклиды	$\nu\gamma$	nn	nn'	μ	tot	Нуклиды	$\nu\gamma$	nn	nn'	μ	tot
1-H - 1		+			+	24-Cr	+	+	+	+	+
3-Li-6						24-Cr-50	+				
3-Li-7	+	+			+	24-Cr-52	+				
4-Be-9	+			+	+	25-Mn-55	+		+		
5-B-10	+		+			26-Fe	+	+	+	+	+
5-B-11	+					26-Fe-56	+				
6-C-12		+	+	+	+	26-Fe-58	+				
7-N -14											
8-O -16	+										
9-F -19											
11-Na-23	+										
13-Al-27	+										
16-S-32	+										



Проектный НФ код TRIGEX расчетов БН

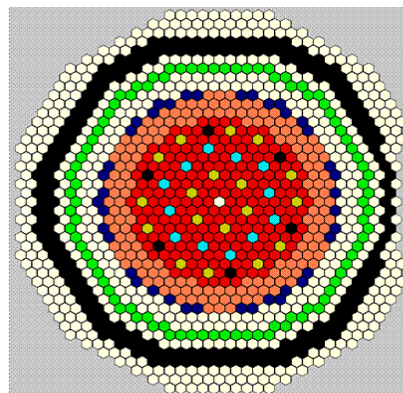
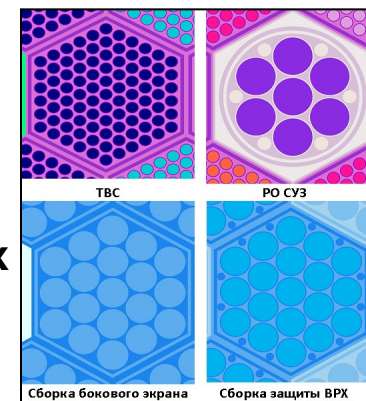
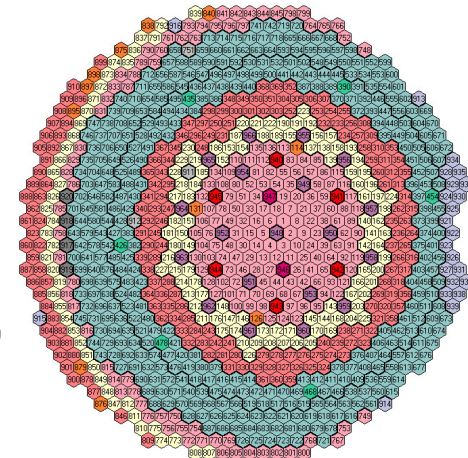
- ❑ **TRIGEX** – проектно-поисковые расчеты БН и сопровождение экспериментов на БФС
- ❑ **CONSYST/БНАБ-93** – константное обеспечение
- ❑ **Развитие TRIGEX** – создание нового кода **TRIUM** на основе объединения с модулем Монте-Карло **ММКК** и теплогидравлическим кодом **МИФ-2**
- ❑ Рассчитываемые физ-характеристики: $k_{эфф}$, СУЗ, НПЭР, СНА, выгорание, поля температур и энерговыделений, эффекты реактивности, и др.



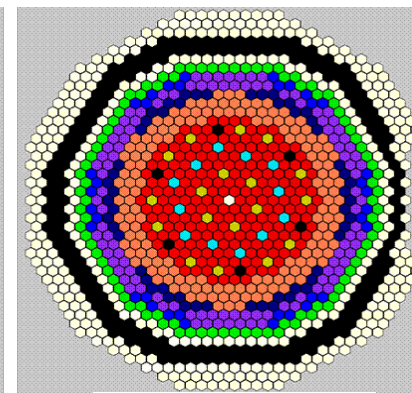
Прецизионный код **ММК** расчета быстрых реакторов на основе метода Монте-Карло

Создан новый программный комплекс **ММК-С.01**, в состав которого входит:

