

# Особенности проекта НВАЭС-2



**Докладчик: Инструктор Худояров В.И.**

# Основы проекта НВАЭС-2



**В основу проекта НВАЭС-2 легли опробованные референтные решения, которые:**

- не требуют значительных НИОКР, поскольку вводимые в проект улучшения носят эволюционный характер;**

- позволили достичь определенных в техническом задании целевых показателей;**

- позволили обосновать необходимый уровень безопасности проекта.**

# Общие сведения



Площадка строительства выбрана в 1988 году.

Строительство АЭС «Нововоронежская-2» планировалось осуществлять по проекту АЭС-92 с реакторными установками В-392 (ВВЭР-1000).

12.04.1999г. получена лицензия Госатомнадзора России №ГН-02-101-0301 на сооружение энергоблока №1 с реактором ВВЭР-1000.

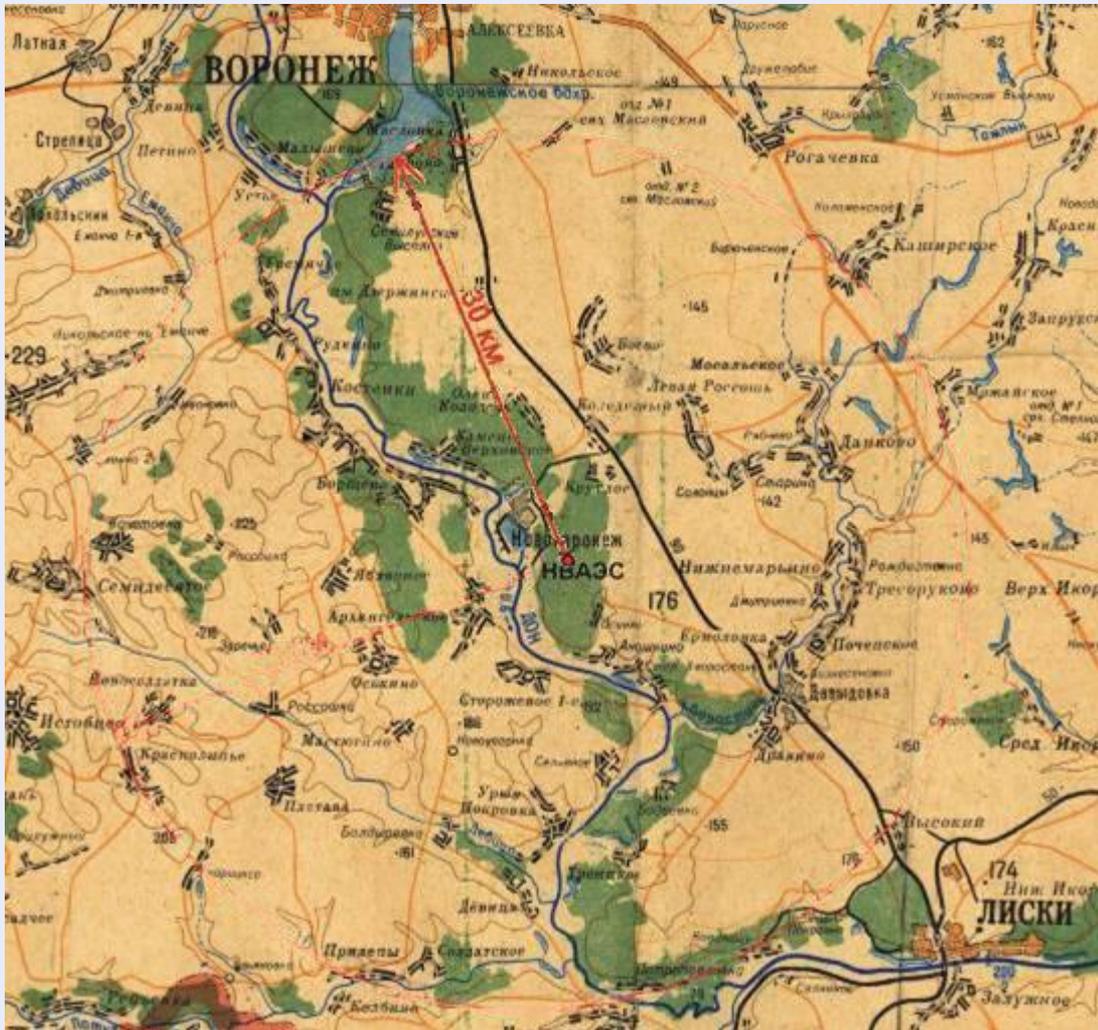
После принятия в 2006 году Федеральной целевой программы «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007-2010 годы и на перспективу до 2015 года»:

- утверждено техническое задание на разработку базового проекта АЭС-2006;

- утверждено техническое задание на разработку проекта строительства Нововоронежской АЭС-2.

09.10.2006 с ФГУП «Атомэнергопроект» заключен договор «Разработка проекта АЭС-2006 для условий площадки НВАЭС-2».

