



Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
КУРЧАТОВСКИЙ ЦЕНТР ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Обеспечение безопасности атомных станций



Ярослав Игоревич Штромбах,
Заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт»
по направлению ядерные технологии,
директор Курчатовского центра ядерных технологий

«Комплексная безопасность – 2014». Москва, май, 2014 г.

Крупнейшие аварии в энергетике

1959 г.	Прорыв плотины во Франции	500 чел.
1963 г.	Обрушение горных пород в водохранилище в Италии → → образование 90-метрового вала	3 000 чел.
1975 г.	Прорыв двух плотин в провинции Хэнань в Китае	230 000 чел.

"Для сегодняшнего мира характерна тенденция: при уменьшении вероятности каждого отдельно взятого негативного события ... масштабы последствия, если оно все же случается, как правило, заметно возрастают."

Академик В.А. Лёгасов, «Химия, энергетика, безопасность»

*"Безопасность – это если знаешь,
как увернуться от опасности."*

Э. Хемингуэй, «По ком звонит колокол»

"Никогда такого не было, и вот опять."

В.С. Черномырдин

Общая цель безопасности в атомной энергетике

Защита человека, общества
и окружающей среды от вредного
воздействия ядерных установок
путем создания и поддержания
эффективных средств защиты
от радиационной опасности

