



ОАО «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях»

Выполнение компенсирующих мероприятий на АЭС ОАО «Концерн Росэнергоатом» после аварии на АЭС Фукусима

Докладчик:

Заместитель Генерального директора –
директор по производству и эксплуатации АЭС
ОАО «Концерн Росэнергоатом»

Шутиков А.В.

23-25 мая 2012, г. Москва

Влияние аварий на концепцию обеспечения ядерной безопасности

Авария на АЭС «Три-Майл-Айленд», США, март 1979 г.



Авария на Чернобыльской АЭС, СССР, апрель 1986 г.



- **разрушение АЗ реактора**
- **частичное расплавление топлива**
- **р/а вещества в основном остались внутри**
- **утечка радиоактивной воды на площадку АЭС**

- **тяжёлое повреждение АЗ реактора**
- **расплавление топлива**
- **загрязнение р/а веществами обширных территорий**
- **долгосрочное негативное влияние на здоровье людей**
- **психологическое влияние на общество**

Реакция ядерного сообщества

1. Пересмотр роли человеческого фактора
2. Внедрение ВАБ
3. Улучшение систем безопасности
4. Совершенствование аварийного планирования



1. Изменение подхода к регулированию ядерной безопасности и проектированию АЭС
2. Создание международного режима ядерной безопасности (Конвенция ядерной безопасности)
3. Разработка новых принципов безопасности
4. Внедрение концепции культуры безопасности
5. Введение нового уровня защиты «управление аварией»

Основы безопасности



ЦЕЛЬ: предотвращение опасного радиационного воздействия на человека и окружающую среду при авариях

Три главные технические функции достижения ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

```
graph TD; A[Три главные технические функции достижения ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ] --> B[Удержание под контролем цепной ядерной реакции деления]; A --> C[Отвод тепла от ядерного топлива]; A --> D[Удержание радиоактивных веществ в пределах барьеров];
```

Удержание под контролем цепной ядерной реакции деления

Отвод тепла от ядерного топлива

Удержание радиоактивных веществ в пределах барьеров

Два главных принципа реализации функций

```
graph TD; A[Два главных принципа реализации функций] --> B[Принцип предотвращения аварий]; A --> C[Принцип ослабления аварий];
```

Принцип предотвращения аварий

Принцип ослабления аварий

Уроки Чернобыля

- **Безопасность стала главным приоритетом в деятельности Эксплуатирующей организации:**
 - Уже в первые годы после аварии на всех реакторных установках аналогичных чернобыльскому типу были реализованы первоочередные мероприятия по повышению безопасности.
 - С участием международных экспертов был проведен анализ проектов АЭС, выявлены проблемы безопасности и намечены программы по их устранению.
- **Создана система противоаварийного реагирования.**