# Размещение НВАЭС-2

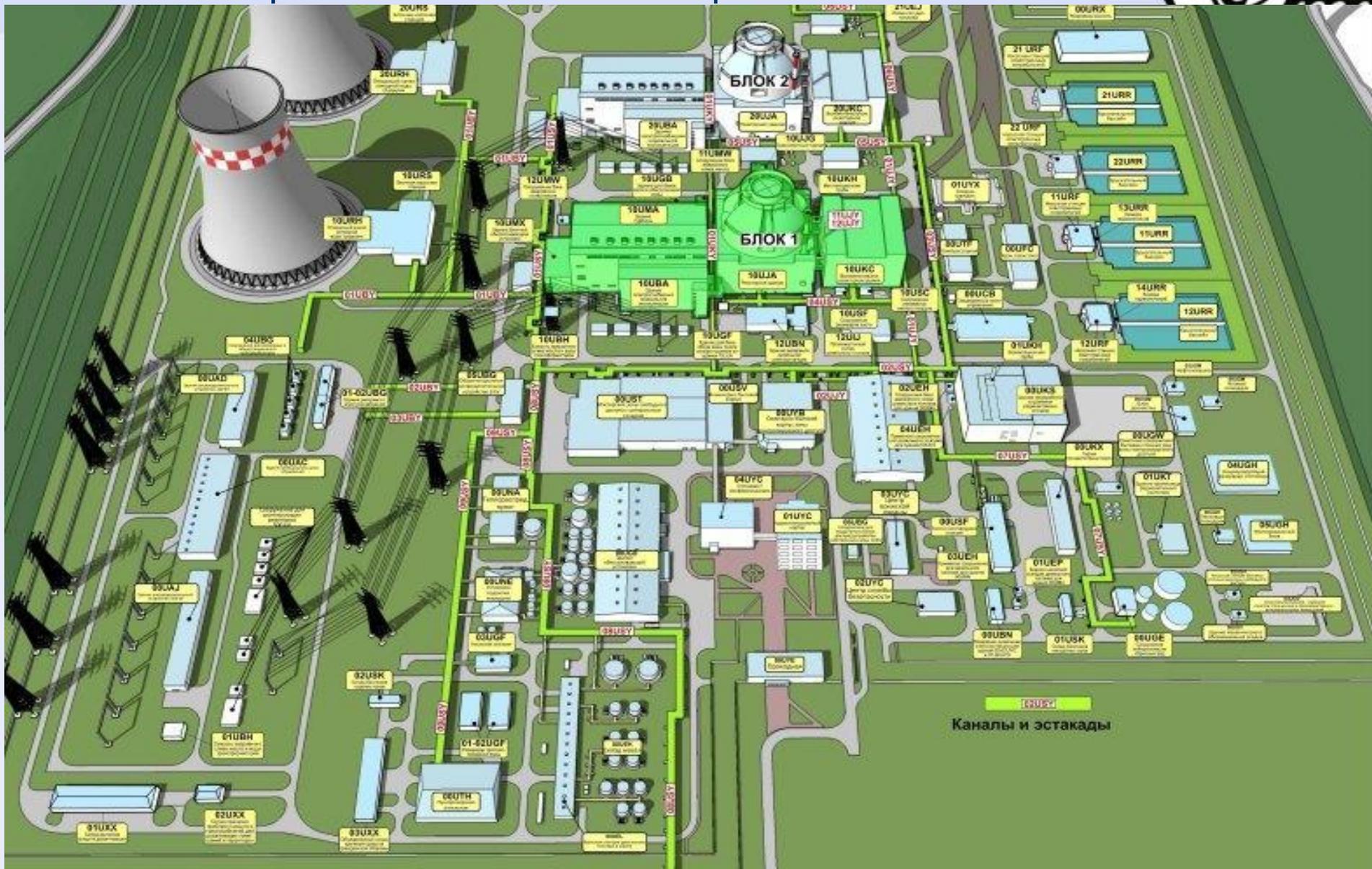


Площадка НВАЭС-2 расположена в в 30 км от областного центра г. Воронежа, в непосредственной близости от действующей НВАЭС.

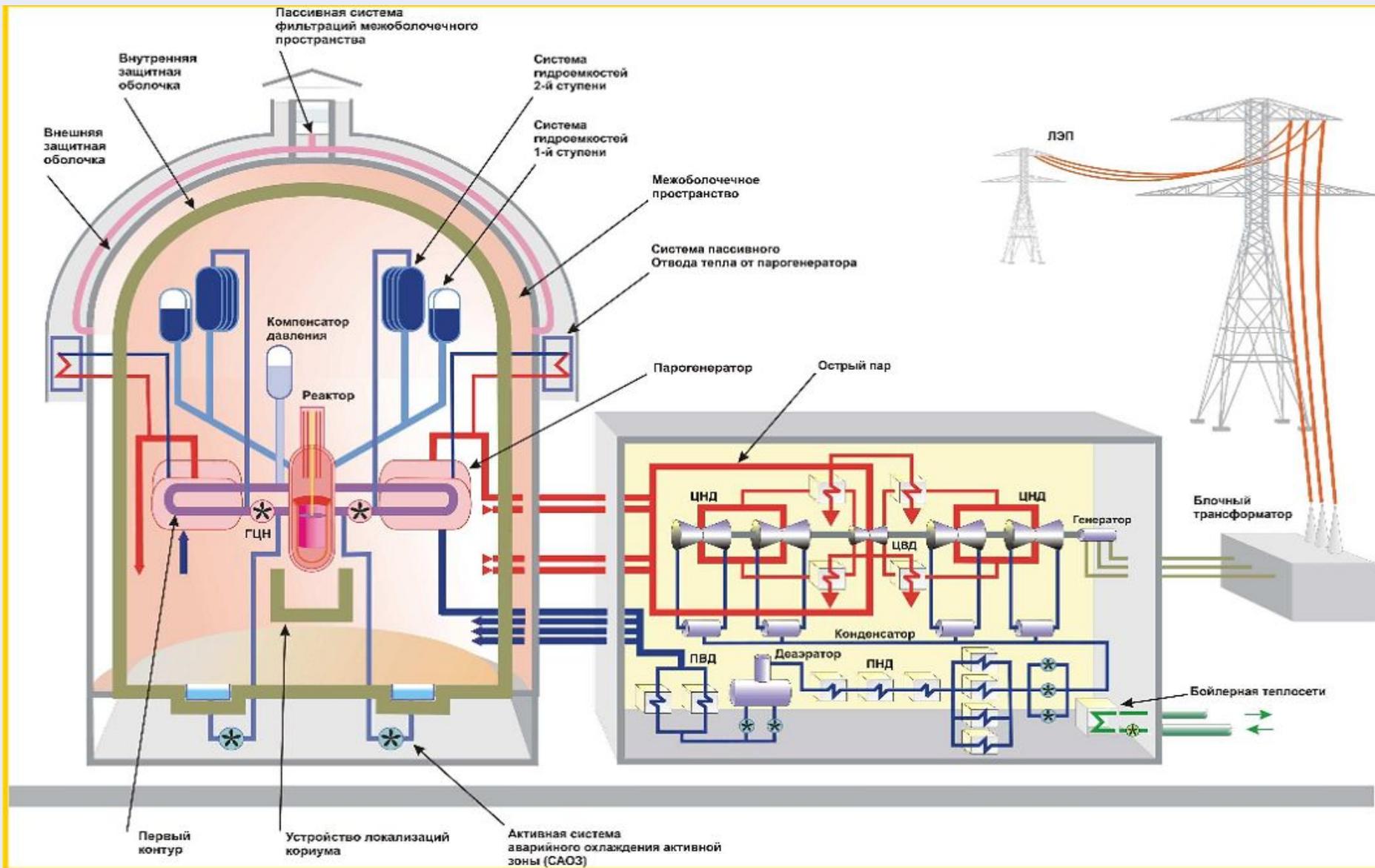
Санитарно-защитная зона установлена по периметру НВАЭС-2.