Фундаментальные функции безопасности для ядерных реакторов

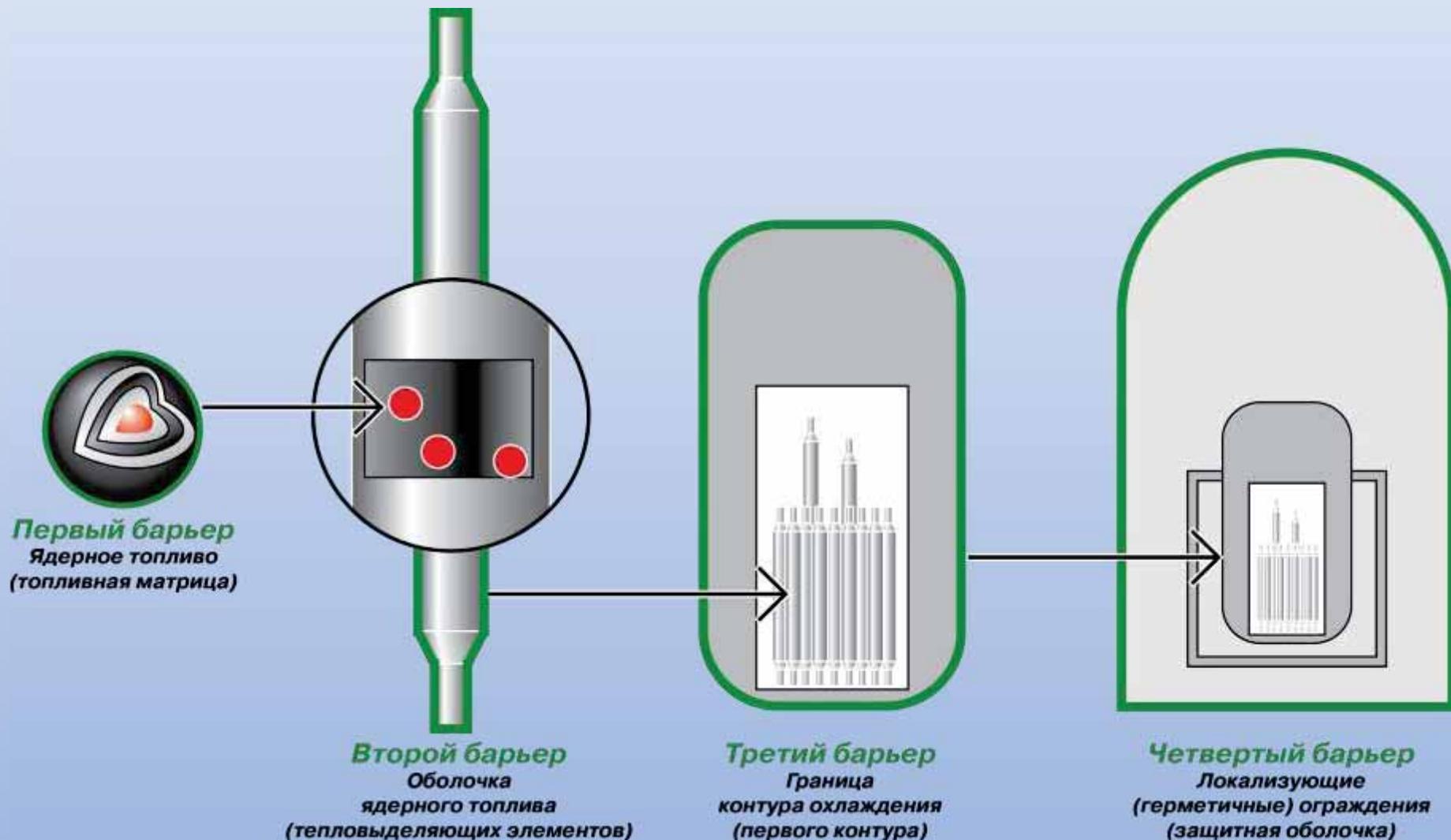


Управление реактивностью

Отвод энергии

Удержание радиоактивности
и защита от облучения

Защитные барьеры (4 барьера)



Уровни защиты

<p>Первый уровень</p>	<p>Предотвращение повреждений и нарушений эксплуатации</p> <ul style="list-style-type: none"> - консервативный проект; - обеспечение качества; - культура безопасности - и др.
<p>Второй уровень</p>	<p>Выявление повреждений и отказов, управление при нарушениях эксплуатации (предотвращение аварий)</p>
<p>Третий уровень</p>	<p>Управление авариями проектными решениями и средствами (системами) безопасности и защиты (предотвращение тяжелых аварий)</p>
<p>Четвертый уровень</p>	<p>Управление тяжелыми авариями – уменьшение их последствий (защита средств локализации)</p>
<p>Пятый уровень</p>	<p>Противоаварийные меры вне площадки</p>

