



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

Головные энергоблоки с ВВЭР Нововоронежской АЭС

Поваров Владимир Петрович

Директор филиала АО «Концерн Росэнергоатом»
«Нововоронежская атомная станция»

Текущее состояние Нововоронежской АЭС



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

№ блока	Тип реакторной установки	Год пуска	Год останова для вывода из эксплуатации
1	ВВЭР-210	1964	1984
2	ВВЭР-365	1969	1990
3	ВВЭР-440 (срок службы – 30 лет)	1971	2016
4	ВВЭР-440 (срок службы – 30 лет)	1972	2032
5	ВВЭР-1000 (срок службы – 30 лет)	1980	2040
НВАЭС-2 №1	ВВЭР-1200 (срок службы – 60 лет)	2017	2077
НВАЭС-2 №2	ВВЭР-1200 (срок службы – 60 лет)	2019	2079



Энергоблоки № 1 и 2



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

Эксплуатация
энергоблока №1

Конструктивные изменения
и технологические
усовершенствования

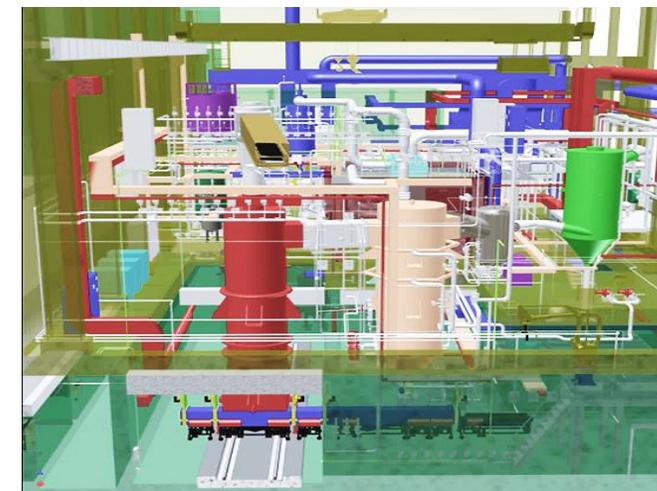
Проектирование и
эксплуатация
энергоблока №2

Отработка режимов
эксплуатации для
серийных энергоблоков

Вывод из эксплуатации
энергоблоков №1,2

Экспериментальная площадка для
исследования систем пассивного отвода тепла
от АЗ и радиационного материаловедения

Проектирование и сооружение
серийных энергоблоков ВВЭР



ГОЛОВНЫЕ БЛОКИ СЕРИИ АЭС С ВВЭР-440



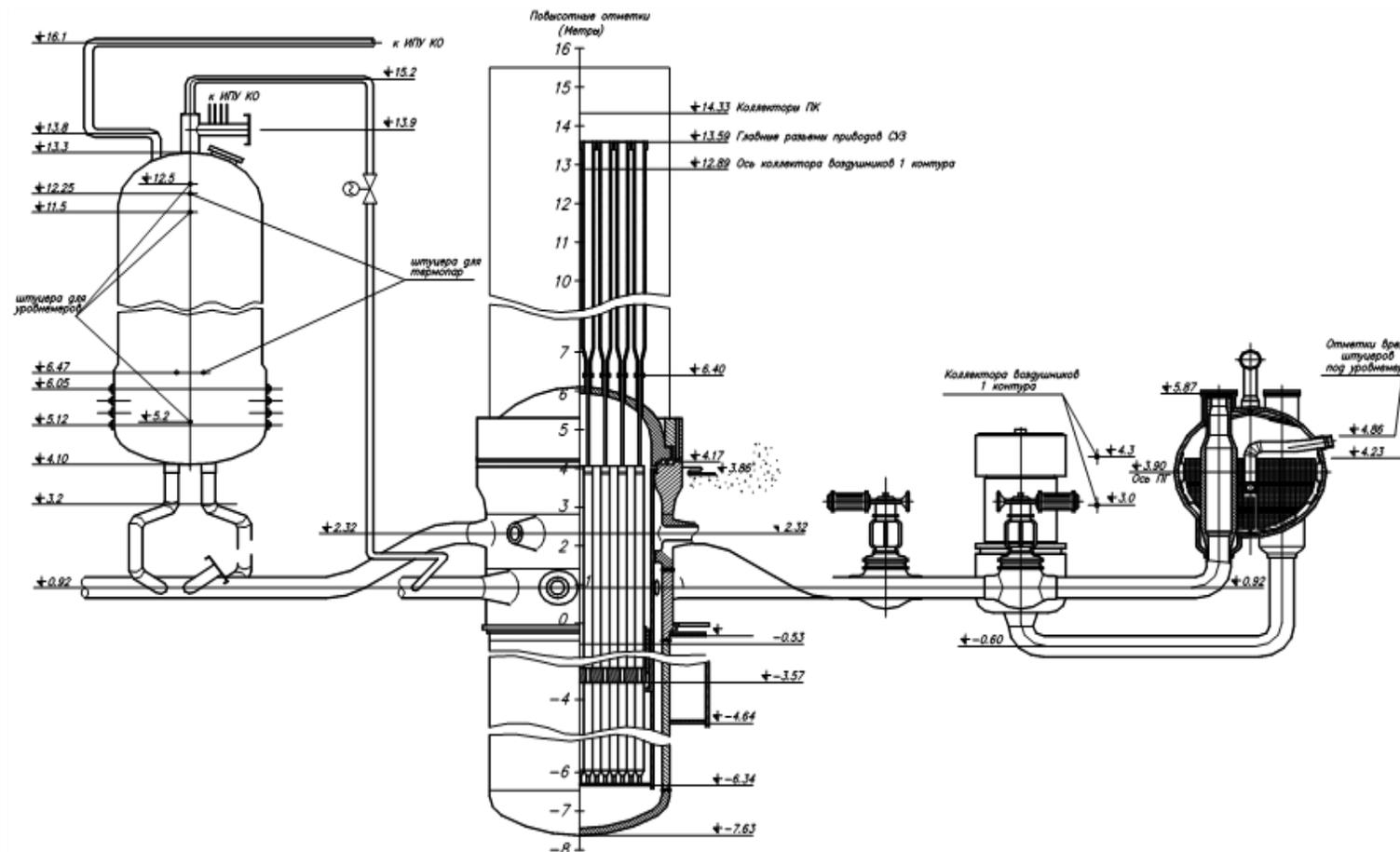
Энергоблоки № 3 и 4 – головные блоки серии АЭС с ВВЭР-440



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

Особенности проекта В-179

- небольшая, компактная активная зона;
- высокая эффективность аварийной защиты реактора;
- низкая энергонапряженность активной зоны;
- большой объем теплоносителя первого контура и большой запас воды второго контура в парогенераторах.