Передвижной аварийный дизель-генератор Нововоронежской АЭС



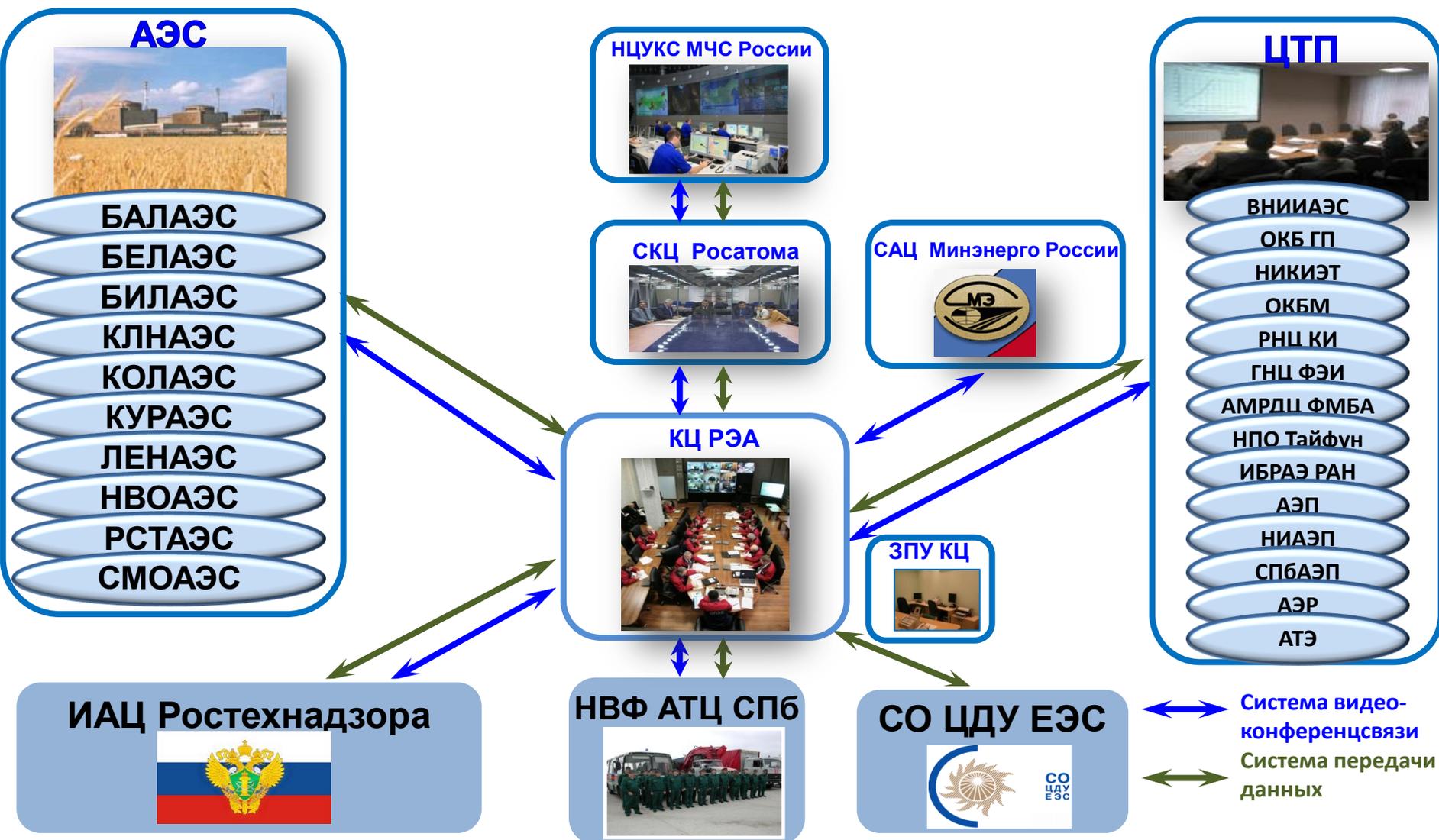
Баллоны БД САОР



Тренажер УТЦ Ленинградской АЭС



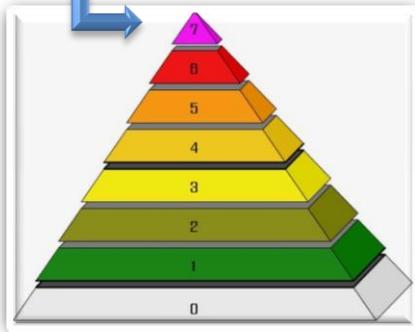
Система противоаварийного реагирования на АЭС России



Актуализация проблем безопасности

События на АЭС «Фукусима» в Японии

Уровень 7 по
шкале INES



Недостаточная
эффективность
принятых мер по
исключению
тяжёлых аварий



Воздействие
внешних
экстремальных
событий
природного
характера и их
сочетаний

Новый импульс рассмотрения безопасности
АЭС на мировом уровне

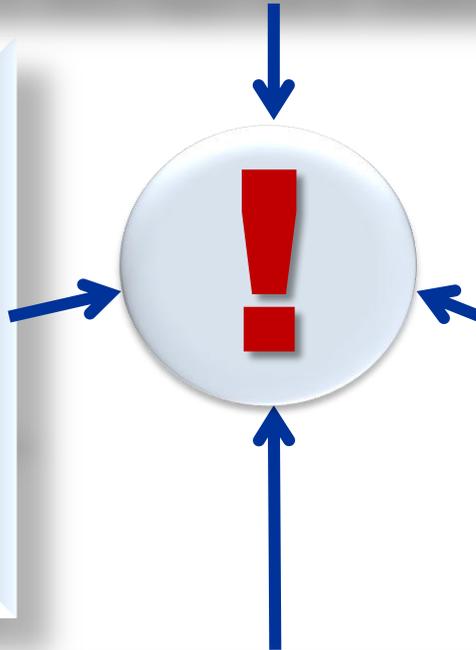
Выводы из уроков аварии на АЭС Фукусима

Персонал, руководство АЭС и Эксплуатирующей организации должны быть нацелены на незамедлительные действия по предупреждению и смягчению последствий тяжелых аварий

На каждом энергоблоке должен быть организован запас неповреждаемых при стихийных бедствиях технических средств, обеспечивающих энерго- и водоснабжение для охлаждения реактора и отработавшего топлива

Восстановление электроснабжения и подачи воды для расхолаживания ядерного топлива в течение первых часов после полной потери энергоснабжения является ключевым критерием успеха

ЭО, органы исполнительной власти, международные организации и общественность должны быть своевременно проинформированы о событии на АЭС. Обеспечено привлечение внешней помощи со стороны правительства и международного сообщества.



