



Контроль и диагностика
реакторов ВВЭР
большой мощности

А.Е. Калинушкин
РНЦ «Курчатовский институт»

III международная конференция
«АЭС: проектирование, строительство, эксплуатация»
Москва, 01.12.2009 г.



НЕОБХОДИМОСТЬ

В основу обеспечения безопасности АЭС с ВВЭР положен принцип глубокоэшелонированной защиты, построенной на применении системы барьеров на пути распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ в окружающую среду.

Средства контроля и диагностики реактора ВВЭР предназначены для мониторинга состояния этих барьеров и сохранения их эффективности



АКТУАЛЬНОСТЬ

- Повышение мощности
- Удлиненный топливный цикл
- Продление срока эксплуатации
- Снижение эксплуатационных затрат

СОСТАВ

Основные системы контроля и диагностики реактора ВВЭР:

- система внутриреакторного контроля (СВРК);
- система управления и защиты (СУЗ), включая систему вне реакторного потока (СКНП);
- управляющая система безопасности по технологическим параметрам (УСБТ);
- система верхнего блочного уровня (СВБУ);
- система виброшумовой диагностики (СКВ);
- система контроля течей теплоносителя (СКТ);
- система обнаружения свободных и слабозакрепленных предметов (СОСП);
- система комплексного диагностирования (СКД);
- система технического диагностирования ГЦНА (СТД ГЦНА);
- система контроля остаточного циклического ресурса оборудования (САКОР);
- система комплексного анализа (СКА);
- система диагностики арматуры.

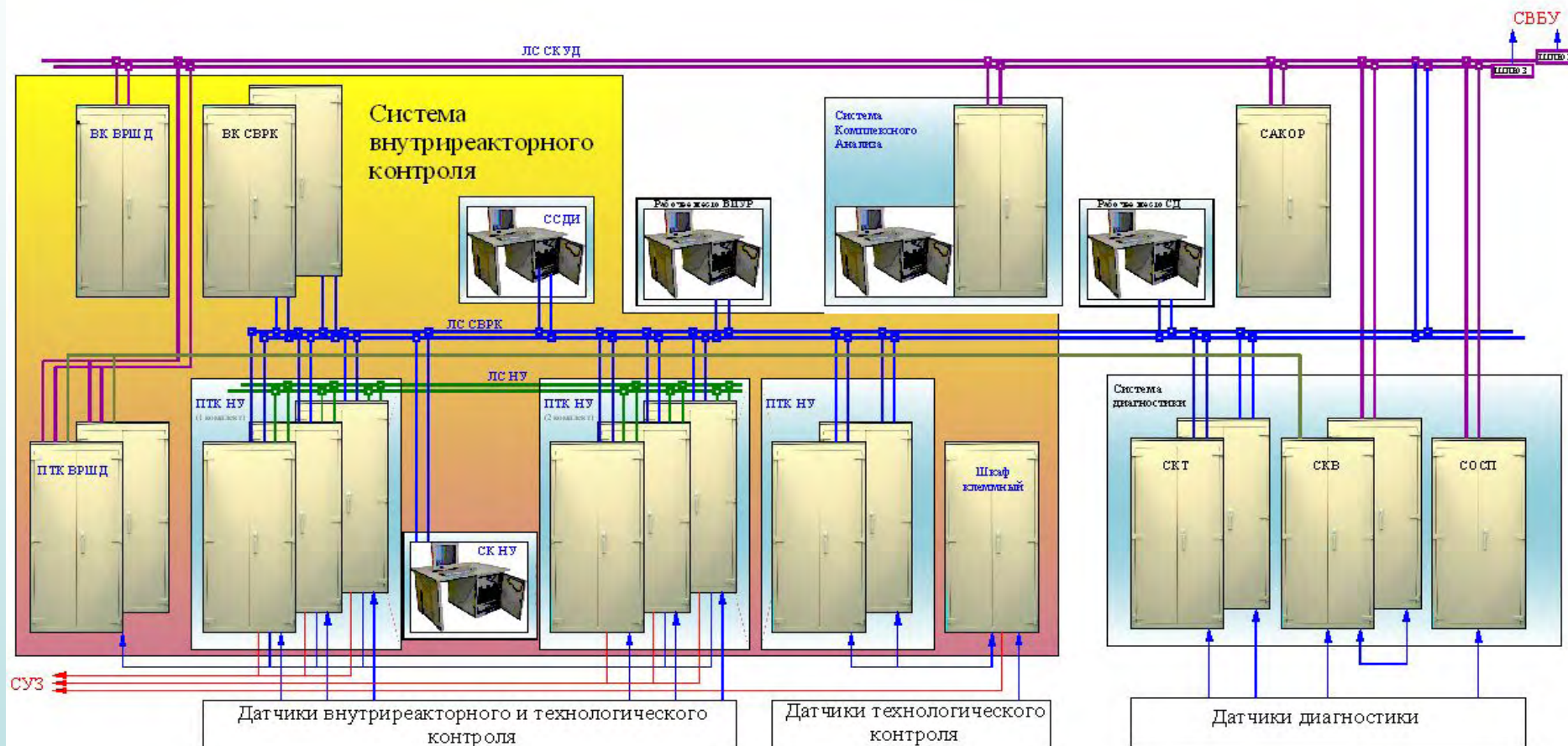
СВРК + СКВ + СКТ + СОСП + СКД +
САКОР + СКА = СКУД