- модуль **ММКК** – расчеты с константами БНАБ в групповом приближении (299 групп + подгруппы)
 - модуль **ММКС** – использование файлов оцененных данных с детальным представлением нейтронных сечений
 - модуль **ООВНEX** – используется разработанный модуль для расчета реакторов с решеткой из шестигранных ТВС
- ❑ Расчеты коэффициента размножения $K_{эфф}$, пространственных и энергетических распределений скоростей реакции, нейтронного поля и энерговыделения, эффектов реактивности
 - ❑ Использование как файлов детальных сечений (**ММКС**), так и групповых библиотек БНАБ (**ММКК**)
 - ❑ Прямая и сопряженная задачи
 - ❑ Теория возмущений
 - ❑ Кросс-платформенность
 - ❑ Распараллеливание вычислений
 - ❑ Верификация и аттестация для расчетов БН-800 и БН-1200






минимальная критмасса



стартовая зона

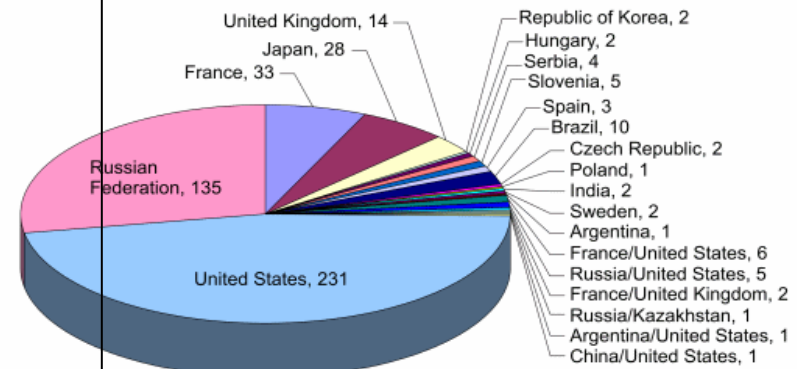
Одна из основных задач – анализ источников погрешностей расчетов

Полная погрешность расчета складывается из следующих составляющих:

- 1- **"Методическая погрешность"**  связана с многогрупповым приближением при решении уравнения переноса, приближениями, принятыми при построении расчетной модели, и др.
- 2- **"Константная погрешность"**  обусловлена неопределенностями в значениях сечений, используемых для описания взаимодействий нейтронов с веществом (сегодня является доминирующей составляющей).
- 3- **"Технологическая погрешность"**  обусловлена допусками и зазорами в элементах конструкций реактора (размеры, плотности и т.п.).

АНАЛИЗ ICSBER ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ

- ▶ Начало проекта – 1992 год
- ▶ Всего оценено более 500 серий экспериментов (>4500 критических масс)
- ▶ Вклад России более 150 серий



АНАЛИЗ IRPNER ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ФИЗИКЕ РЕАКТОРОВ И ФОРМИРОВАНИЮ БАЗЫ ДАННЫХ

- ▶ Начало проекта – 2005 год
- ▶ Содержит более 250 экспериментальных программ
- ▶ Вклад России ~10 экспериментов