Зона наблюдений составляет 13 км.

# Генеральный план Нововоронежской АЭС-2



# Принципиальная технологическая схема энергоблока НВАЭС-2



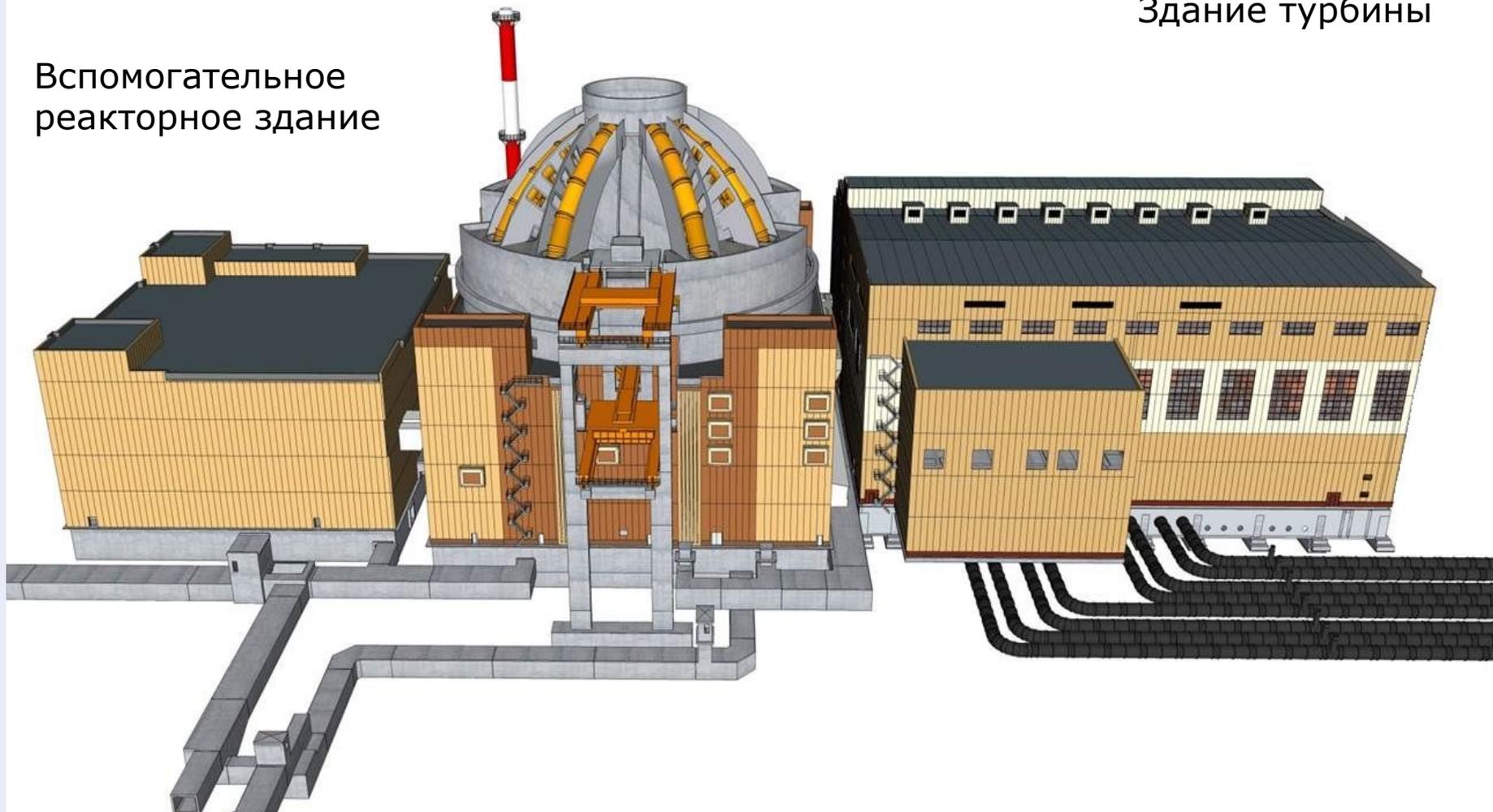
# Энергоблок АЭС-2006



Здание реакторной установки

Здание турбины

Вспомогательное  
реакторное здание



# Реакторная установка В-392М



гидроемкости

реактор

компенсатор  
давления

парогенераторы

главные  
циркуляционные  
насосы

барботажный бак

проект РУ НВАЭС-2  
максимально  
унифицирован с  
проектом РУ ЛАЭС-2

# Отличия основного оборудования ВВЭР-1200 от ВВЭР-1000



## Корпус реактора:

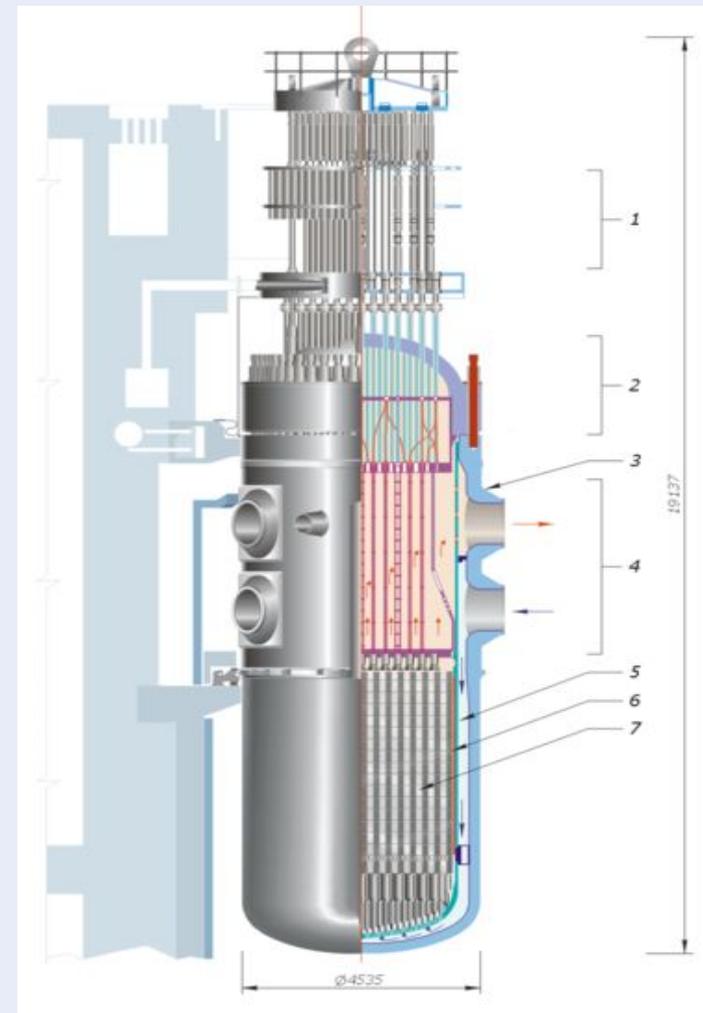
- внутренний диаметр увеличен на 100мм;
- длина увеличена на 288мм;
- толщина стенки увеличена на 5мм.

## Парогенераторы:

- внутренний диаметр корпуса увеличен на 200 мм.

## Главные циркуляционные насосы:

- производительность увеличена на 2000 м<sup>3</sup>/ч.



# Параметры АЭС с реактором ВВЭР-1200



<b>параметр</b>	<b>ВВЭР-1000</b>	<b>ВВЭР-1200</b>
<b>Номинальная тепловая мощность, МВт</b>	<b>3000</b>	<b>3200</b>
<b>Номинальная электрическая мощность, МВт</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>
<b>Номинальное давление первого контура, МПа</b>	<b>15,7</b>	<b>16,2</b>
