

РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ ВВЭР-600

Беркович Вадим Яковлевич

Главный конструктор – начальник отделения

Заседание Совета управляющих и
Совета Директоров ВАО АЭС-МЦ

14-15 октября 2014 г.

 ОКБ «ГИДРОПРЕСС»



атомэнергомаш
ГРУППА КОМПАНИЙ РОСАТОМА

ВВЭР-440 (6 петель)

- Проект разрабатывался в 70-е годы.
В настоящее время 23 энергоблока находится в эксплуатации.

ВВЭР-640 (4 петли)

- Проект разрабатывался в 90-е годы
- Проект разрабатывался совместно с Siemens.
- Была получена лицензия на сооружение.

ВВЭР-600 (2 петли)

- Проект разрабатывается на базе ВВЭР-1200/ ВВЭР-ТОИ.
- Двухпетлевая реакторная установка.
- Площадка размещения – ???

Технико-экономические требования к энергоблокам средней мощности:

Тепловая мощность реакторной установки, не более, МВт	1714
КПД энергоблока при гарантийных испытаниях (брутто), не менее, %	35
Коэффициент технического использования энергоблока, не менее	0,92
Назначенный срок службы АЭС, лет	60
Оборудование энергоблока должно обеспечивать период между перегрузками топлива, месяцев	18 - 24
Численность оперативного персонала (удельная), чел./МВт	0,37
Время обеспечения автономности работы АЭС в случае запроектной аварии, не менее, ч	72
Снижение расчетной стоимости сооружения для серийного энергоблока по сравнению с проектом ВВЭР ТОИ, %	≥ 25