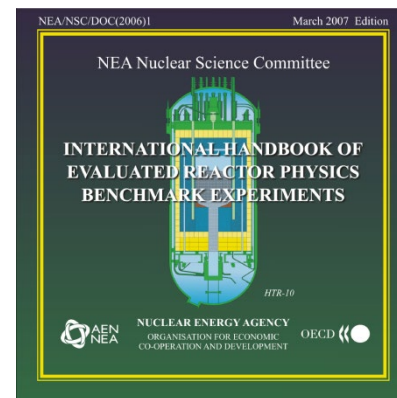
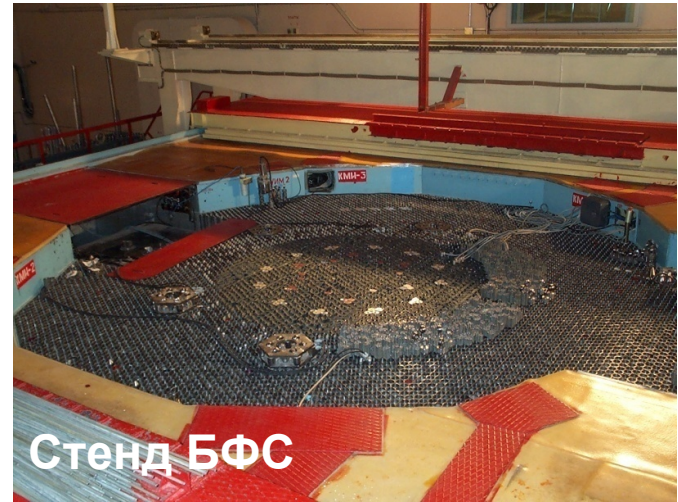
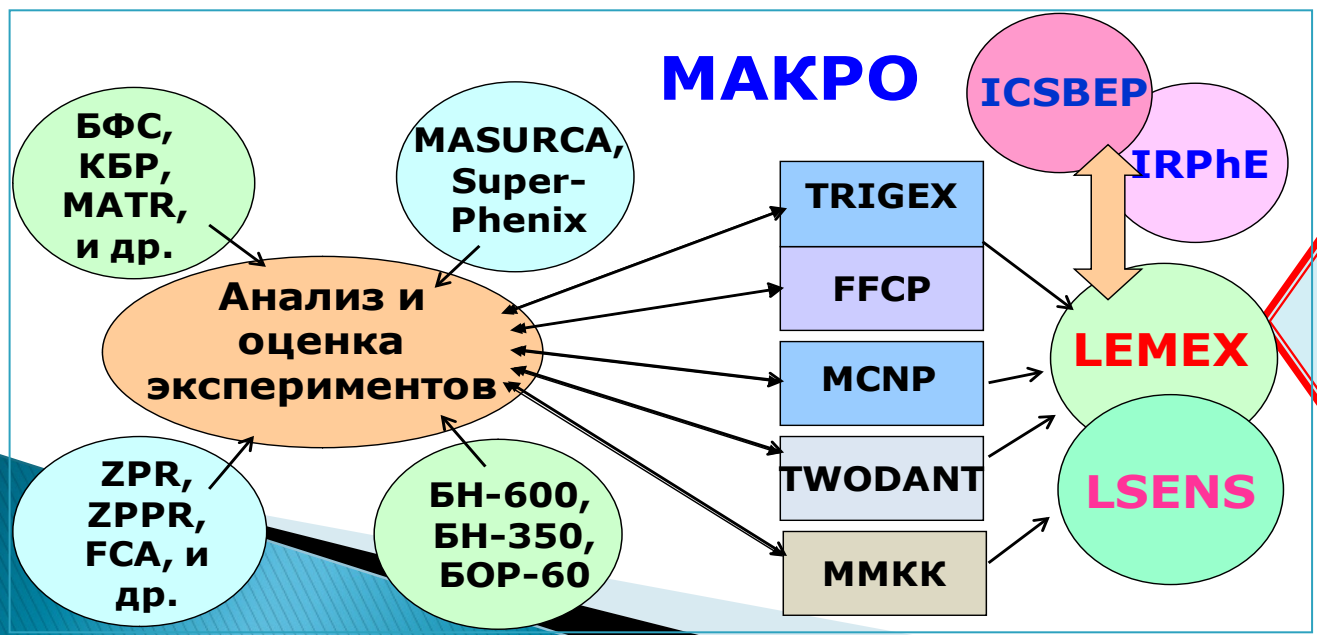
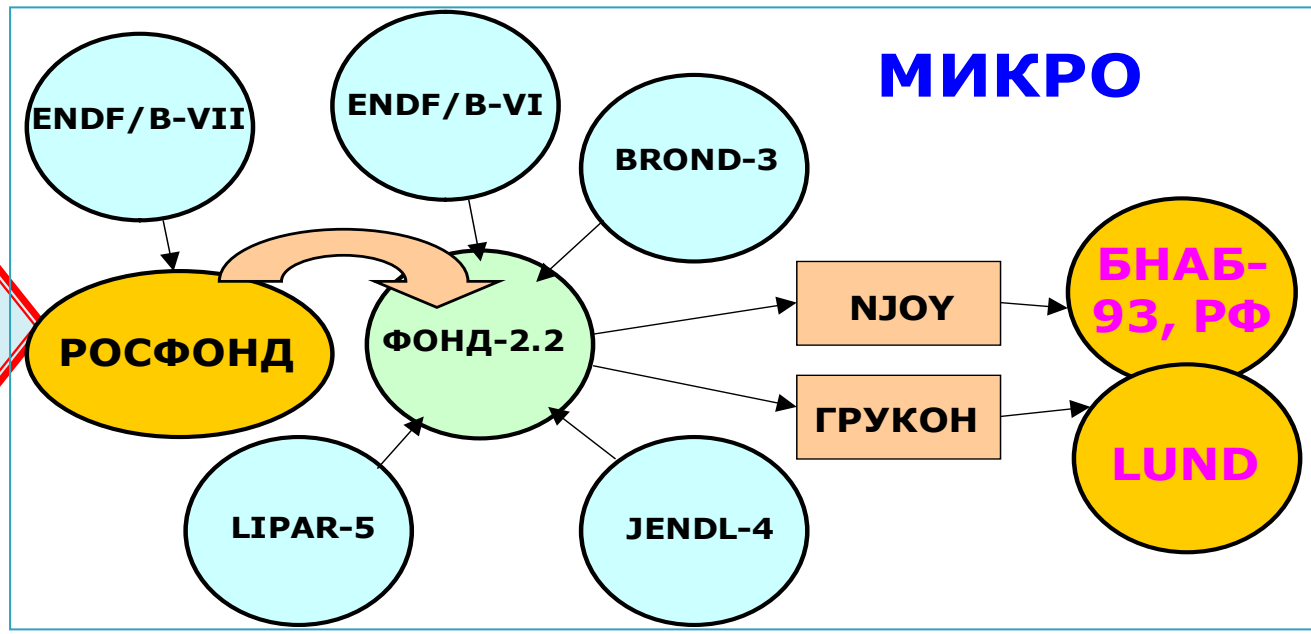