<b>Номинальное давление в ПГ, МПа</b>	<b>6,27</b>	<b>6,9</b>
<b>Номинальная паропроизводительность ПГ, т/ч</b>	<b>1470</b>	<b>1602</b>

# Основные изменения проекта НВАЭС-2



После утверждения проекта НВАЭС-2 в него внесены ряд существенных изменений:

1. В сети электроснабжения собственных нужд применено напряжение 10 кВ (на действующих АЭС - 6 кВ).
2. Изменено количество градирен (1 градирня на блок).
3. Предусмотрено строительство постоянного хранилища радиоактивных источников.

Внесение изменений в проект требует проведения повторной государственной экспертизы всего проекта (процедура экспертизы изменений проекта отсутствует).

# Системы безопасности АЭС с реактором ВВЭР-1200



В состав активной части систем безопасности входят следующие системы, имеющиеся в проекте ВВЭР-1000:

- система аварийного и планового расхолаживания первого контура и охлаждения бассейна выдержки;
- спринклерная система;
- система аварийного ввода бора;
- система охлаждающей воды ответственных потребителей;
- система быстродействующих редуционных установок;
- система отсечения главных паропроводов;
- обеспечивающие системы вентиляции и кондиционирования;
- система аварийного электроснабжения, включающая дизель-генераторы и аккумуляторные батареи;
- система аварийного газоудаления.