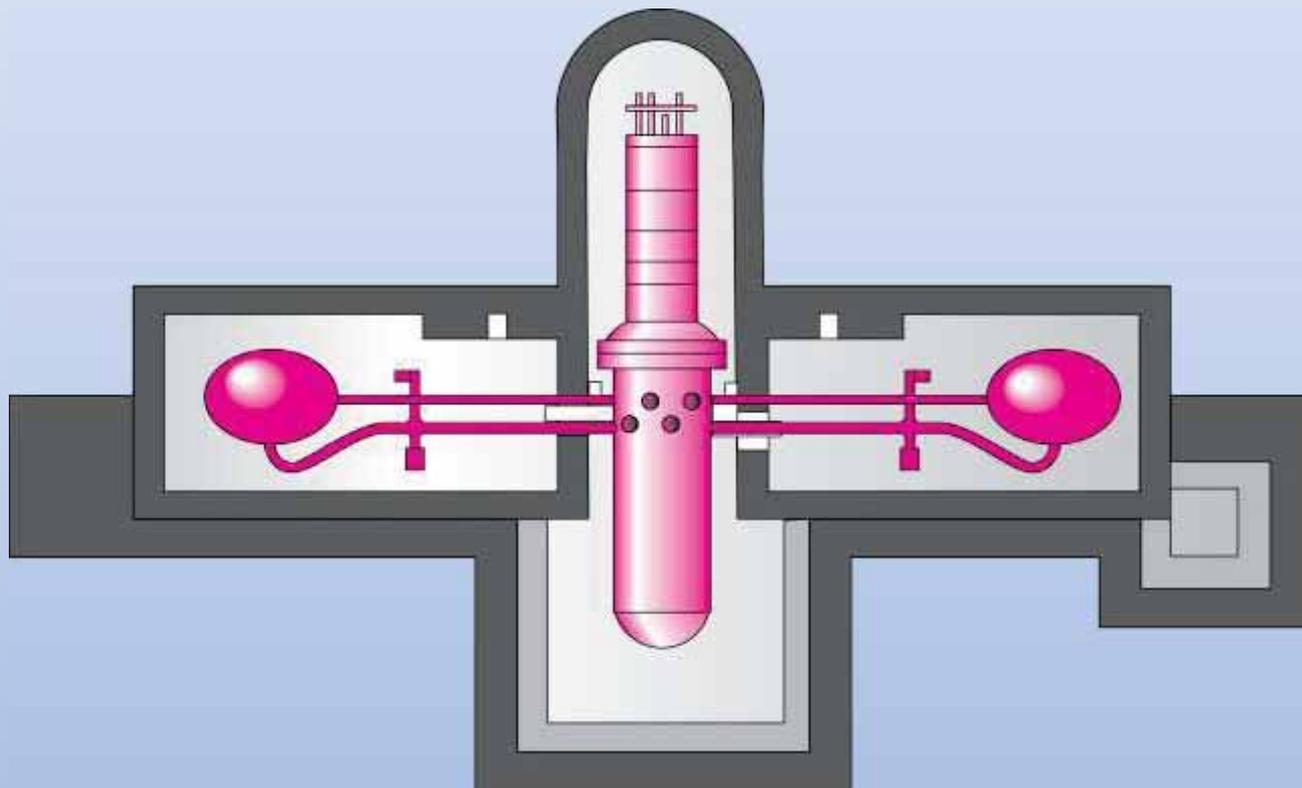
Стратегия развития атомной энергетики

к концу XX века в России и мире потребовала разработки нового поколения реакторных установок и АЭС, которые должны работать в XXI-м веке.

Разработка атомных станций нового поколения, обеспечивающих качественный шаг вперед в ожидаемом уровне их безопасности увязывалась в нашей стране с ожидаемым масштабным развитием атомной энергетики и обеспечивалась развитием и внедрением

свойств «внутренней» и «пассивной» безопасности.

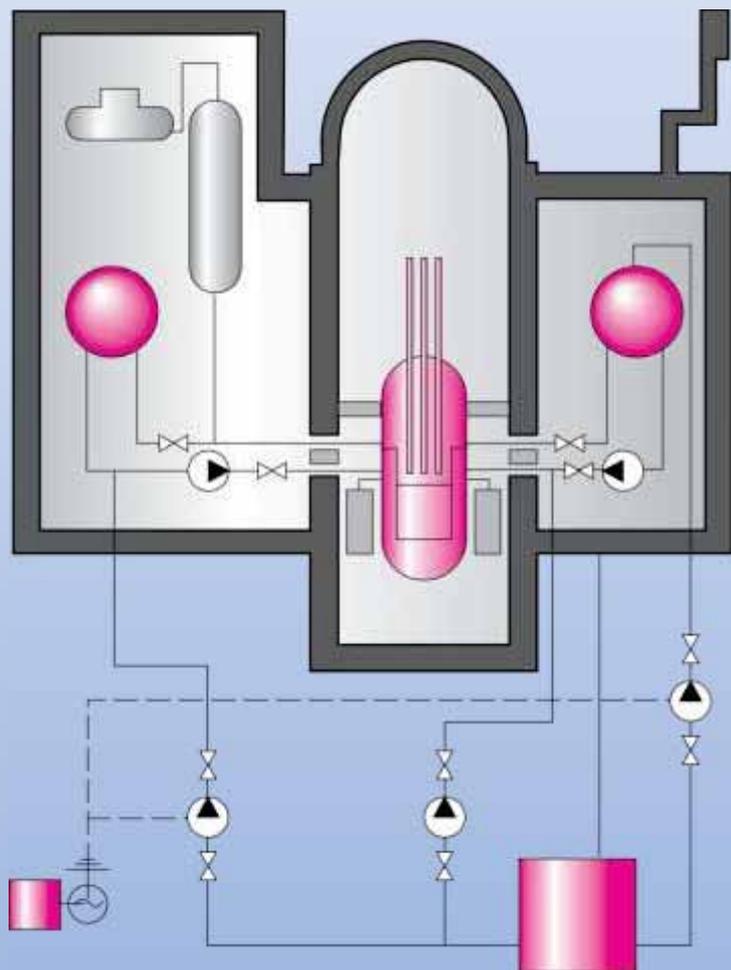
Первые блоки АЭС с ВВЭР



Малые течи теплоносителя.
Герметичные помещения на
избыточное давление 1 кг/см²

*Ново-Воронежская АЭС 1 и 2 блоки АЭС
«Райнсберг» в ГДР*

Первое поколение АЭС с ВВЭР-440



Разрыв трубы до 100 мм.

Герметичные помещения на избыточное давление 1 кг/см².

Ограниченный выброс избыточной среды при большом давлении.

Нововоронежская АЭС, 3-4 блоки.

Кольская АЭС, 1-2 блоки.