Максимальное заимствование
оборудование из проектов
ВВЭР-1200/ ВВЭР-ТОИ

Готовность промышленности к
изготовлению оборудования

Удержание
расплава
активной зоны
в корпусе
реактора в ходе
тяжелой ЗПА

Двухпетлевая РУ

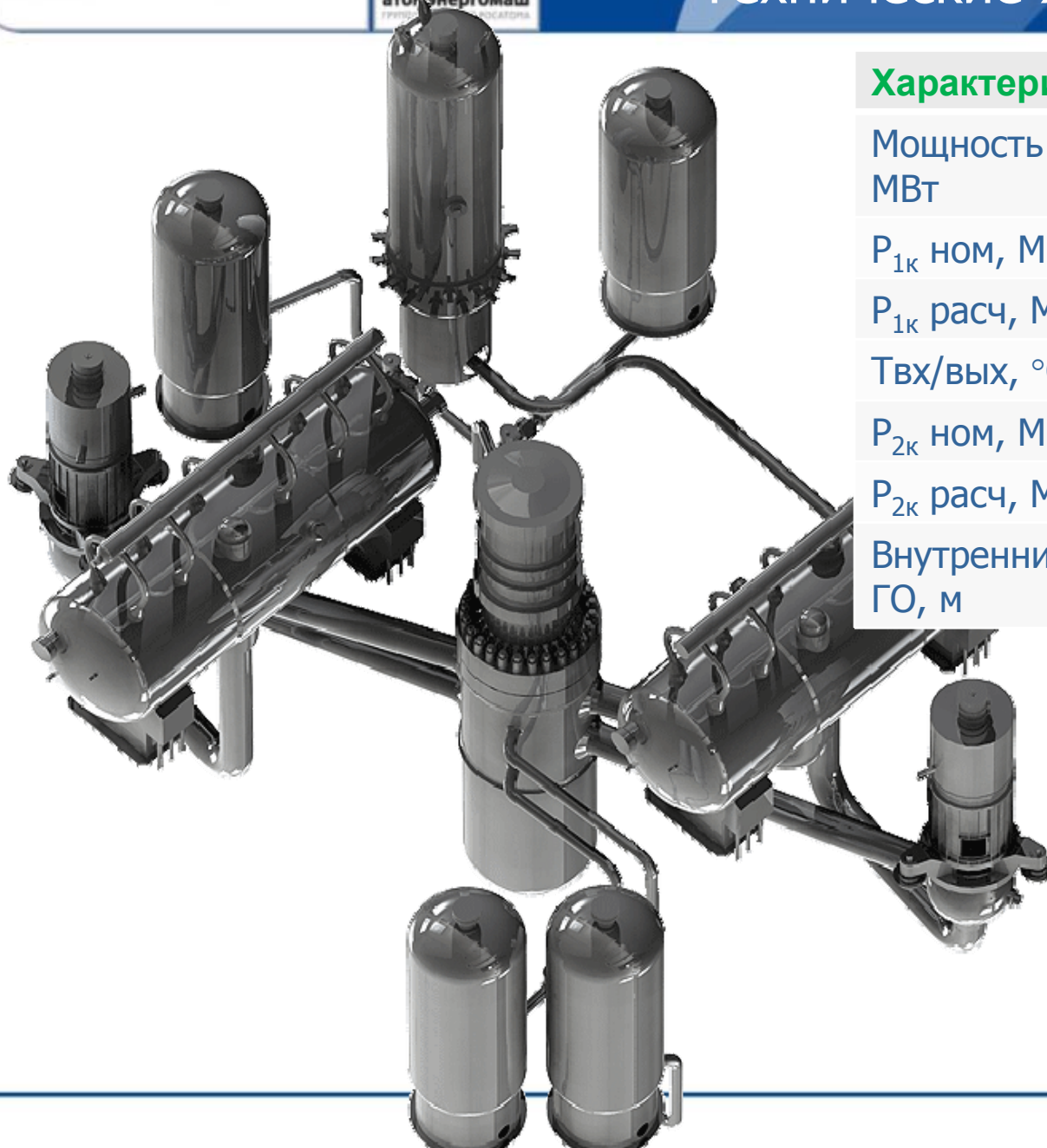
ВВЭР-600

Максимальное
расчетное
землетрясение по
системе MSK-64 –
до 9 баллов;

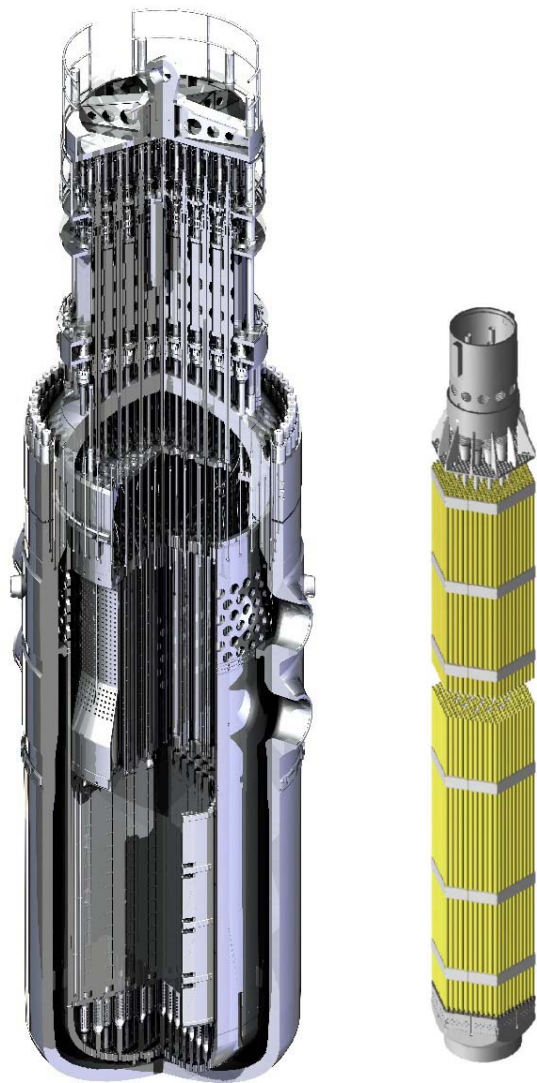
Срок службы
оборудования – 60 лет

Автономность -72 часа

Маневренность

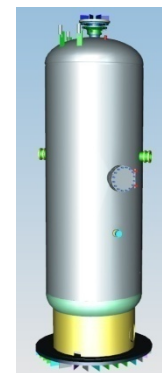
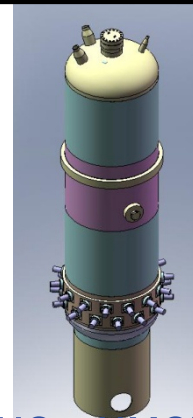
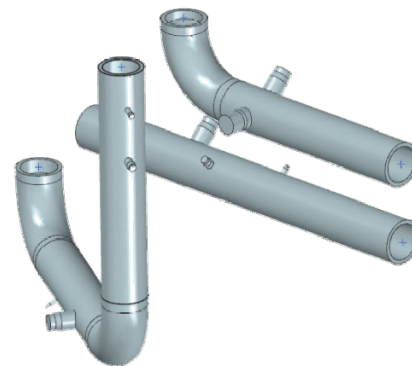