Система контроля, управления и диагностики (СКУД) обеспечивает комплексный контроль и диагностирование реактора ВВЭР.

Разработчик СКУД – РНЦ «Курчатовский институт» при участии ОКБ «Гидропресс», ВНИИАЭС, ГНЦ РФ – ФЭИ, Диапром, СНИИП-АСКУР, СНИИП.

Структурная схема СКУД

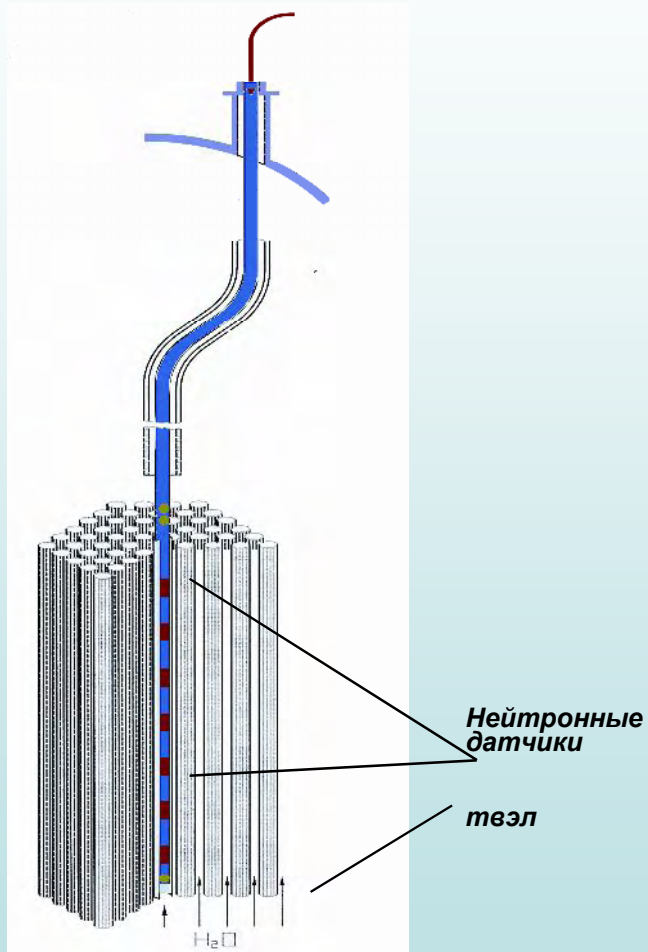




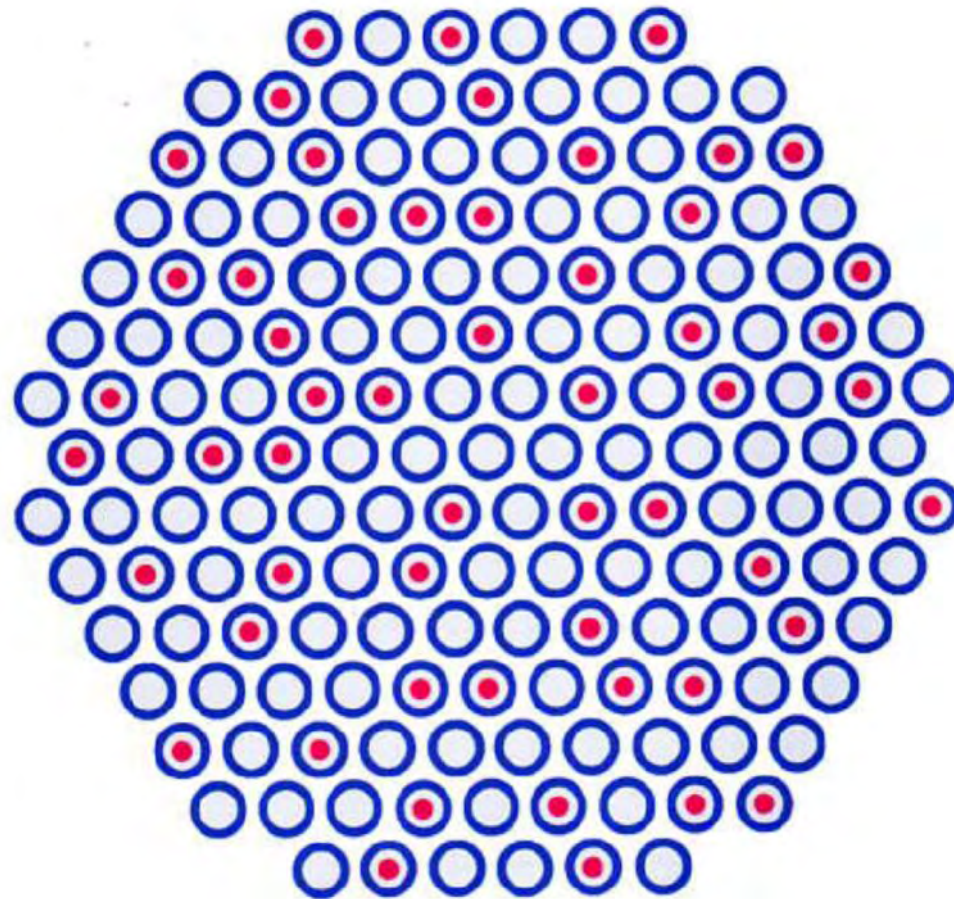
Этапы развития внутриреакторного контроля на ВВЭР