# Системы безопасности АЭС с реактором ВВЭР-1200



**В состав пассивной части систем безопасности входят следующие системы, имеющиеся в проекте ВВЭР-1000:**

- система гидроемкостей первой ступени;**
- система защиты первого и второго контуров от превышения давления;**
- система аварийного удаления водорода;**
- система герметичного ограждения.**

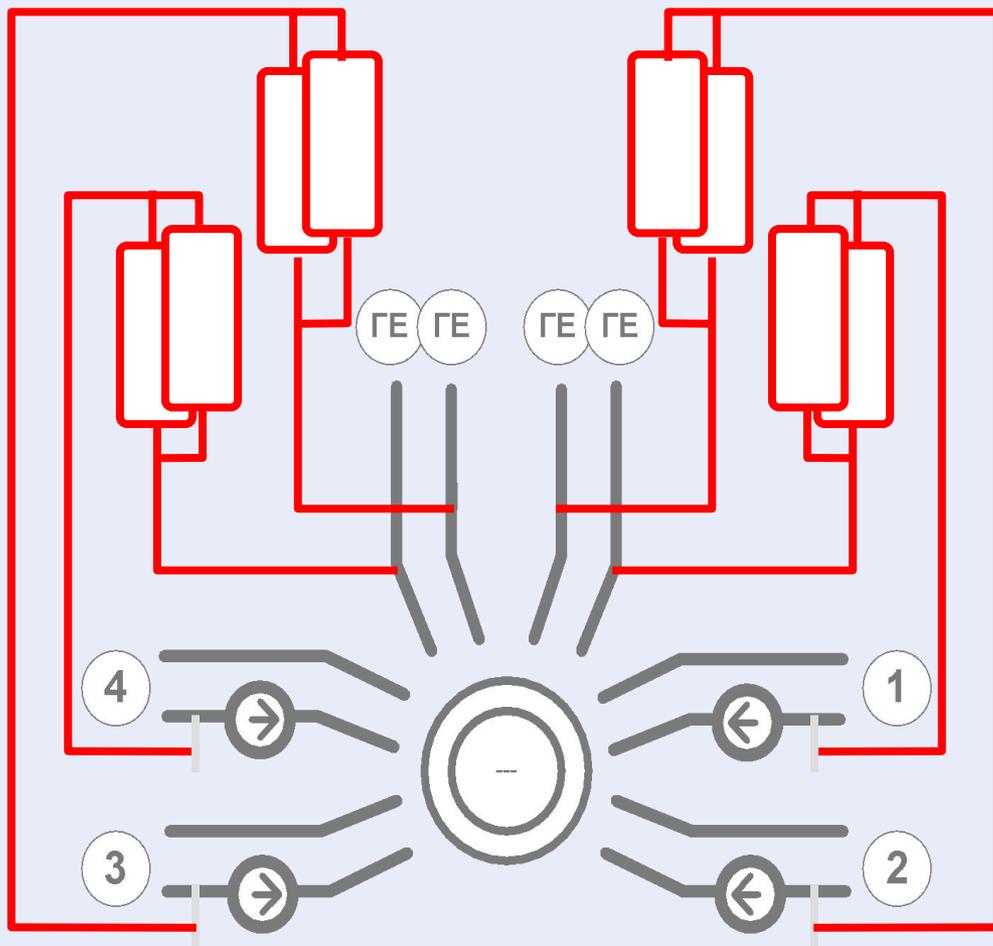
# Системы безопасности АЭС с реактором ВВЭР-1200



По сравнению с серийными АЭС с реакторами ВВЭР-1000 в проекте НВАЭС-2 предусмотрены дополнительные системы безопасности:

- 1 Вторая ступень гидроемкостей пассивного охлаждения активной зоны.
- 2 Система пассивного отвода тепла в атмосферу.
- 3 Двойная защитная оболочка.
- 4 Система пассивной фильтрации межоболочечного пространства.
- 5 Система аварийного расхолаживания парогенераторов (замкнутый контур).
- 6 Система промежуточного контура ответственных потребителей реакторного отделения.
- 7 Устройство локализации расплава.