Энергоблоки № 3 и 4 – продление срока эксплуатации



Проект РУ В-179 выполнен в соответствии с общепромышленными правилами и нормами по безопасности 60-х годов. В качестве максимальной проектной аварии принята течь трубопровода Ду100 с ограничительной вставкой Ду32. Частота повреждения активной зоны (ЧПАЗ) $1,08 \times 10^{-3}$ 1/реактор*год.

Этапы ПСЭ

- Комплексное обследование энергоблоков.
- Модернизация блоков с целью повышения их безопасности.
- Обоснование остаточного ресурса незаменимого оборудования, замена оборудования, выработавшего ресурс.
- Разработка отчетов по углубленной оценке безопасности энергоблоков № 3, 4.



Энергоблоки № 3 и 4 – продление срока эксплуатации



НОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

Основные работы по модернизации

- Установлены дополнительные аккумуляторные батареи и щиты постоянного тока.
- Модернизирована существующая сеть надежного питания первой категории переменного тока.
- Смонтированы два дополнительных дизель-генератора (ДГ 7,8) по 1600 кВт каждый.
- Модернизирована сеть 6 кВ надежного питания 2 категории с целью создания двух каналов СБ.
- Модернизирована система контроля и управления с установкой по два комплекта АКНП: СУЗ, РОМ.
- Оснащение средствами, предназначенными для управления ЗПА:
 - передвижным источником аварийного электроснабжения (мобильным дизель-генератором);
 - передвижной насосной установкой для подачи воды в парогенераторы.

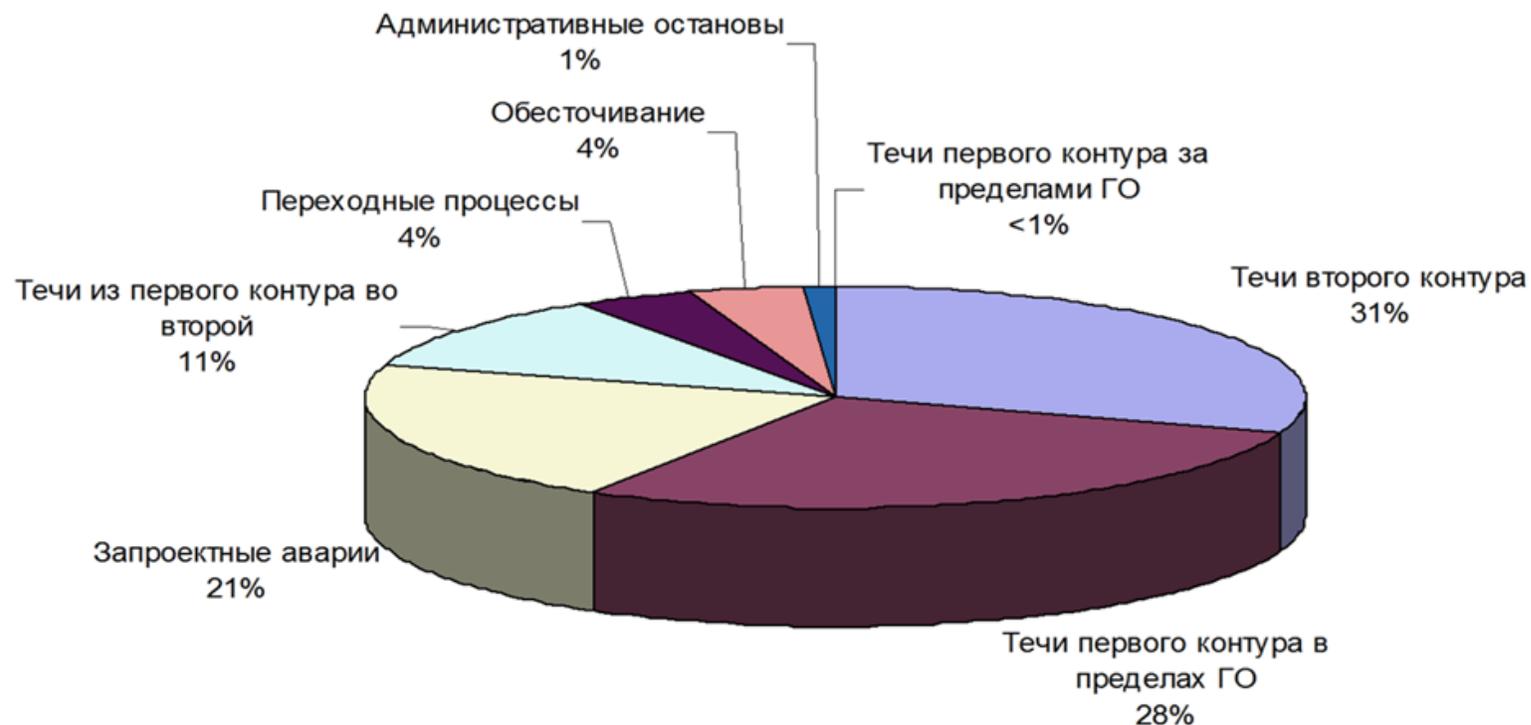


Энергоблоки № 3 и 4 – продление срока эксплуатации



Результаты модернизации энергоблоков № 3, 4 Нововоронежской АЭС при первом продлении сроков эксплуатации

По результатам ВАБ первого уровня энергоблока № 4 частота повреждения активной зоны реактора составила $5,6 \times 10^{-5}$ 1/год при исходном (до модернизации) значении $1,08 \times 10^{-3}$ 1/год.



Энергоблоки № 3 и 4 – повторное продление срока эксплуатации энергоблока № 4



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

Концепция повторного продления срока эксплуатации энергоблока № 4 Нововоронежской АЭС

- Повышение уровня безопасности путем расширения спектра проектных аварий вплоть до разрыва ГЦТ Ду 500 мм.
- Повышение устойчивости энергоблока к экстремальным внешним воздействиям природного и техногенного характера.
- Обоснование возможности повторного продления срока эксплуатации незаменимого оборудования реакторной установки.
- Обеспечение экономической эффективности продления срока эксплуатации.