1. Контроль с помощью внереакторных камер и термопар, расположенных на выходе из части ТВС
2. Развитие за счет периодических активационных измерений
3. Создание системы на базе постоянно размещенных в активной зоне родиевых ДПЗ и термопар на выходе из части ТВС

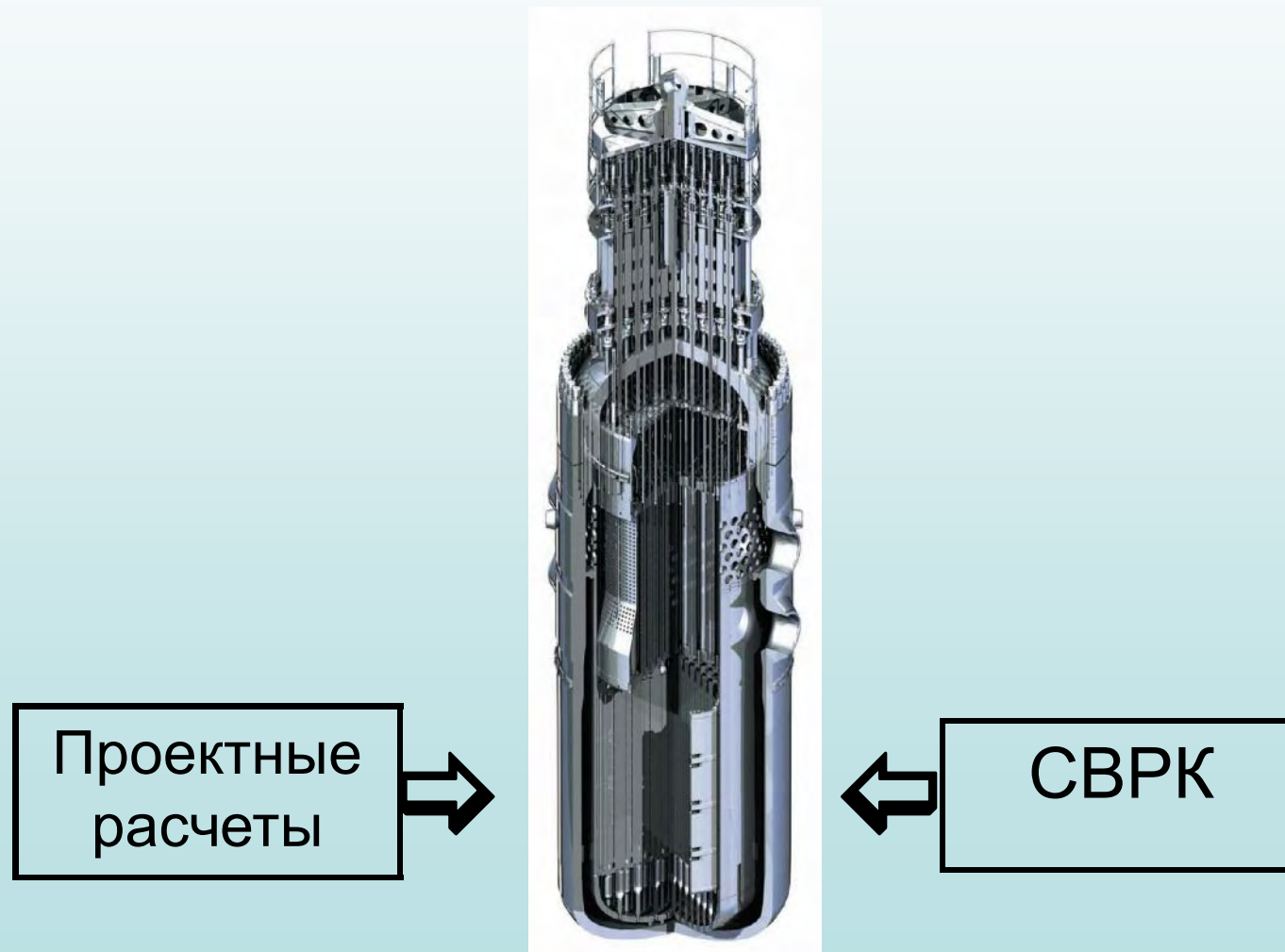
Размещение внутриреакторных датчиков в активной зоне