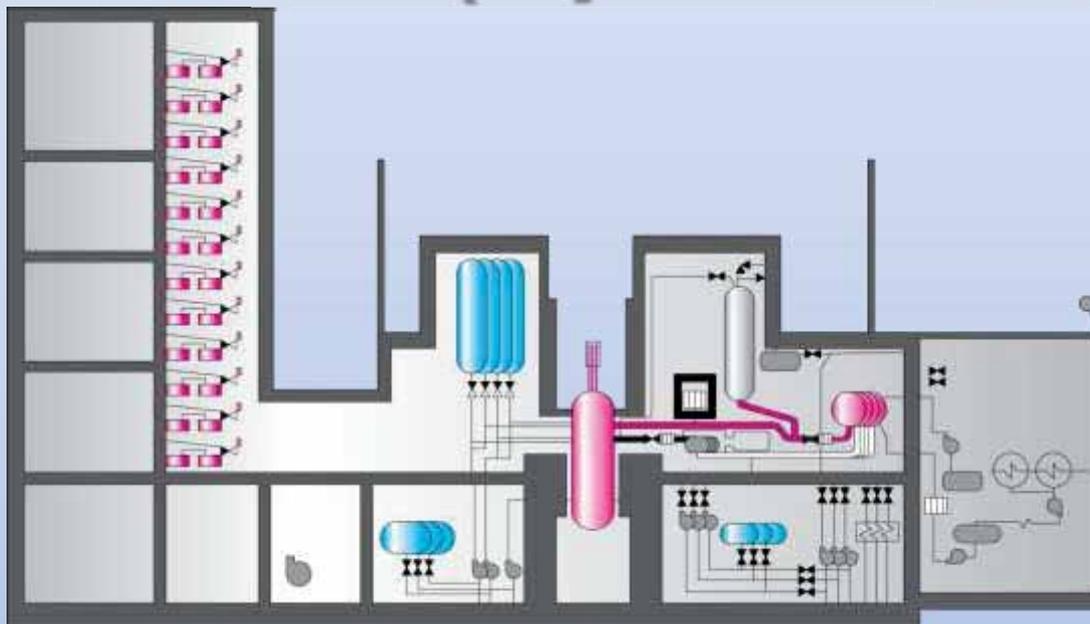
Армянская АЭС, 1-2 блока.

АЭС «Норд» (ГДР), 1-4 блоки.

АЭС «Козлодуй» (Болгария), 1-4 блоки.

АЭС Богунцие (Чехословакия), 1-2 блоки

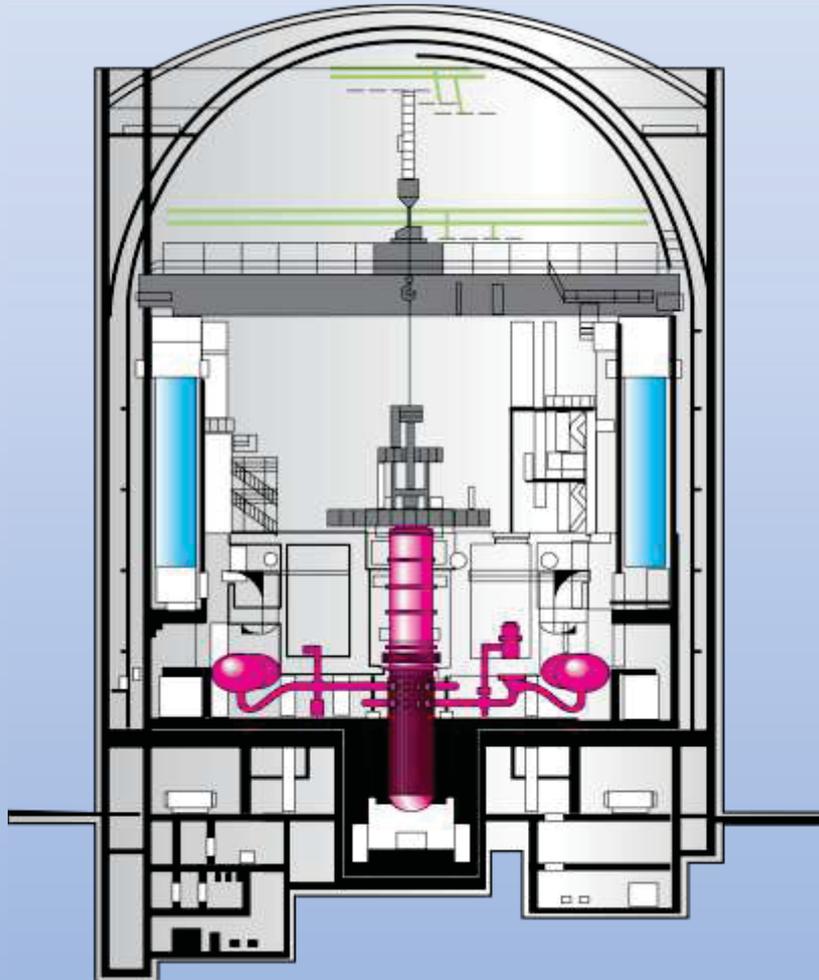
ВВЭР-440 (Проект В-213)