Характеристика	Значение
Мощность реактора, МВт	1600
$P_{1к}$ ном, МПа	16,2
$P_{1к}$ расч, МПа	17,64
Твх/вых, °С	299 / 325
$P_{2к}$ ном, МПа	7,0
$P_{2к}$ расч, МПа	до 9,0
Внутренний диаметр ГО, м	36



<p>Единица оборудования РУ</p>	<p>Характеристика</p>
<p>Реактор</p>	<p>Уменьшен диаметр корпуса реактора и ВКУ, конструктивные особенности и решения референтны проекту ВВЭР-ТОИ.</p>
<p>Тепловыделяющая сборка</p>	<p>Прототип ТВС-2М</p>
<p>Количество ТВС</p>	<p>121</p>
<p>Количество приводов СУЗ</p>	<p>66</p>

Единица оборудования РУ	Характеристика
Парогенератор	ПГВ-1000МКП (2 шт.; применены из ВВЭР-1200);
ГЦНА	ГЦНА-1391 (2 шт.) применены из ВВЭР-1200
Главный циркуляционный трубопровод	«Горячие» и «Холодные» нитки - Ду850, как в проектах ВВЭР-1200/ВВЭР-ТОИ
Компенсатор давления, барботер	Применены из РУ ВВЭР-1200/ВВЭР-ТОИ
Емкость САОЗ (ГЕ-1)	Применены из РУ ВВЭР-ТОИ (4 шт.)
Емкость СПЗАЗ (ГЕ-2)	Применены из ВВЭР-1200/ВВЭР-ТОИ (4 шт.)



Изготовление основного оборудования налажено, имеются тесные связи с заводами-изготовителями, есть рабочая документация.



В ходе работ по АЭС в ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200 проектными и конструкторскими организациями отработаны процессы лицензирования ВВЭР.

Монтажными организациями освоены все технологии, необходимые для сооружения энергоблоков с ВВЭР-600.