Схема работ по оценке и повышению точности расчетов

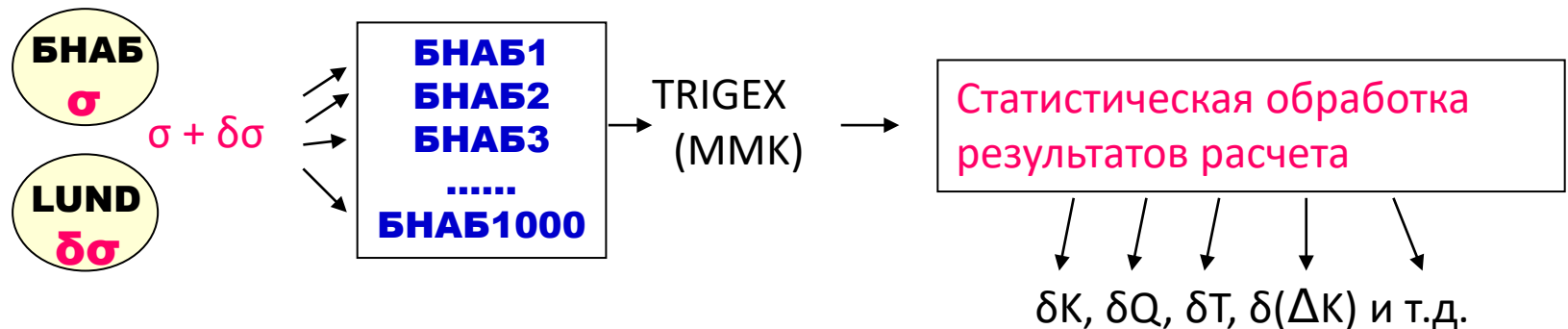
Разработка файлов ядерных данных, систем групповых констант, и матриц погрешностей



Оценка интегральных экспериментов, их информативности, расчет коэффициентов чувствительности к входным данным, базы данных

Разработка методик и расчетных кодов оценки константной погрешности расчетов НФХ РБН

- ▶ **Традиционный подход** - использование коэффициентов чувствительности и матриц погрешностей констант - надо знать чувствительности для каждого реакторного функционала $D=HWH^t$
- ▶ **Нетрадиционный подход** – «наигрывание» библиотек констант согласно их матриц погрешностей + проведение расчета реактора для каждой «наигранной» библиотеки констант = статистическая обработка результатов:



Анализ источников погрешности расчетов НФХ установок БН-600, БН-800, БН-1200, БРЕСТ-300, МБИР, СВБР