Внутриреакторный измерительный канал (КНИ), размещенный в ТВС



СВРК является основным средством наблюдения за эксплуатацией топлива в активной зоне в режимах нормальной эксплуатации, нарушения нормальной эксплуатации реакторов ВВЭР и проектных авариях



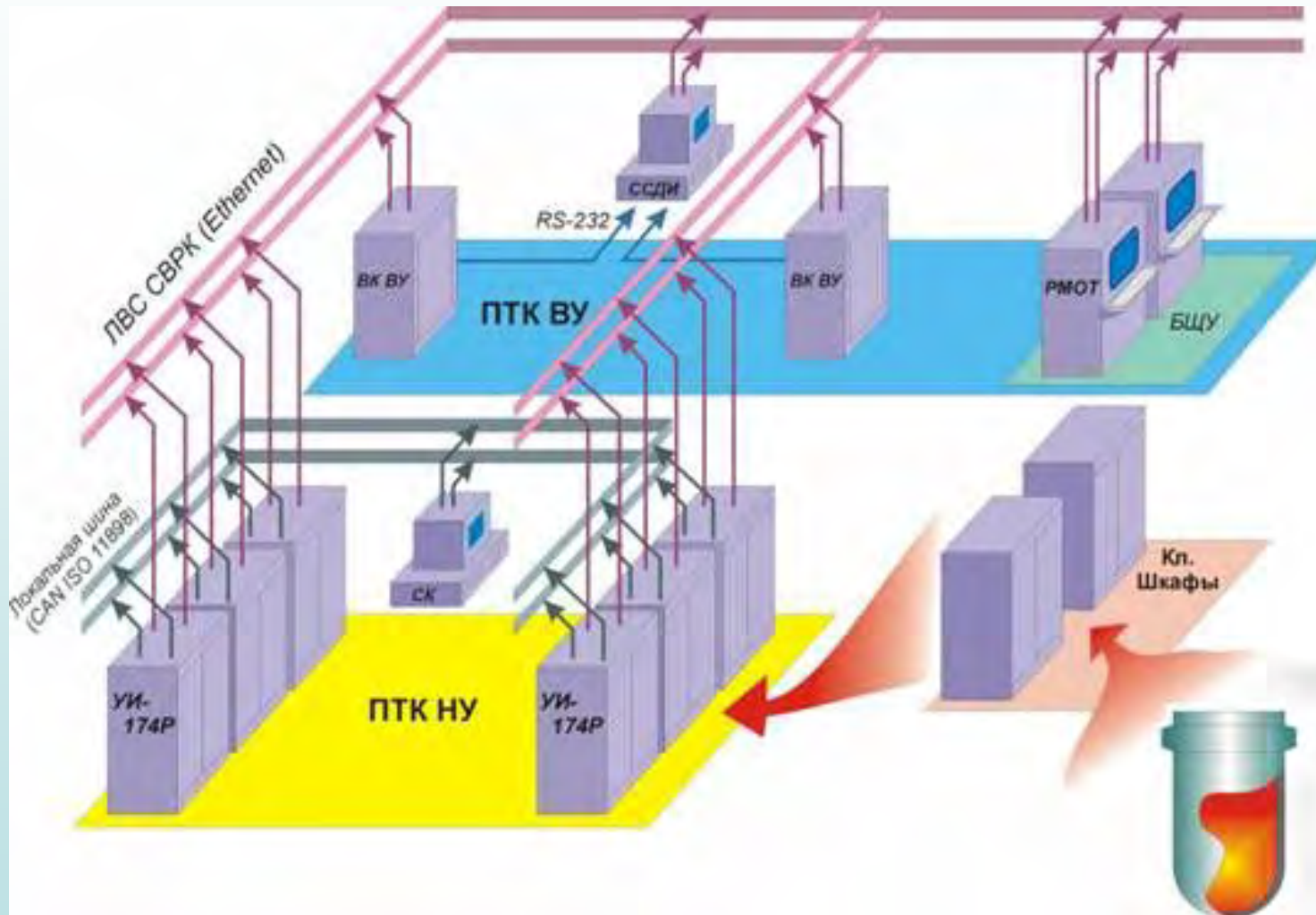
СВРК-М – новое поколение систем внутриреакторного контроля на ВВЭР-1000.