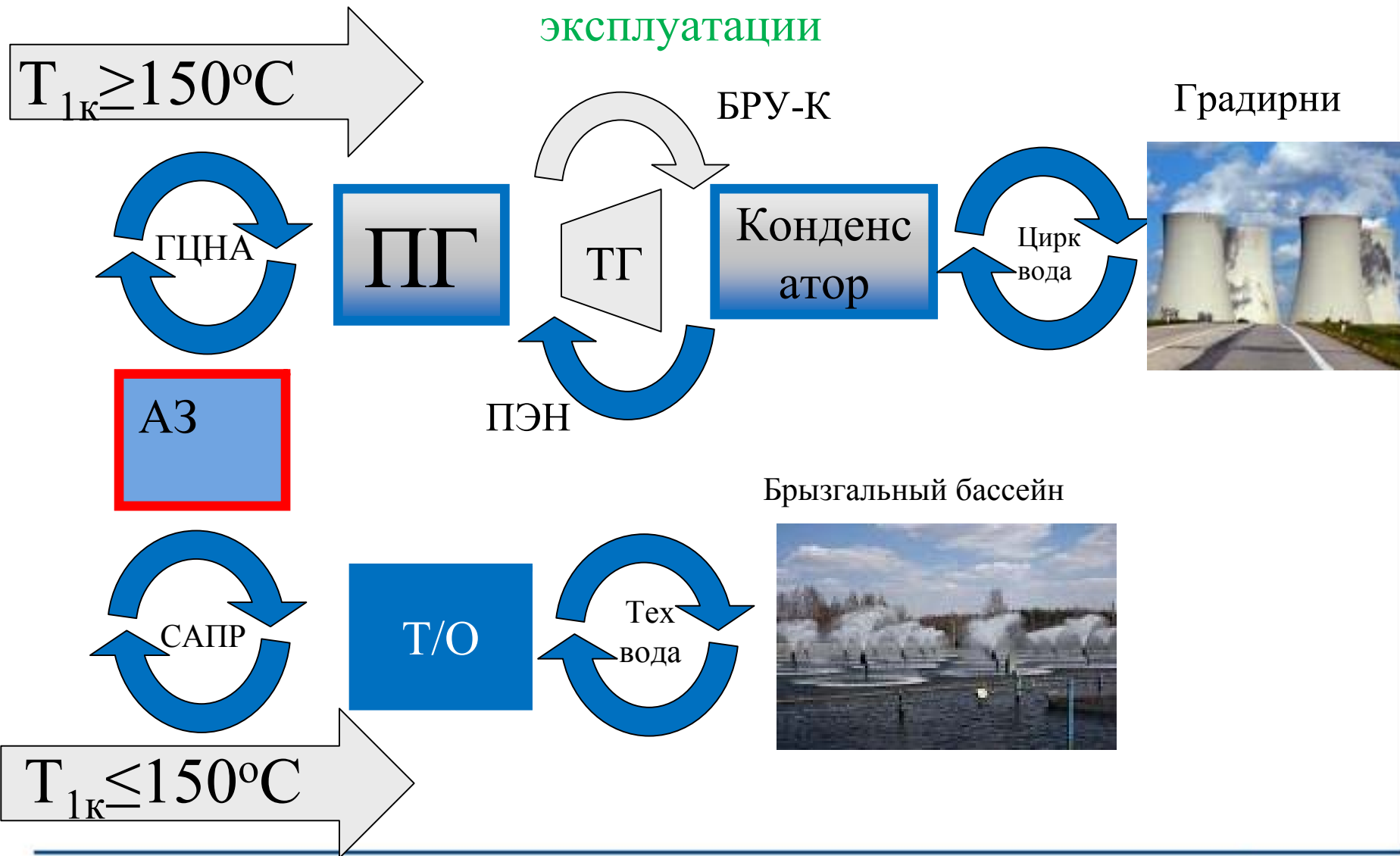
Проектные основы СБ

- ✓ референтность технических решений;
- ✓ построение комплекса систем безопасности с использованием **активных и пассивных** систем;
- ✓ преодоление пассивными системами проектных аварий без превышения проектных критериев безопасности;
- ✓ совмещение СБ выполнения функций безопасности и НЭ;
- ✓ исключение сочетаний отказов, приводящих к потере выполнения основных функций безопасности (включая сочетания, ставшие причиной аварии на АЭС «Фукусима»).