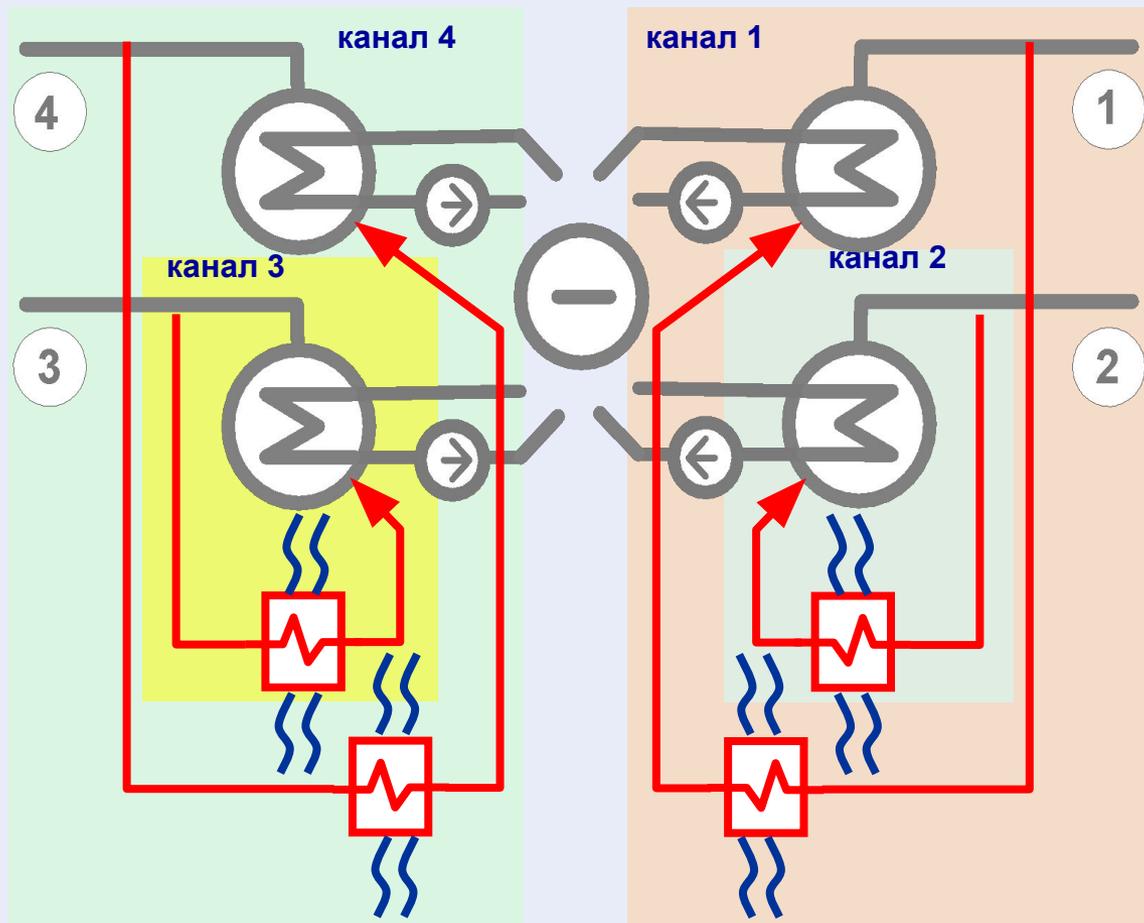
# Вторая ступень гидроемкостей



Восемь гидроемкостей второй ступени содержат запас борного раствора по  $120 \text{ м}^3$  каждая, обеспечивают подпитку реактора в течение 26-280 часов в зависимости от размера течи первого контура при отказе активных систем безопасности, включая полное обесточение.

в проекте ЛАЭС-2 не предусмотрены

# Система пассивного отвода тепла



Пассивная система отвода тепла от парогенераторов (4 канала) с двумя охлаждаемыми воздухом теплообменниками в каждом канале мощностью по 8 МВт каждый. Время работы не ограничено.

в проекте ЛАЭС-2 предусмотрена пассивная система с водяным охлаждением

# Внутренняя защитная оболочка



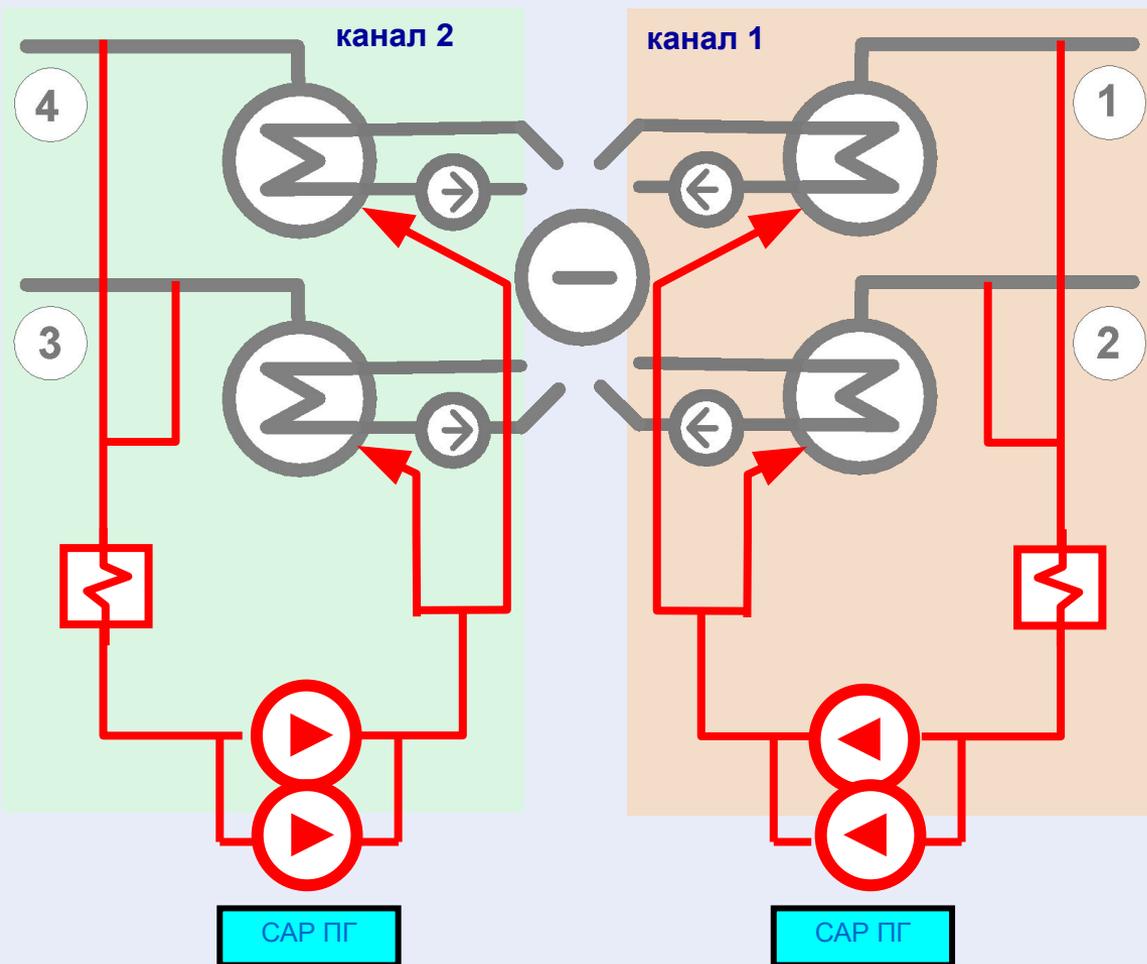
Для преднапряжения внутренней защитной оболочки блоков №1 и №2 НВАЭС-2 применяется система преднапряжения с ортогональным расположением арматурных пучков (технология фирмы «FREYSSINET»).

Общее количество арматурных пучков:

- горизонтальных в цилиндре - 53 шт;
- горизонтальных в куполе - 15 шт;
- вертикальных - 60 шт.

в проекте ЛАЭС-2 аналогичная конструкция

# Система аварийного расхолаживания парогенераторов



Два канала аварийного расхолаживания парогенераторов (с двумя низконапорными насосами в каждом канале) с работой по замкнутой схеме.