Энергоблоки № 3 и 4 – повторное продление срока эксплуатации энергоблока № 4



Принципиальная схема ПСЭ энергоблока №4

Основные цели ПСЭ	Основные работы ПСЭ	
Расширение проекта энергоблока №4, включение в его периметр строительных конструкций, систем и оборудования смежного энергоблока №3	Внедрение новых и модернизация существующих систем безопасности (интеграция смежного энергоблока №3)	<ol style="list-style-type: none">1. Внедрение пассивной САОЗ и САОЗ НД, системы по ограничению давления на ВБ2. Объединение конфайнментов 3-го и 4-го энергоблоков3. Создание 4-х канальных СБ4. Внедрение РЦУ5. Внедрение ПМТ
Восстановление ресурсных характеристик незаменимого оборудования РУ	Проведение восстановительного отжига металла корпуса реактора и исследование выбранных темплетов для подтверждения остаточного ресурса. Внедрение системы подогревы воды КБ корпуса реактора	
Замена оборудования с невозстанавливаемым ресурсом, разработка Решений о продлении остаточного ресурса элементов блока	Выполнение «Программы подготовки блока АС к дополнительному сроку эксплуатации», № НВАЭС4ПРГ-16К(3,9)2014	
Обоснования безопасности	Разработка ОУОБ, ВАБ	

Энергоблоки № 3 и 4 – повторное продление срока эксплуатации энергоблока № 4



НОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

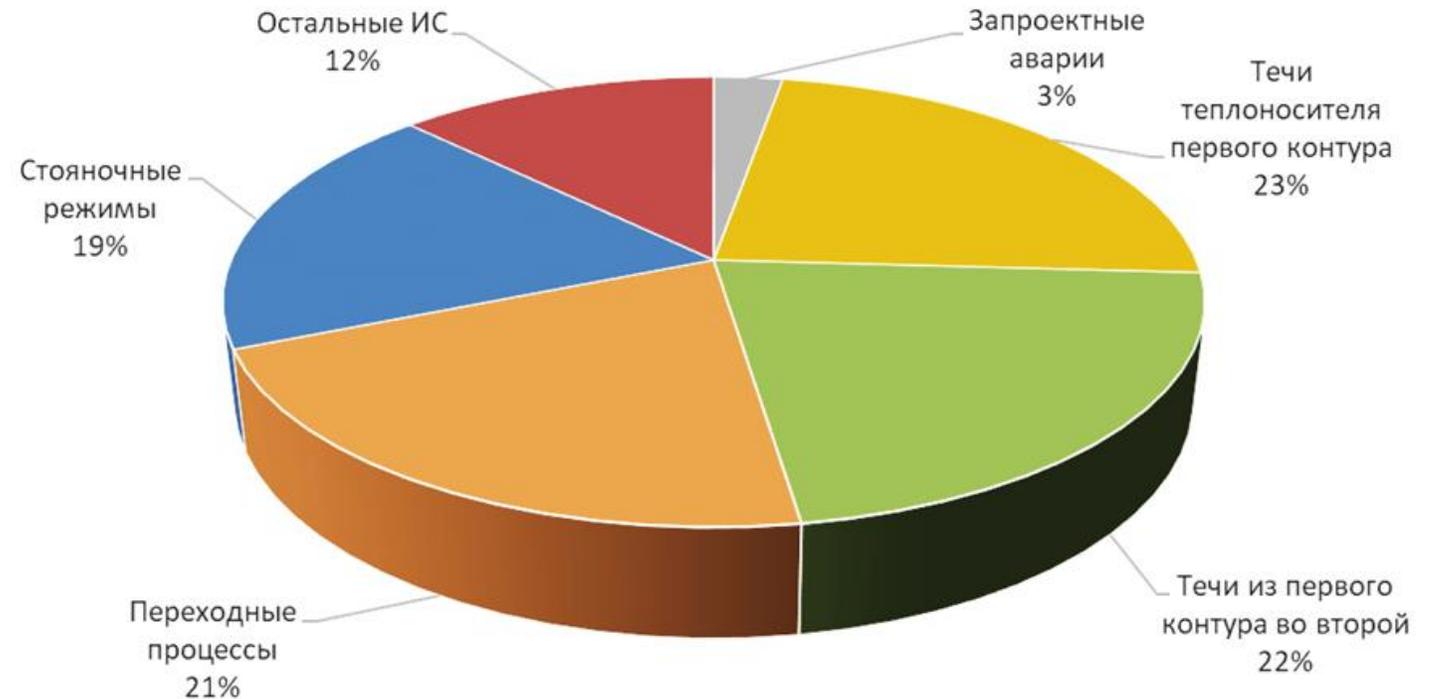
Результаты модернизации энергоблока № 4 при повторном продлении срока эксплуатации

По результатам ВАБ первого уровня энергоблока № 4 частота повреждения активной зоны (ЧПАЗ) реактора при работе на мощности в результате модернизации снизилась с $5,6 \times 10^{-5}$ 1/год до $2,2 \times 10^{-5}$ 1/год.

ЧПАЗ с учетом стояночных режимов, которые ранее не анализировались, составляет $3,2 \times 10^{-5}$ 1/год.

При этом обоснована течь теплоносителя первого контура Ду 500 мм, вместо прежнего Ду 120 мм.

Распределение вкладов в значение ЧПАЗ по различным группам исходных событий для всех эксплуатационных состояний



ГОЛОВНОЙ БЛОК СЕРИИ АЭС С ВВЭР-1000



Энергоблок № 5 – головной энергоблок серии ВВЭР-1000



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

Продление срока эксплуатации энергоблока № 5 в 2010-2011гг.
Основные работы по модернизации

- заменено 95% оборудования систем электроснабжения СБ и СНЭ ВБ, заменены АКНП, СВРК, АЗТП;
- заменены статоры, возбудители, системы возбуждения, генераторные выключатели ТГ-13, 14;
- дополнительно смонтировано оборудование канала САЭ, в том числе построена новая ячейка РДЭС;
- заменено 1 400 км кабеля из имевшихся на блоке 1500 км и вновь проложено 550 км кабеля.



КРУ-6 кВ



РДЭС-2



ТГ-14

Энергоблок № 5 – головной энергоблок серии ВВЭР-1000



Результаты продления срока эксплуатации энергоблока №5

- Обеспечено соответствие 5 блока требованиям ФНП и стандартам МАГАТЭ.
- Частота повреждения активной зоны снижена с величины $6,9 \times 10^{-4}$ (1/реактор год), до $2,9 \times 10^{-5}$ (1/реактор год), что соответствует рекомендациям МАГАТЭ.
- Обеспечено продление срока эксплуатации энергоблока №5 на 30 лет.

После аварии на АЭС «Фукусима-1» энергоблок №5 оснащен

- ПНУ-150/900 (Подача аварийной питательной воды в ПГ. Подача борной кислоты из баков Б-8/1,2,3 в напор насосов АВН-1,2,3).
- ПНУ-20/50 (Откачка воды с «минусовых» отметок ТО).
- Мотопомпами ПНУ-150/120 (Подача артезианской воды на заполнение баков аварийного запаса ХОВ).