Методология анализа состояния защищённости АЭС России при возникновении чрезвычайных ситуаций

ОЦЕНКА



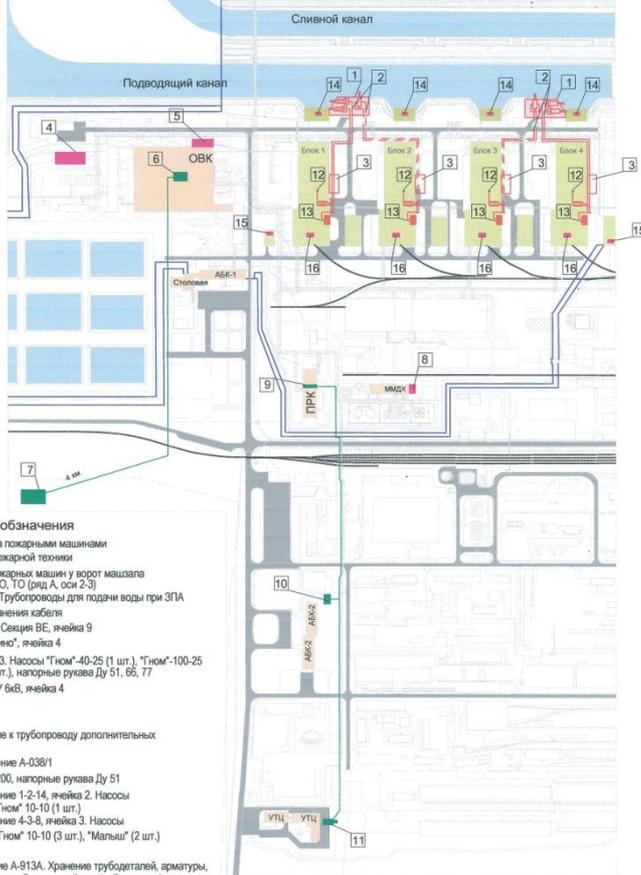
Мероприятия по разработке и совершенствованию противоаварийной документации

СОГЛАСОВАНО
Начальник ПЧ-23 *1 отряд
ФПС по Саратовской обл.
А.В. Сафронов

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
В.Н. Бессонов

План - схема восстановления электроснабжения и подачи воды в ПГ.

Места размещения средств отдачи воды, сброса давления из герметичного объема, хранения оборудования для временных трубопроводов и кабельной продукции при тяжелых запроектных авариях.



Условные обозначения

- 1 Пирс для водозабора пожарными машинами
 - 2 Рукавная линия от пожарной техники
 - 3 Место установки пожарных машин у ворот машзала для подачи воды в РО, ТСО (ряд А, ось 2-3)
 - 4 Металлосклад Ц.П. Трубопроводы для подачи воды при ЗПА
 - 5 Склад-навес для хранения кабеля
 - 6 ОВК, помещение 94, Секция ВЕ, ячейка 9
 - 7 Подстанция "Наталья", ячейка 4
 - 8 ММДХ, помещение 13, Насосы "Тюм"-40-25 (1 шт.), "Тюм"-100-25 (1 шт.), "Субару" (1 шт.), напорные рукава Ду 51, 66, 77
 - 9 ПРК, помещение КРУ БвБ, ячейка 4
 - 10 КТП-1,2
 - 11 Подстанция "ПЛК"
 - 12 Машзал, подключение к трубопроводу дополнительных средств подпитки ПГ
 - 13 РО-1, 2, 3, 4, помещение А-0381
 - 14 БНС, Насос "Тюм"-200, напорные рукава Ду 51
 - 15 РЦ-1, РДЭС, помещение 1-2-14, ячейка 2, Насосы "Тюм"-25-20 (2 шт.), "Тюм"-10-10 (1 шт.)
 - 16 РЦ-2, РДЭС, помещение 4-3-8, ячейка 3, Насосы "Тюм"-25-20 (3 шт.), "Тюм"-10-10 (3 шт.), "Мальвы" (2 шт.), "Тюм"-40-25 (2 шт.)
 - 17 РО-1,2,3,4, помещение А-913А. Хранение трубодегелей, арматуры, баллона с фреоном для сброса аварийного (избыточного) давления из герметичного объема
- Пожарная техника
- Рукавная линия подачи воды пожарной техникой в ПГ
 - Линия аварийного электроснабжения БвБ.
 - Охраняемый периметр станции

- Разработаны и введены в действие «Карты действий персонала при ЗПА»:
 - потеря внешнего электроснабжения и отказ всех ДГ;
 - накопление водорода и появление избыточного давления в ГО;
 - невозможность подачи воды в ПГ проектными способами;
 - угроза затопления РДЭС, БНС и минусовых отметок блоков АЭС и др.