**Конденсация
пара
в барбатажных
башнях**

*Ровенская АЭС, 1-2 блоки. Кольская АЭС, 3-4 блоки.
АЭС «Норд» (ГДР), 5 блок. АЭС «Пакш» (Венгрия), 1-4 блоки.
АЭС «Богунце» (Чехословакия), 3-4 блоки.
АЭС «Дукованы» (Чехословакия), 1-4 блоки.
АЭС «Моховце» (Словения), 1-4 блоки.*

ВВЭР-440 (Проект В-213)

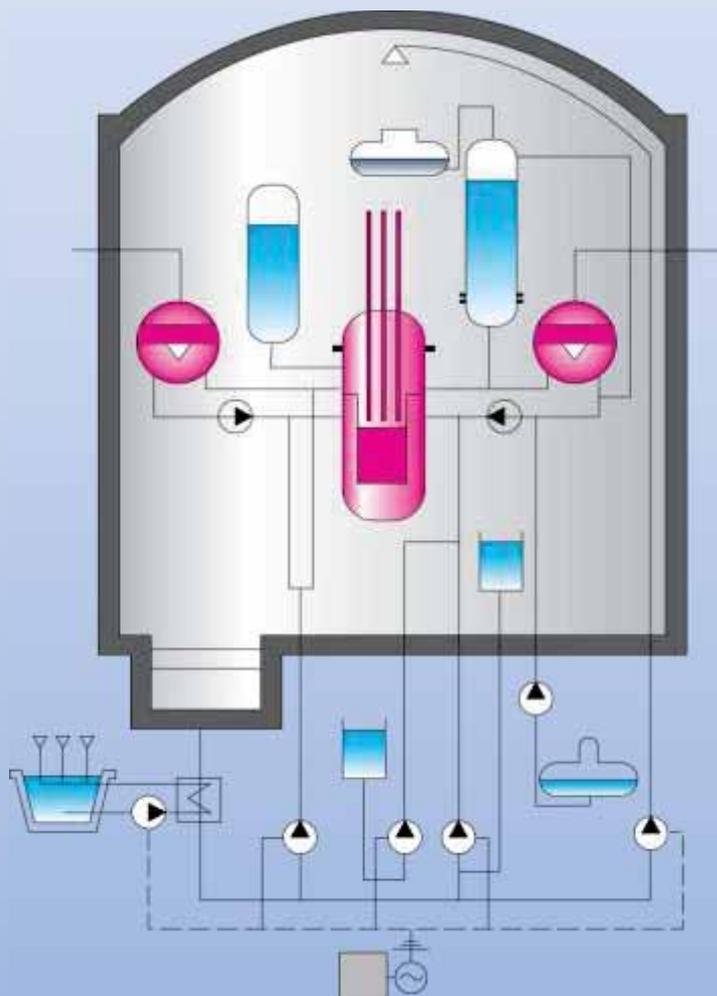


Защитная оболочка.

**Конденсация пара
в ледовых конденсаторах**

*АЭС «Ловиса» (Финляндия),
1-2 блоки*

АЭС с ВВЭР-1000



Защитная герметичная оболочка.

Разрыв ГЦТ (850 мм).

Использование систем безопасности для преодоления проектных аварий.

Южно-Украинская АЭС, 1-3 блоки.

Калининская АЭС, 1-3 блоки.

Запорожская АЭС, 1-6 блоки.

Балаковская АЭС, 1-4 блоки.

Ровенская АЭС, 3-4 блоки.

Хмельницкая АЭС, 1-2 блоки.

Ростовская АЭС, 1-2 блоки.

АЭС «Козлодуй» Болгария, 5-6 блоки.

АЭС «Темелин», Чехия, 1-2 блоки.

Возникшая после Чернобыльской аварии пауза в развитии мировой атомной энергетики позволила фирме **Вестинггауз** в США разработать проекты АЭС с реакторами AP-600, 800, 1000 с широким применением пассивных средств безопасности и связанным с этим ожидаемым упрощением и удешевлением энергоблока.

Фирма потратила на это достаточно много времени и большие средства, доведя проект до лицензирования и выхода на международный рынок.