Проектные основы СБ

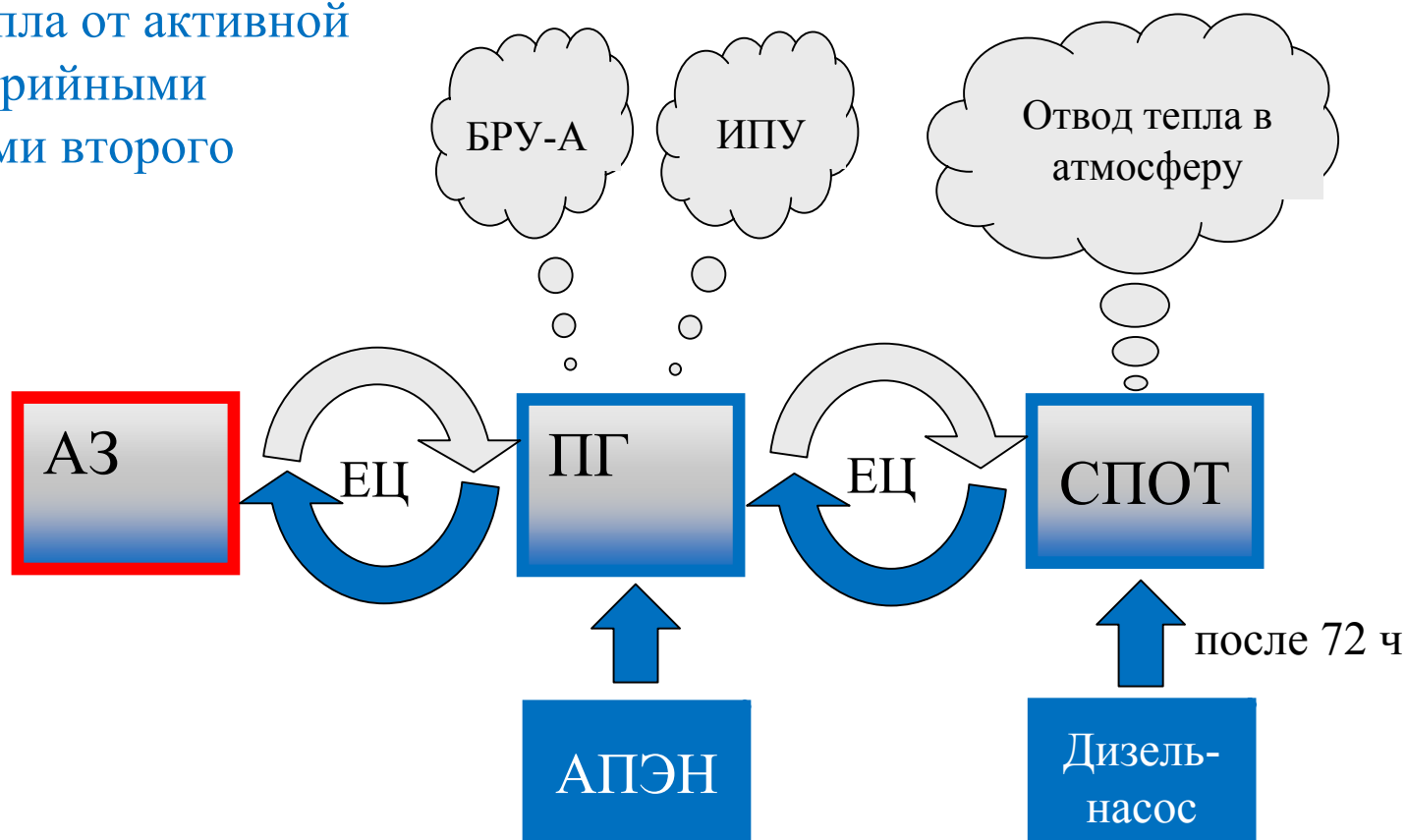
- ✓ 2-х-канальная структура активных систем безопасности;
- ✓ 2-х-канальная структура пассивных систем безопасности, подключенных ко второму контуру;
- ✓ 4-х-канальная (в каждом канале – два подканала) структура пассивных систем безопасности, подключенных к первому контуру;
- ✓ резервирование отдельным дизель-генератором 2-х-канальной системы аварийного электропитания при выводе в ремонт;
- ✓ удержание расплава активной зоны в корпусе реактора при внешнем и внутреннем охлаждении;

Отвод тепла от активной зоны в режимах нормальной эксплуатации



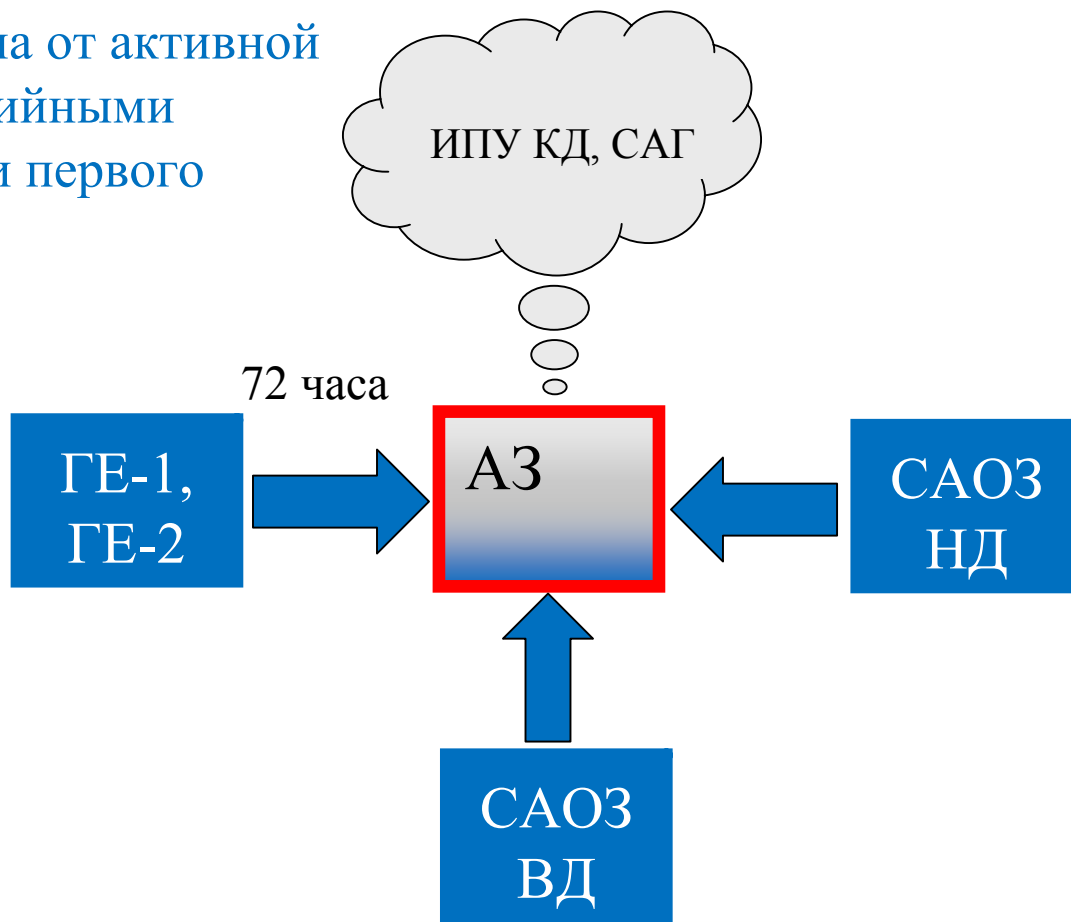
Диверсификация выполнения функции безопасности по отводу тепла от активной зоны системами безопасности, подключенными к второму контуру