Время работы не ограничено.

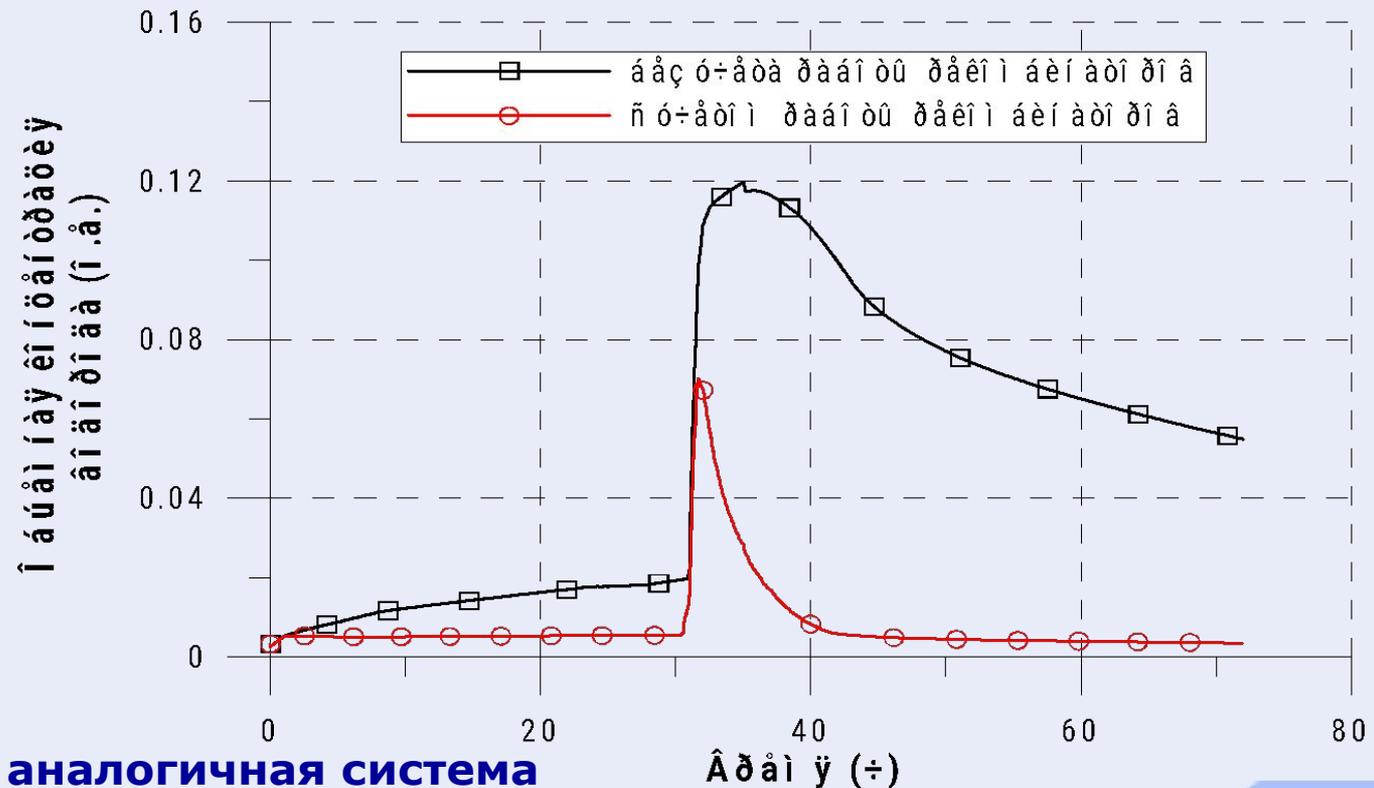
в проекте ЛАЭС-2 предусмотрено расхолаживание по разомкнутой схеме

# Система аварийного удаления водорода под защитной оболочкой (JMT)



Система JMT обеспечивает водородную взрывобезопасность в защитной оболочке. В системе применяются пассивные каталитические рекомбинаторы водорода, которые располагаются в местах его возможного скопления. В качестве катализатора используется платина.

Интенсивное выделение водорода возможно по истечении 31,7 часа с момента прекращения отвода тепла после полного опорожнения гидроемкостей второй ступени.