АЭС-88

В нашей стране в острый послечернобыльский период был проработан проект с ВВЭР-1000 – АЭС-88, в котором были предусмотрены проектно-конструкторские меры для нейтрализации мыслимых тяжелых аварий:

- расплавление активной зоны (ловушка),
- разрушение контейнмента (фильтруемый сброс избыточной среды),
- опасность водородного взрыва внутри здания станции,
- значительные внешние воздействия (падение самолета и другие редкие воздействия).

Эта проработка дала основу для обеспечения приемлемого уровня безопасности существующего и завершаемого строительством парка АЭС, а также для формирования третьего поколения станций, которое должно было обеспечить дальнейшее развитие атомной энергетики.

Выбор



В обоих проектах применена двойная защитная оболочка и ловушка расплава активной зоны с целью управления тяжелыми авариями

Устройство локализации расплава

Конструкция устройства локализации расплава (УЛР), обеспечивающего гарантированное управление безопасностью даже в случае маловероятных тяжёлых аварий с расплавлением активной зоны реактора. Впервые в мировой практике УЛР сооружены на атомных станциях: Тяньванской АЭС в Китае и на строящейся АЭС Куданкулам в Индии.

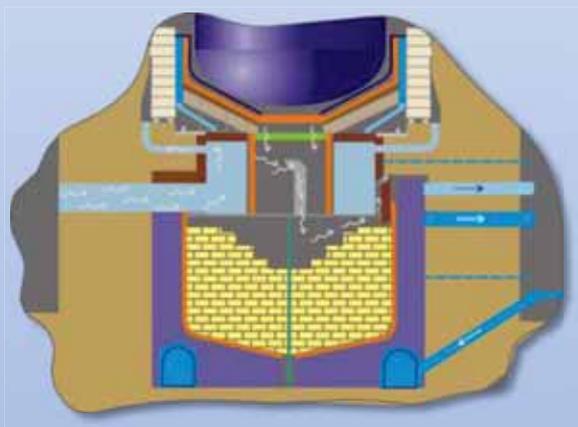
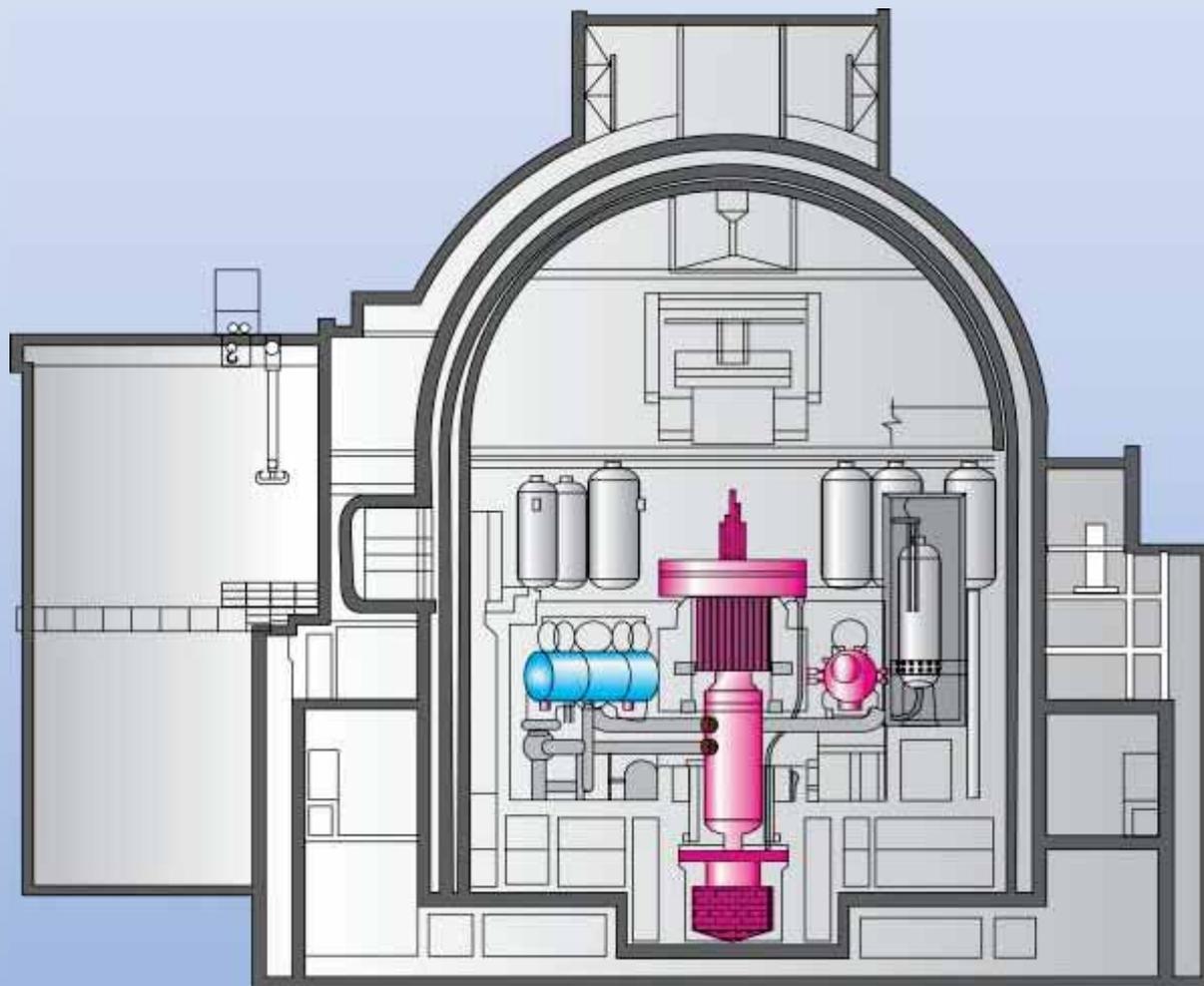