Отвод тепла от активной зоны аварийными средствами второго контура



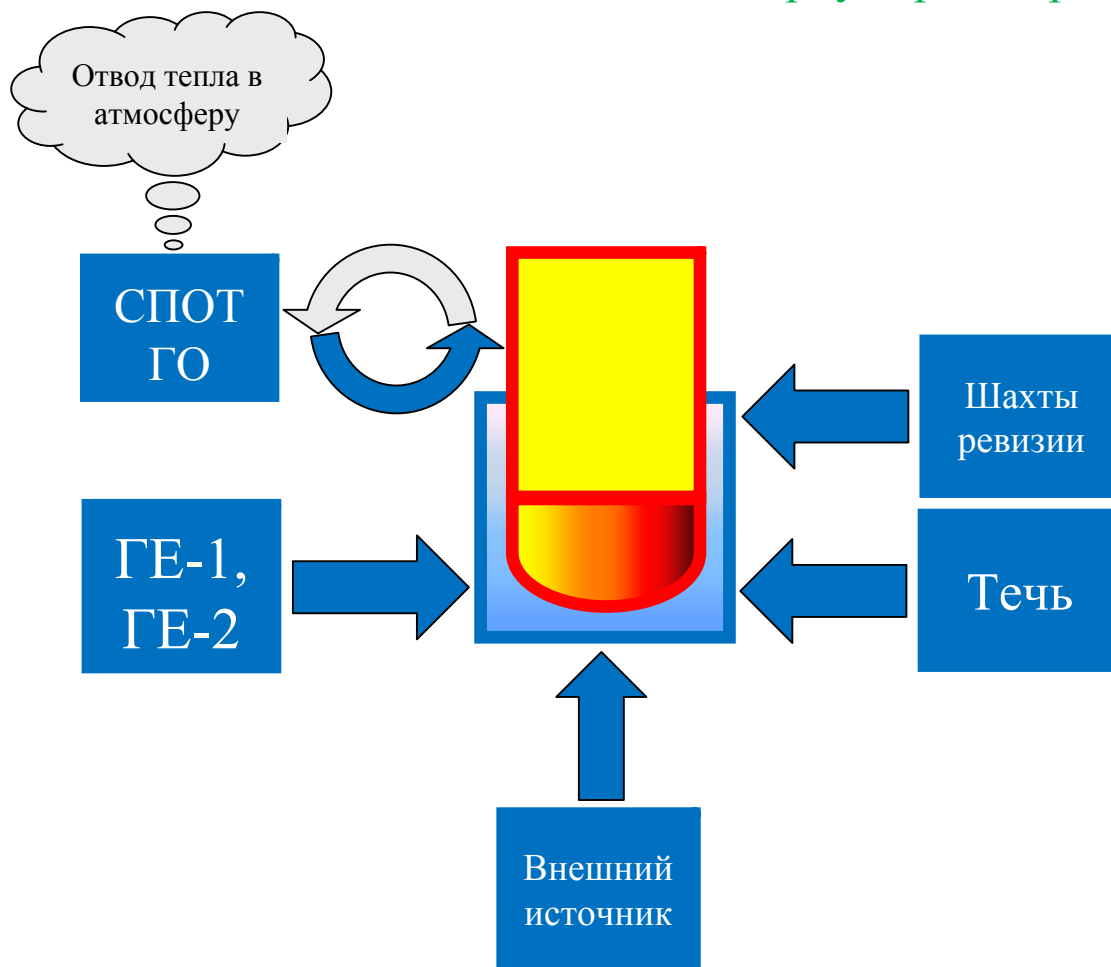
Диверсификация выполнения функции безопасности по отводу тепла от активной зоны системами безопасности, подключенными к первому контуру