ГОЛОВНОЙ БЛОК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ВВЭР-1200

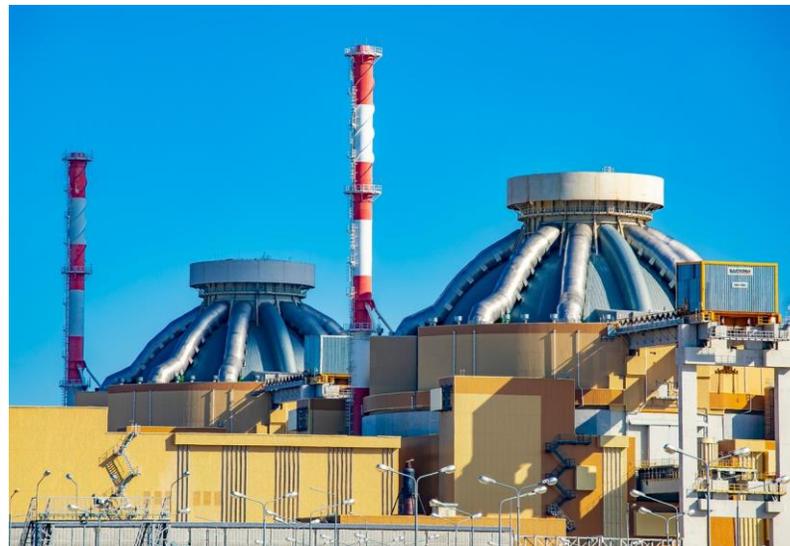


Нововоронежская АЭС-2 – энергоблоки № 1, 2 (поколение 3+)



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

№ блока	Физический пуск	Энергетический пуск	Ввод в промышленную эксплуатацию
1	20 мая 2016	5 августа 2016	27 февраля 2017
2	22 марта 2019	1 мая 2019	31 октября 2019



Нововоронежская АЭС-2 – энергоблоки № 1, 2 (поколение 3+)



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

ВВЭР-1200

Тип реактора

3200 МВт

Тепловая мощность

1195,4 МВт

Электрическая мощность

60 лет

Срок службы



Проект энергоблока с ВВЭР-1200 – основные преимущества



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ



«Реактор ВВЭР-1200. Флагманский продукт энергетического решения в составе интегрированного предложения Росатома»

Сайт Росатома



Проектные решения

Результат

Повышение параметров 1-го и 2-го контуров
(давление и температура)

1

Увеличение тепловой мощности энергоблока

Увеличение размеров корпуса реактора:
- внутренний диаметр на 100 мм;
- длина увеличена на 288 мм;
- толщина стенки увеличена на 5 м

2

Увеличение массы загружаемого ядерного топлива
Увеличение срока службы реактора
Увеличение длительности топливной кампании

Увеличение количества приводов
ОР СУЗ до 121

3

Увеличение подкритичности после срабатывания АЗ,
температура повторной критичности менее 100 °С

Проект энергоблока с ВВЭР-1200 – основные преимущества



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ



«Реактор ВВЭР-1200. Флагманский продукт энергетического решения в составе интегрированного предложения Росатома»

Сайт Росатома



Проектные решения

Результат

Увеличение размеров парогенератора:
- внутренний диаметр корпуса увеличен на 200 мм

4

Увеличение запаса котловой воды, увеличение паропроизводительности, мощности ПГ

Главные циркуляционные насосы ГЦНА-1391:
- автономная маслосистема электродвигателя
- замкнутый водяной контур смазки и охлаждения РОП

5

Уменьшение состава оборудования (исключена маслосистема насоса). Повышение надёжности

Двухканальная структура активных систем безопасности

6

Сочетание активных и пассивных систем. Резервирование элементов внутри канала

Проект энергоблока с ВВЭР-1200 – основные преимущества



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ



«Реактор ВВЭР-1200. Флагманский продукт энергетического решения в составе интегрированного предложения Росатома»

Сайт Росатома



Проектные решения

Результат

Двойная защитная оболочка с вентилируемым зазором

7

Максимальное исключение аварийных выбросов радиоактивных продуктов в окружающую среду

Применение в проекте гидроёмкостей САОЗ второй ступени

8

Повышение безопасности за счет дополнительного запаса раствора борной кислоты

Применение в проекте воздушного расхолаживания через парогенераторы - СПОТ

9

Автономность, высокая надёжность

Проект энергоблока с ВВЭР-1200 – основные преимущества



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ



«Реактор ВВЭР-1200. Флагманский продукт энергетического решения в составе интегрированного предложения Росатома»

Сайт Росатома



Проектные решения

Результат

Система продувки парогенераторов высокого давления

10

Увеличение ресурса ПГ. Уменьшение состава оборудования (исключены расширители)

Система аварийного расхолаживания ПГ (САР ПГ)

11

Надёжность, резервирование насоса в каждом канале

Увеличение количества БРУ-К с 4-х до 8, а также увеличение их быстродействия с 15 до 3 сек

12

Увеличение маневренности энергоблока в штатных режимах

Применение в проекте АСУТП дополнительных диверсных защит блока

13

Реализация принципа разнообразия для исключения отказа по общей причине

Проект энергоблока с ВВЭР-1200



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ
АЭС
РОСАТОМ

- 1** Фундаментная плита

- 2** Опорная плита (плита перекрытия)