Схема устройства локализации расплава (УЛР)



Монтаж устройства локализации расплава

АЭС-2006



Двойная оболочка.

**Пассивный
теплоотвод в ЗПА.**

**Удержание
расплавленной
активной зоны.**

*Нововоронежская
АЭС-2, 1-2 блоки,
Ленинградская АЭС-2,
1-2 блоки,
Балтийская АЭС,
1-2 блоки,
Белорусская АЭС,
1-2 блоки*



3 км ←	Радиус санитарной зоны	→ 0,8 км
25 км ←	Радиус зоны послеаварийных мероприятий	→ 3 км
АЭС с ВВЭР-1000 Использование систем безопасности для преодоления проектных аварий	АЭС-2006 Применение пассивных средств в системах безопасности – воздушный СПОТ. Применение средств управления запроектными авариями – вторая оболочка, ловушка расплава	

ВВЭР-ТОИ (ВВЭР-1300)

Традиционная целевая установка:

- максимально использовать опыт и задел серийного сооружения АЭС с ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200 (АЭС-2006);
- вносимые в проект изменения, включая форсирование мощности, повышение параметров теплоносителя и паросилового цикла не должны требовать существенных и тем самым длительных и дорогостоящих научно-исследовательских и конструкторских работ;
- возможность серийного сооружения, начиная с первого энергоблока.

В основу проекта были положены все основные технические решения, использованные ранее в проекте АЭС-2006, в том числе в обеспечении безопасности. Модернизация проекта была нацелена исключительно на обеспечение его рыночной привлекательности.

ВВЭР-ТОИ

Дополнительные требования

Дополнительные требования, совмещающие уровень безопасности АЭС и улучшающие устойчивость АЭС к исходным событиям, которые могут привести к аварии, обеспечивающие:

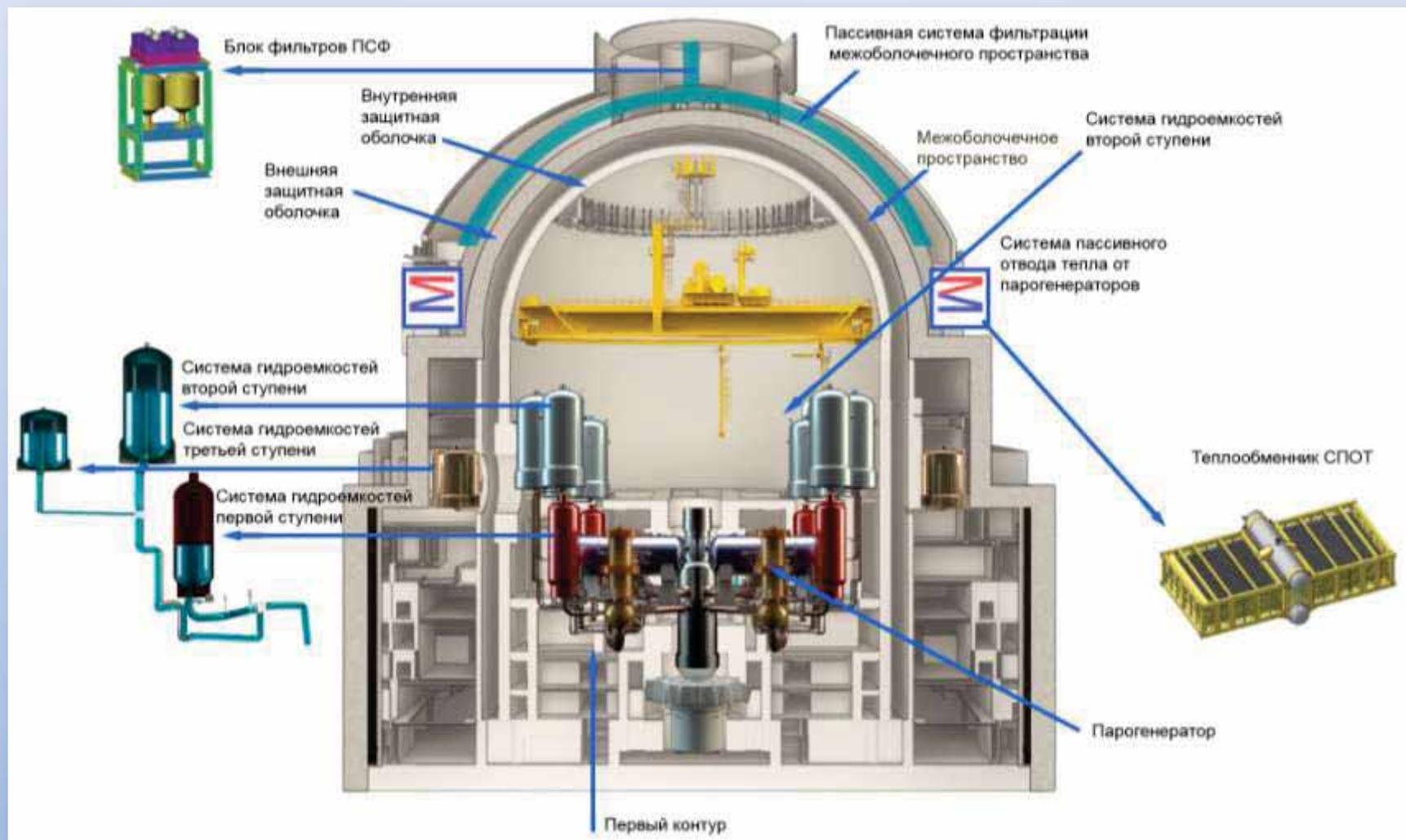
- устойчивость АЭС к падению тяжелого самолета (20 т – базовый вариант, 400 т – опция),
- целостность активной зоны в запроектных авариях в течение не менее 72 часов (постфучусимский синдром).

ВВЭР-ТОИ

Сейсмика

В проекте ВВЭР-ТОИ в качестве базового условия обеспечения сейсмостойкости определено максимальное расчетное землетрясение – **7 баллов по шкале MSK-64**, а для конструкций и узлов, выполняющих функции безопасности, 8-9 баллов.

ВВЭР-ТОИ



ВВЭР-ТОИ

Концепция по управлению запроектными авариями

(разработана в НИЦ «Курчатовский институт»)

Основы для разработки Концепции:

- события на АЭС Фукусима-1;
- современная международная практика разработки АСУ ТП;
- современная международная практика разработки аварийных процедур/инструкций для управления запроектными авариями.

ВВЭР-ТОИ

Радиационная безопасность

Основной социальной целью, формирующей требования к системам безопасности станции, является ограничение возможной зоны осуществления противоаварийных мероприятий даже при тяжелых запроектных авариях, вызванных как внутренними причинами, так и внешними воздействиями техногенного и природного происхождения.

Проектом ВВЭР-ТОИ осуществляется цель ограничить размеры зоны проведения противоаварийных мероприятий для населения тремя километрами, а зоны возможной эвакуации границами промышленной площадки.

Расчетные коды, используемые для обоснования радиационной безопасности

RELWVER

для расчета активности продуктов деления под оболочками герметичных и негерметичных твэлов, в теплоносителе первого контура;

LEAK3

для расчета активности продуктов деления, выбрасываемых из системы локализации в окружающую среду при НЭ и авариях;

ДОЗА_М

для расчета доз облучения различных групп населения при НЭ и авариях на атомных станциях с выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду.

Вывод, сделанный экспертами Курчатовского института:

*"В целом показатели безопасности
проекта ВВЭР-ТОИ подготовлены
всем предшествующим опытом разработок
АЭС с ВВЭР и соответствует международному признаваемому уровню и
ожиданиям
мировых рынков."*

*Спасибо за
внимание!*