Отвод тепла от активной зоны аварийными средствами первого контура



Комбинация ГЕ-1 с любым из других источников воды (ГЕ-2, САОЗ ВД, НД) позволяет совместно со сбросными устройствами (ИПУ КД, САГ) выполнить функцию безопасности

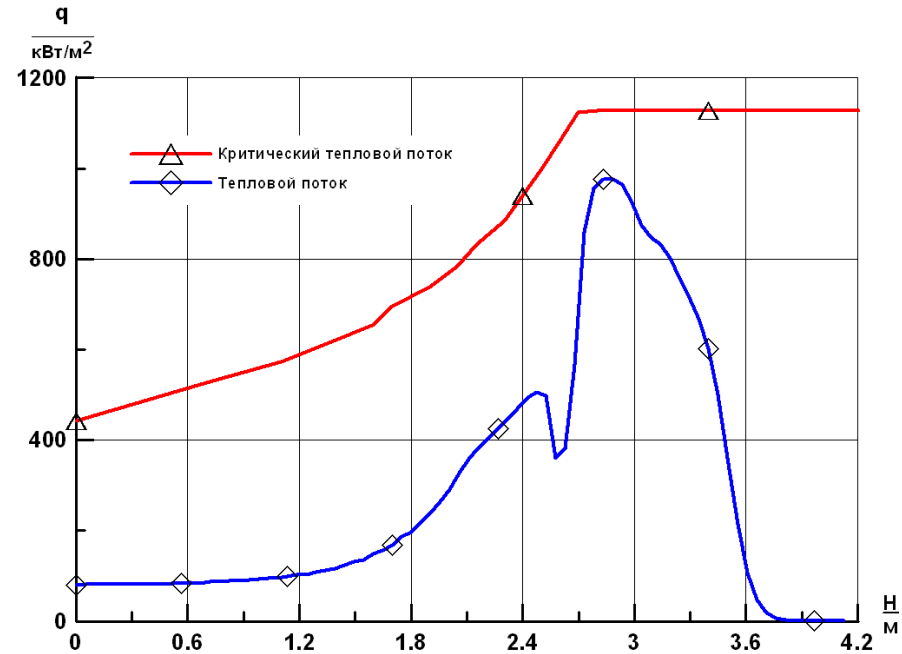
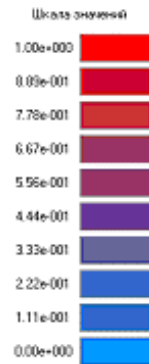
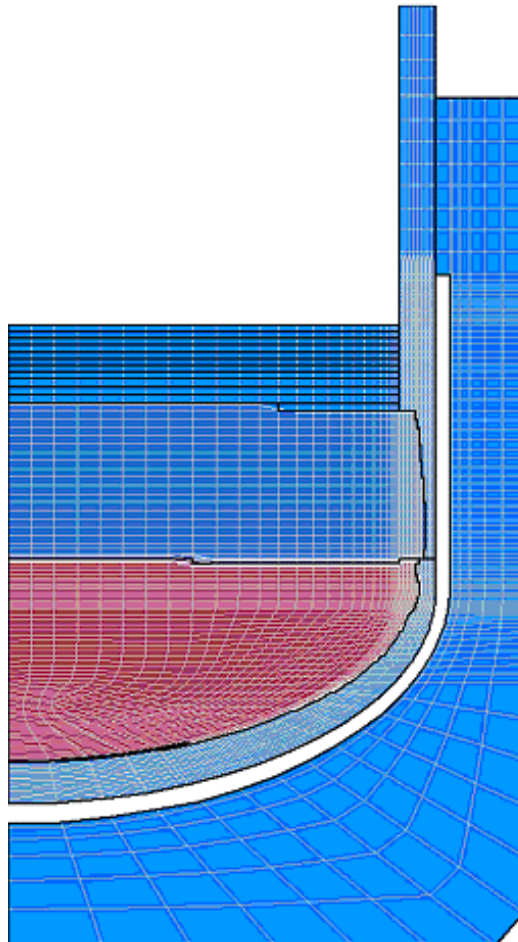
Отвод тепла при тяжелой ЗПА системой удержания расплава охлаждением корпуса реактора