- 3** Наружная защитная оболочка

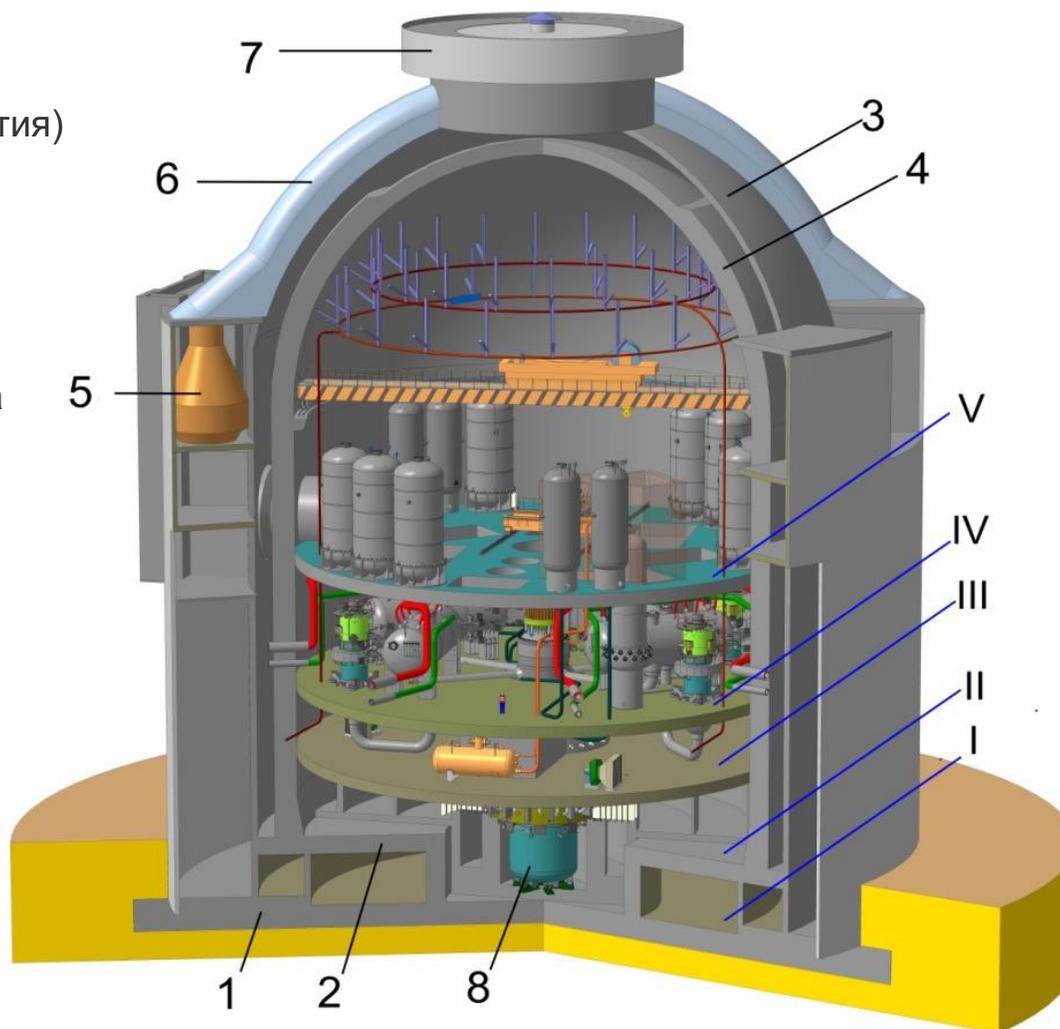
- 4** Внутренняя защитная оболочка

- 5** Теплообменник СПОТ

- 6** Воздуховоды СПОТ

- 7** Выходной коллектор СПОТ

- 8** Ловушка расплава топлива



- I** Отметка «-5,4 м»

- II** Отметка «0,0 м»

- III** Отметка «+8,14 м»

- IV** Отметка «+14,5 м»

- V** Отметка «+26,3 м»



Состав активных и пассивных систем безопасности

- 2 канала аварийного электропитания
- 2 канала САОЗ НД с 2-мя теплообменниками САОЗ
- 2 канала САОЗ ВД с эжектором
- 2 канала ввода бора
- 2 канала спринклерной системы (в режимах нормальной эксплуатации выполняют функцию охлаждения БВ)
- 2 канала аварийного расхолаживания ПГ (с низконапорными насосами, с неограниченной по времени работой по замкнутой схеме)
- 2 канала обеспечивающих систем отвода тепла к конечному поглотителю, включая 2 брызгальных бассейна
- 2 канала управляющих систем
- 4 группы гидроемкостей второй ступени
- 4 канала СПОТ ПГ
- Система удержания и охлаждения расплавленной активной зоны
- Система отвода неорганизованных газовых течей из межоболочечного пространства
- Двойная защитная оболочка



САОЗ и обеспечивающие системы (1JNA)

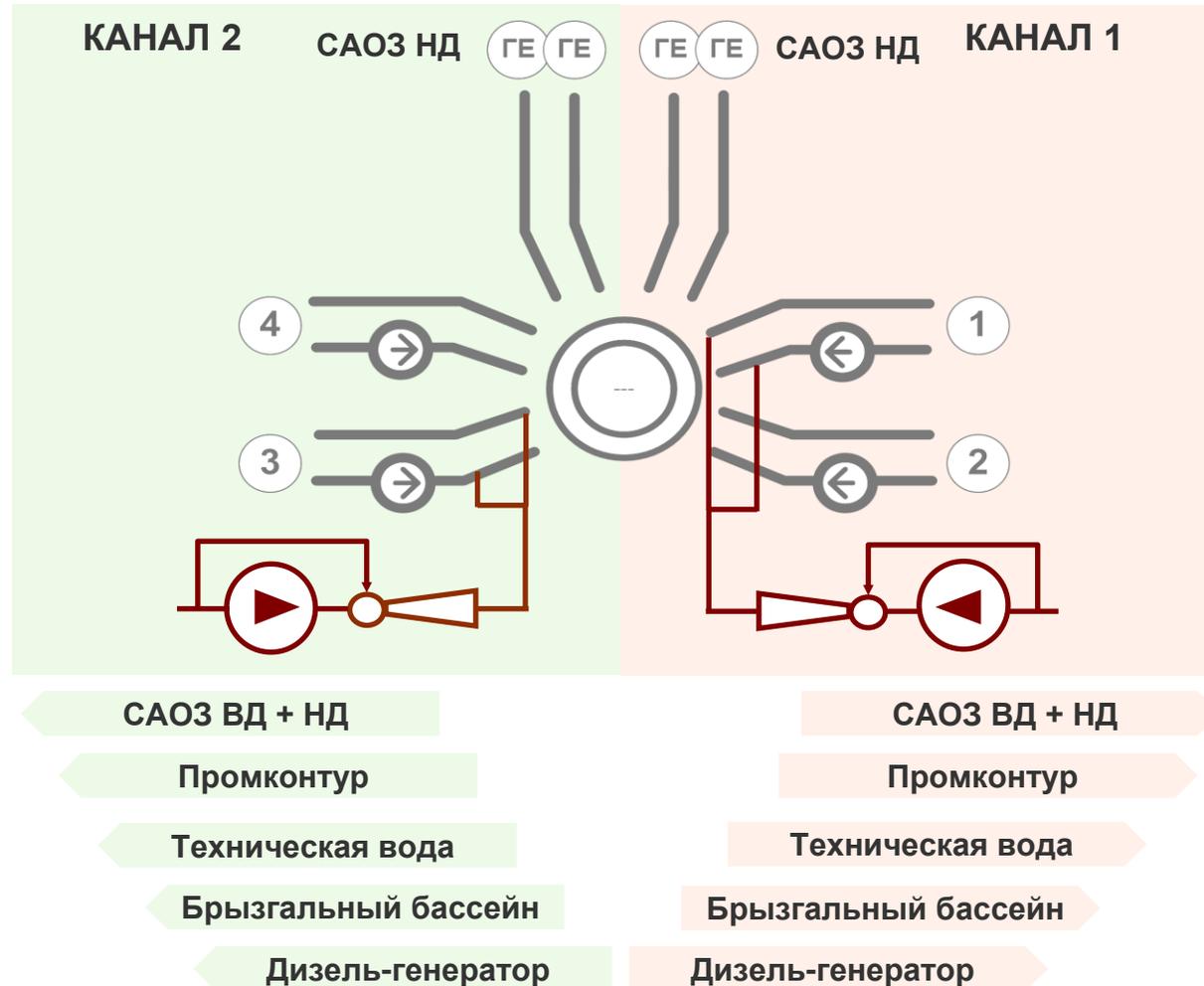
Система аварийного и планового расхолаживания первого контура и охлаждения бассейна выдержки предназначена для:

- расхолаживание реакторной установки во всех режимах работы блока;
- отвода остаточного тепла от топлива в реакторе к системе промежуточного контура;
- отвода остаточного тепла от топлива в бассейне выдержки во всех режимах работы блока;
- введения реагентов для связывания радиоактивного йода в теплоноситель первого контура при авариях с течью первого контура;
- сохранения запаса теплоносителя в реакторе во время «большой течи» и аварийной подпитки во время «малых течей»;
- аварийного расхолаживания и последующего длительного отвода остаточных тепловыделений от активной зоны при авариях, связанных с разуплотнением первого контура, включая обрыв трубопроводов Ду850 ГЦТ полным сечением;
- при запроектной аварии выполняет функции спринклерных насосов.



САОЗ и обеспечивающие системы (1JNA)

САОЗ имеет двухканальную структуру.

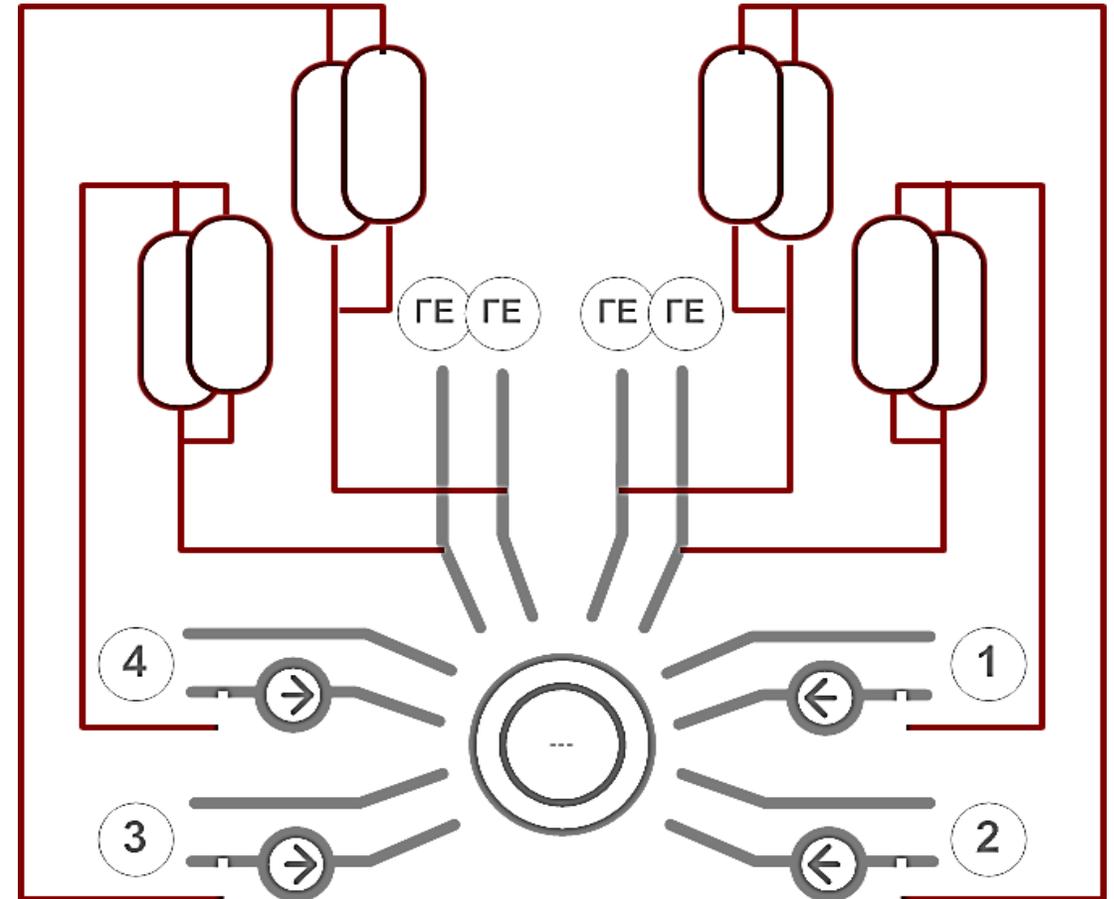




Система гидроемкостей второй ступени (1JNG10-40)

Гидроемкости второй ступени системы пассивного залива активной зоны предназначены для:

- пассивной подачи борного раствора с концентрацией 16 г/дм³ для залива активной зоны при авариях с потерей теплоносителя, когда уровень теплоносителя в корпусе реактора низок и давление в первом контуре падает ниже 1,5 Мпа;
- хранения запаса раствора бора для заполнения отсеков бассейна перегрузки на остановленном блоке в период перегрузки топлива.