в проекте ЛАЭС-2 аналогичная система

# Система барьеров



**Система барьеров включает в себя:**

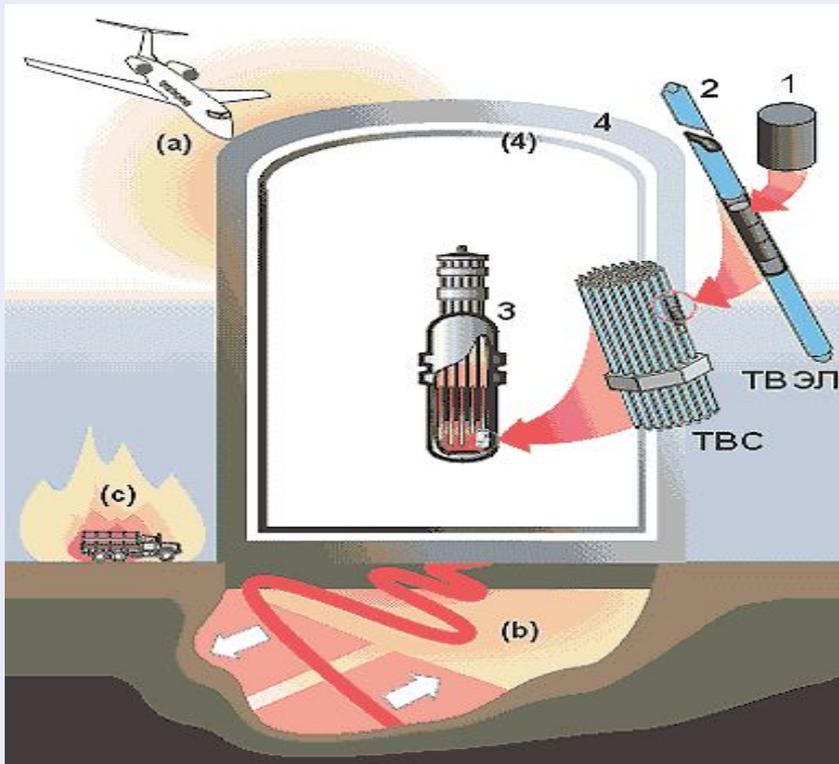
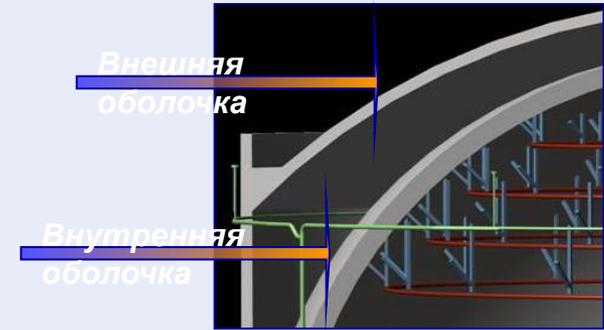
- 1) топливную матрицу;**
- 2) оболочки тепловыделяющих элементов;**
- 3) границы контура теплоносителя;**
- 4) герметичное ограждение локализующих систем безопасности (защитную оболочку);**
- 5) биологическую защиту.**

*Каждый физический барьер проектируется и изготавливается с учетом специальных норм и правил для обеспечения его повышенной надежности.*

# Система барьеров



- 1 - топливная таблетка
- 2 - оболочка ТВЭЛ
- 3 - границы первого контура
- 4 - защитная оболочка
- 5 - биологическая защита  
(строительные конструкции здания реактора)



# Система барьеров



- 1) **Топливная таблетка:** задерживает в себе движение практически всех осколков деления (радиоактивность под оболочкой тепловыделяющих элементов в 10000 раз меньше радиоактивности в топливной таблетке).
- 2) **Стенки оболочки тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ):** препятствуют выходу продуктов деления в теплоноситель (радиоактивность теплоносителя первого контура в 1000 раз меньше радиоактивности под оболочкой ТВЭЛа).
- 3) **Оборудование первого контура:** корпус реактора, трубопроводы, парогенераторы, насосы (допустимая утечка не более 0,03 % в час).
- 4) **Двойная защитная оболочка здания реактора** обеспечивает защиту от природных и техногенных воздействий: цунами, землетрясения, урагана, падения самолета (допустимая утечка не более 0,3 % в сутки).
- 5) **Биологическая защита:** снижает уровень излучения за пределами здания реактора.

# Внешние воздействия



## 1. Землетрясение

Тектонически активные разломы вблизи площадки НВАЭС-2 отсутствуют.

Уровень сейсмических воздействий для площадки составляет:

- проектное землетрясение (ПЗ) – 5 баллов;
- максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) – 6 баллов.

В проекте НВАЭС-2 консервативно приняты следующие параметры сейсмических воздействий:

- ПЗ – 6 баллов;
- МРЗ – 7 баллов.

## 2. Затопление

При наихудшем сценарии последовательного полного разрушения плотин Воронежского и Матырского водохранилищ абсолютная отметка максимального уровня волны прорыва составит 95,0 м. Уровни воды выше 94,0 м могут держаться до 5 суток.

Расчетный максимальный уровень воды весеннего половодья:

- 92,3 м (частота реализации – 1%);
- 94,7 м (частота реализации – 0,01%).

Указанные уровни не приведут к затоплению площадки размещения основных сооружений НВАЭС-2, планировочная отметка которой 107,3 м (возле здания реактора отметка планировки 119,6 м).

## 3. Взрывная волна

В проекте НВАЭС-2 рассмотрена возможность взрывов газопроводов, нефтепроводов, продуктопроводов, складов горюче-смазочных материалов, а также взрывов на транспорте, перевозящем горюче-смазочные материалы и взрывчатые вещества.

Результаты анализа показывают, что наибольшее взрывное влияние на объекты НВАЭС-2 может оказать только одно внешнее событие: взрыв заправленной автоцистерны, находящейся непосредственно у какого-либо объекта промплощадки.

Строительные конструкции зданий первой категории рассчитаны на восприятие нагрузки от взрывной волны **30 кПа** (соответствует взрыву 2,2 т взрывчатого вещества на расстоянии 39 м).

## 4. Падение самолета

Расчетная частота падения летательных аппаратов на АЭС -  $7,88 \times 10^{-8}$  в год.

Строительные конструкции зданий первой категории рассчитаны на падение самолета весом 5 т со скоростью 100 м/с.

## 5. Ветровые нагрузки

Максимальные расчетные скорости ветра (с учетом порывов):

- 38 м/с (частота реализации – 1%);
- 56 м/с (частота реализации – 0,01%).

Указанные скорости ветра не приведут к повреждению основных сооружений НВАЭС-2.

# Сравнение результатов вероятностного анализа безопасности



Частота повреждения активной зоны:

**НВАЭС-2**  $1,26 * 10^{-7}$  на реактор в год

**АЭС «Куданкулам»**  $2,22 * 10^{-7}$  на реактор в год

**АЭС «Тяньвань»**  $3,28 * 10^{-6}$  на реактор в год

**Балаковская АЭС**  $3,61 * 10^{-5}$  на реактор в год

*для одногодичного топливного цикла*

*без учета запроектных аварий*