Источники
теплоносителя для
залива шахты
реактора:
- ГЕ-1, ГЕ-2;
- 1 контур (течь);
- Шахты ревизии
ВКУ.

Отвод тепла от ГО –
работой СПОТ ГО

Распределение UO₂, T = 87000.27 сек.



Система удержания расплава охлаждением корпуса реактора снаружи позволяет отказаться от применения ловушки расплава.

Параметр	АЭС-2006	ВВЭР-600
Минимальный коэффициент запаса до кризиса теплоотдачи в стационарном режиме (с учетом погрешности корреляции)	1,42	1,39
Максимальное значение массового паросодержания в стационарном режиме	10,6%	4,9%
Средняя плотность мощности в активной зоне, кВт/л.	114	77
Температура / глубина окисления оболочки ТВЭЛ		
Проектная авария (течь 1 к. Ду 850)	1050 °С / 0,7%	<800 °С / <0,1%

Основные направления :

- снижение весогабаритных характеристик оборудования и трубопроводов РУ;
- сокращение сроков изготовления и сооружения;
- сокращение длительности ППР и объема ТОиР.

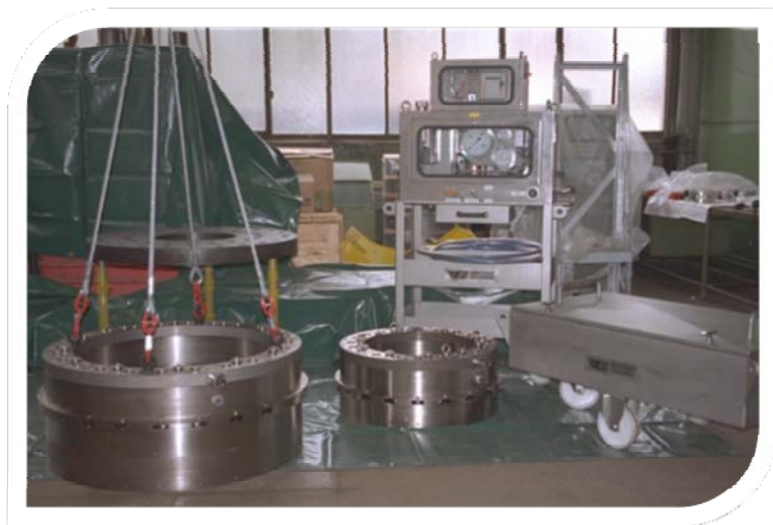
Переход от шести- и четырехпетлевых к двухпетлевой РУ ВВЭР позволяет сократить общую металлоемкость.

Весовые характеристики первого контура.			
РУ ВВЭР-600	РУ АЭС-2006	РУ ВВЭР-640	РУ ВВЭР-440
1890 т.	3310 т.	2776 т.	2314 т.

Проведение оптимизационных работ позволяют заявить об уменьшении диаметров и типоразмеров трубопроводов СКД и САОЗ, относительно проектов ВВЭР-1200/ ВВЭР-ТОИ

Продолжительность плановых остановов не превысит:

- 22 суток - для перегрузки топлива, ТО и СР РУ;
- 35 суток - для перегрузки (с полной выгрузкой) топлива, ревизии, ТО и КР РУ.



Расчетное значение коэффициента технического использования РУ ВВЭР-600 достигает **93,9%**.

Для двухпетлевой РУ ВВЭР-600:

- Приняты основные проектно-конструкторские и технологические решения по РУ.
- Показано соответствие РУ требованиям международных и российских норм в области безопасности.
- Обеспечена референтность оборудования, включая изготовление и эксплуатацию.
- Срок разработки документации для лицензирования – не более 2-х лет.