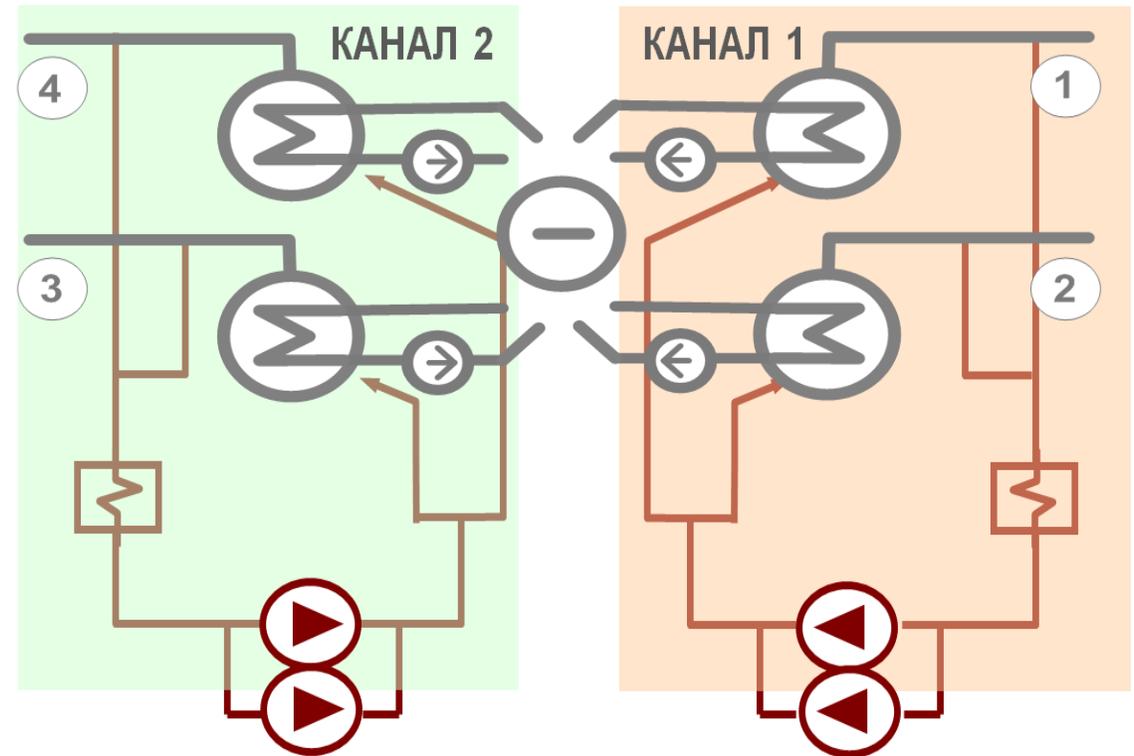


Система аварийного отвода тепла через ПГ (1JNB10-40)

Система аварийного расхолаживания парогенераторов предназначена для:

- отвода остаточных тепловыделений активной зоны реактора и расхолаживания реакторной установки в аварийных ситуациях, связанных с обесточиванием или потерей возможности нормального отвода тепла по второму контуру, включая течи паропроводов и питательных трубопроводов ПГ;
- отвода остаточных тепловыделений активной зоны реактора и расхолаживания реакторной установки в аварийных ситуациях, связанных с разуплотнением первого контура, включая разрыв трубопровода ГЦК и течь из первого контура во второй.

Имеет двухканальную структуру.

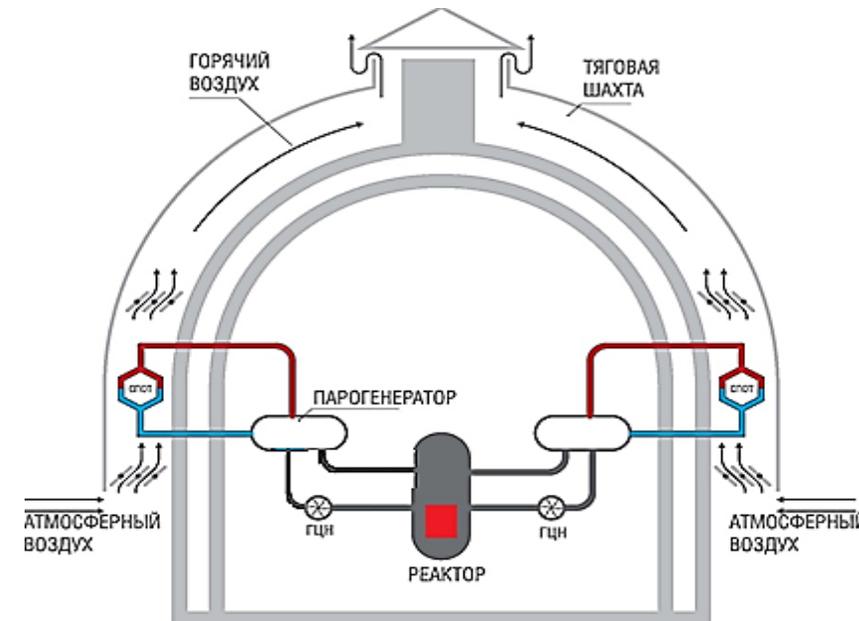
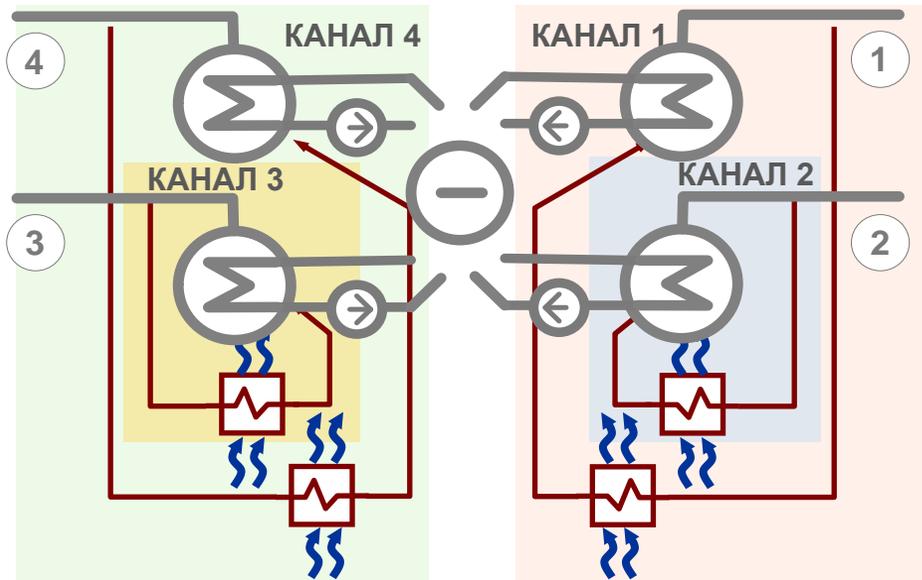




Система пассивного отвода тепла от ПГ (1JNB50-80)