Основу СВРК –М проекта РУ В-320 составляют:

- **внутриреакторные датчики нейтронного потока (родиевые ДПЗ в количестве $7 \times 64 = 448$ штук) и температуры (95 термоэлектрических хромель-алюмелевых преобразователей типа К);**
- **измерительная аппаратура высокого класса точности (погрешность 0,05% для всех измерительных каналов)**
- **высокопроизводительная вычислительная техника в исполнении для ответственных применений;**
- **специализированное программное обеспечение.**

Всё оборудование и специализированное программное обеспечение СВРК-М разработано и изготовлено в России.

Структура СВРК-М



Основные отличительные особенности СВРК-М

- а)** устранение запаздывания родиевого ДПЗ для оперативного контроля энерговыделения в активной зоне
- в)** оперативный и независимый контроль тепловой мощности реактора по показаниям родиевых ДПЗ
- с)** контроль, аварийная и предупредительная защита по внутриреакторным (пиковым) факторам
- д)** независимый контроль мощности ТВС по показаниям родиевых ДПЗ и по данным внутриреакторного термоконтроля
- е)** отличие расчетной части программного обеспечения СВРК-М от используемого проектного кода

Подтвержденные при испытаниях СВРК-М на АЭС с ВВЭР-1000 значения неопределенностей:

- максимальное линейное энерговыделение – 5,4%
- максимальная мощность ТВС – 5%
- средневзвешенная мощность реактора - 2%
- температура теплоносителя – 0,3 °С (на нулевой мощности в горячем состоянии)

СООТВЕТСТВИЕ СВРК-М

международным стандартам

СВРК-М соответствует стандарту МЭК 61513

Оборудование СВРК-М прошло квалификацию по стандарту МЭК 60780

Программное обеспечение СВРК-М разработано с учетом требований стандарта МЭК 60880

Разработка проекта, оборудования и программного обеспечения проводилась в соответствии с требованиями ISO 9001



*Проект СВРК-М одобрен
Ростехнадзором России*

*Оборудование и программное
обеспечение СВРК-М
сертифицировано независимой
уполномоченной фирмой
«Атомсертифика» (Россия)*

Референтность СВРК-М

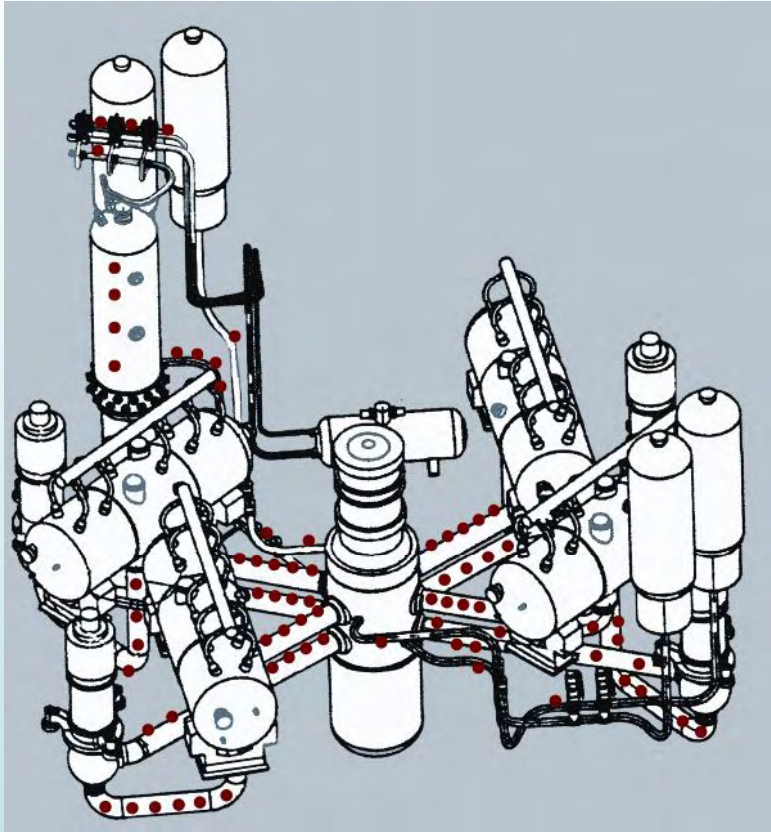
- 5 блок АЭС “Козлодуй”;
- 6 блок “АЭС “Козлодуй””;
- 3 блок Калининской АЭС;
- 1 блок АЭС “Тяньвань”;
- 2 блок АЭС “Тяньвань”;
- 2 блок Балаковской АЭС (обеспечила работу на 104% Nном);
- 3 блок Балаковской АЭС.
- 1 блок Калининской АЭС
- 2 блок Калининской АЭС

Развитие СВРК-М

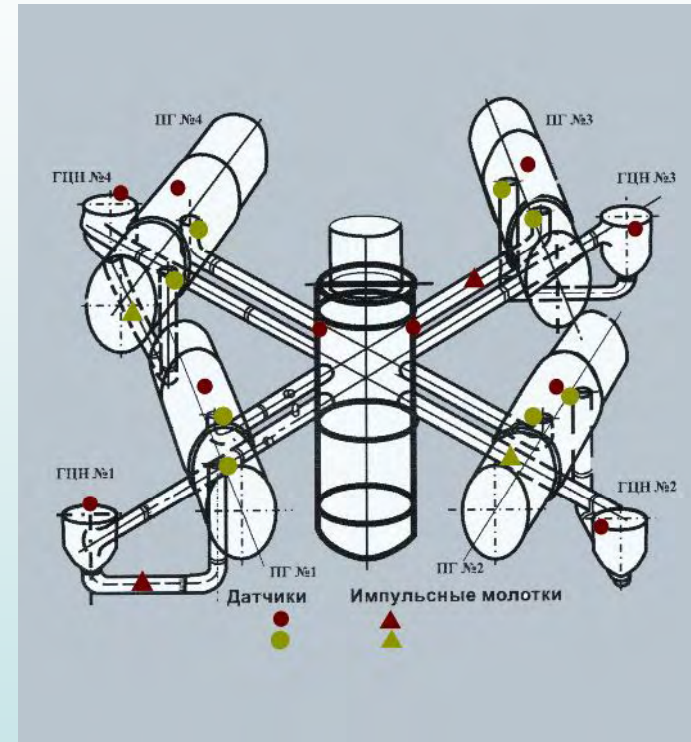
Планируется внедрение следующих новых функций СВРК-М:

- контроль эксплуатационных ограничений по нагрузке топлива в процессе выгорания активной зоны для повышения эксплуатационной гибкости топливных циклов;
- информационная поддержка по оптимальному ведению водно-химического режима первого контура для повышения надежности эксплуатации топлива.

Размещение датчиков систем диагностики СКУД (СКТ и СОСП) на оборудовании ВВЭР-1000



*Размещение датчиков контроля
течи теплоносителя*



*Размещение датчиков обнаружения
свободных предметов в
контуре циркуляции
теплоносителя*

Внедрение систем диагностики на АЭС с ВВЭР-1000

Система		БлкАЭС				КлнАЭС			НВАЭС	ТАЭС	
		1	2	3	4	1	2	3	5	1	2
Контроля течей	Акустика										
	Влажность										
Виброшумовой диагностики											
Обнаружения свободных и слабозакрепленных предметов											

Спасибо за внимание