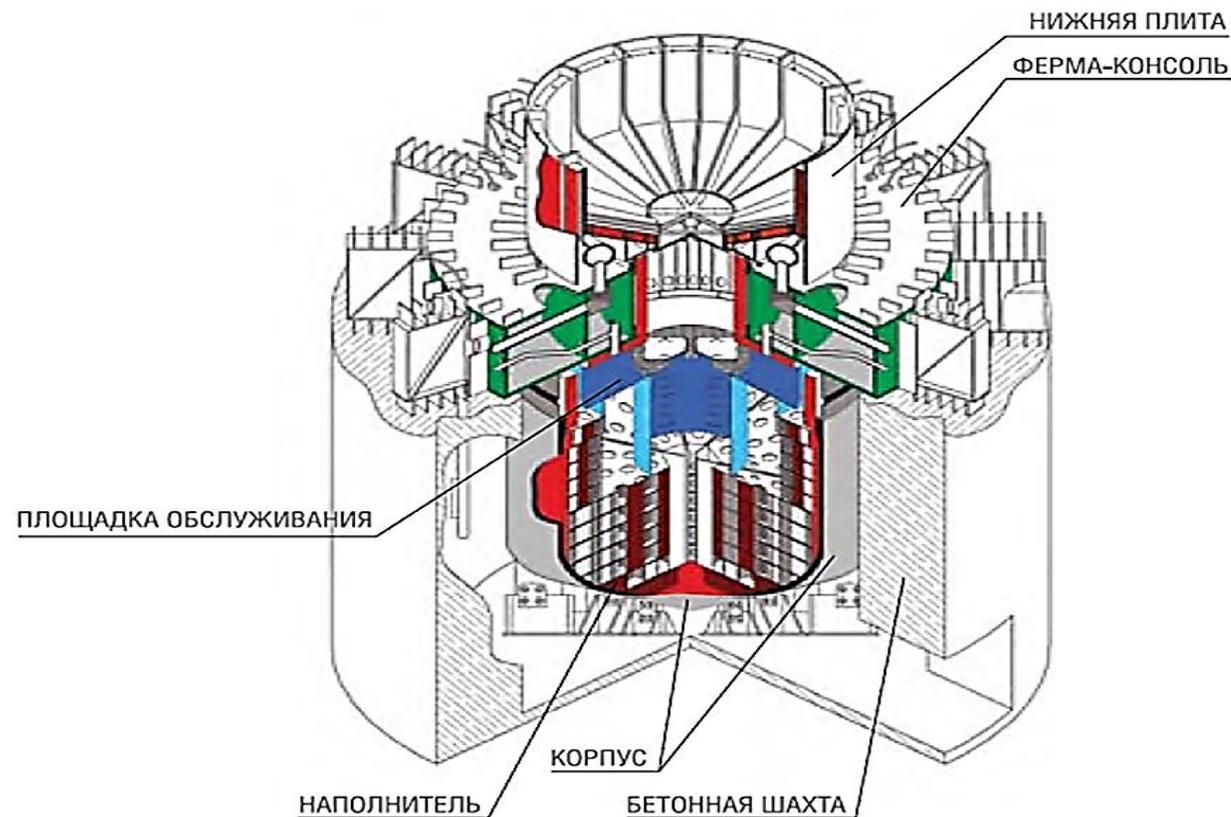
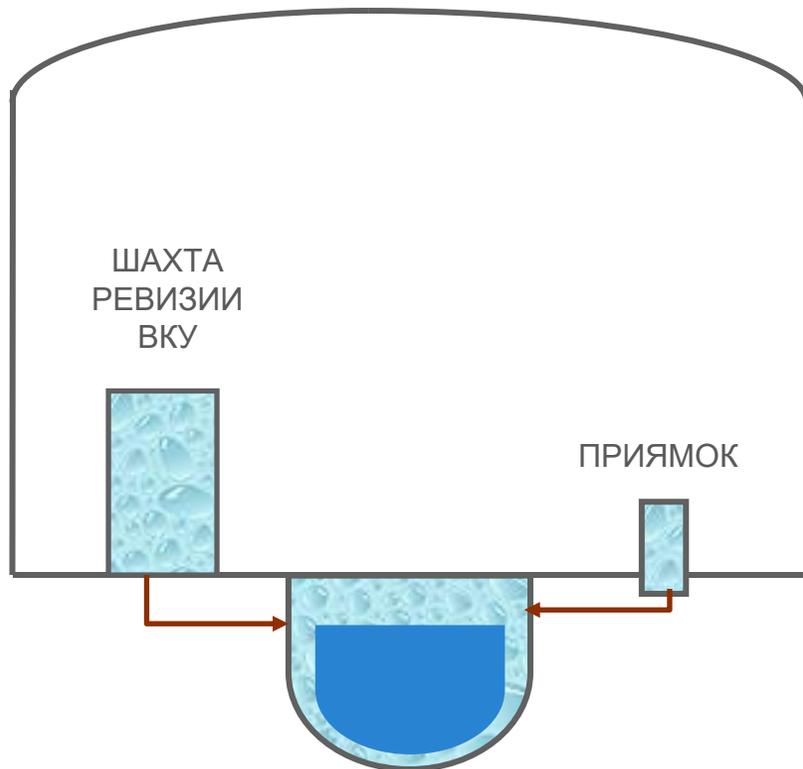
Пассивная четырехканальная система с резервированием каналов 4 x 33 % с 2-мя (по 8 МВт) охлаждаемыми воздухом теплообменниками в каждом канале (время работы не ограничено).

Система пассивного отвода тепла (СПОТ) является защитной системой безопасности, основанной на пассивном принципе действия, обеспечивающей отвод остаточных тепловыделений от активной зоны реактора через второй контур.





Система удержания и охлаждения расплавленной активной зоны (1ЖКМ)





Управление ЗПА: дополнительные технические средства и системы

- Аварийная дизель-генераторная установка (АДГУ);
- Передвижная насосная установка (ПНУ);
- Вентиляторная градирня;
- Баллонная станция жизнеобеспечения БПУ/РПУ;
- Система аварийного и поставарийного мониторинга;
- Система аварийного и поставарийного пробоотбора;
- Диверсная система защит.





На энергоблоках Нововоронежской АЭС отработывались принципиальные решения, предложенные проектировщиками и конструкторами, осуществлялось обобщение опыта эксплуатации для совершенствования серийных проектов АЭС с ВВЭР



59 летний опыт эксплуатации реакторов Нововоронежской АЭС подтвердил безопасность технологии ВВЭР



За 59 лет эксплуатации выбросы в атмосферный воздух, сбросы в водные объекты, загрязнение почвы, физические воздействия на природу не превышали установленных государственных нормативов (допустимых значений)



Нововоронежская АЭС с реакторами ВВЭР сыграла ключевую роль в обеспечении задач развития атомной энергетики Советского Союза и России в длительной перспективе

Спасибо за внимание

Поваров Владимир Петрович

Директор филиала АО «Концерн Росэнергоатом»
«Нововоронежская атомная станция»