Примеры карт действий персонала при ЗПА

СОГЛАСОВАНО
Начальник ПЧ-23 "1 отряд
ФПС по Саратовской обл."

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
В.Н. Бессонов

План - схема
восстановления электроснабжения и подачи воды в ПГ.

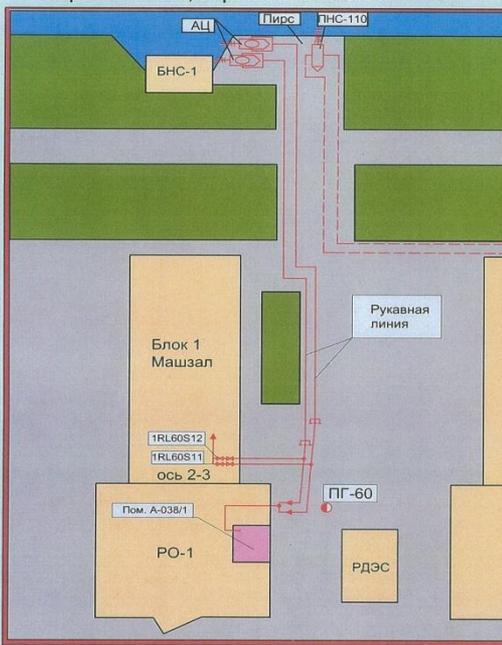
Места размещения средств откачки воды, сброса давления из герметичного объема, хранения оборудования для временных трубопроводов и кабельной продукции при тяжелых запроектных авариях.



Условные обозначения

- 1 Пирс для водозабора пожарными машинами
- 2 Рукавная линия от пожарной техники
- 3 Место установки пожарных машин у ворот машзала для подачи воды в РО, ТО (ряд А, оси 2-3)
- 4 Металлосклад ЦДР. Трубопроводы для подачи воды при ЗПА
- 5 Склад: навалс для хранения кабелей
- 6 ОВК, помещение 94. Секция ВЕ, ячейка 9
- 7 Подстанция "Натальино", ячейка 4
- 8 ММДХ, помещение 13. Насосы "Тисом" 40-25 (1 шт.), "Тисом"-100-25 (1 шт.), "Субару" (1 шт.), напорные рукава Ду 51, 66, 77
- 9 ПРК, помещение КРУ Биб, ячейка 4
- 10 КТП-1,2
- 11 Подстанция "ПЛК"
- 12 Машзал, подключение к трубопроводу дополнительных средств подпитки ПГ
- 13 РО-1, 2, 3, 4, помещение А-038/1
- 14 БНС: Насос "Тисом" -200, напорные рукава Ду 51
- 15 РЦ-1, РДЭС, помещение 1-2-14, ячейка 2. Насосы "Тисом" 25-20 (2 шт.), "Тисом" 10-10 (1 шт.)
- 16 РЦ-2, РДЭС, помещение 4-3-8, ячейка 3. Насосы "Тисом" 25-20 (3 шт.), "Тисом" 10-10 (3 шт.), "Мальши" (2 шт.), "Тисом" 40-25 (2 шт.)
- 17 РО-1, 2, 3, 4, помещение А-913А. Хранение трубофитингов, арматуры, баллона с фреоном для сброса аварийного (избыточного) давления из герметичного объема
- 18 Пожарная техника
- 19 Рукавная линия подачи воды пожарной техникой в ПГ
- 20 Линия аварийного электроснабжения Биб.
- 21 Охраняемый периметр станции

Схема подачи воды от пожарной техники в ПГ аварийных энергоблоков N 1, 2 при полном обесточении АЭС



Условные обозначения

- Рукавная линия от АЦ
- Рукавная линия от ПНС-110

Пожарная техника в
Пожарные машины А
Пожарная насосная с

Подача воды на оди
осуществляется одн
или двумя пожарным

СОГЛАСОВАНО
Начальник ПЧ-23



Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»
«Балаковская атомная станция»
(Балаковская АЭС)

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
В.Н. Бессонов
04.05, 2011г.

Карта действий №ЦВ-1-12/390 персонала при тяжелых запроектных авариях. УДАЛЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ГЕРМЕТИЧНОГО ОБЪЕМА.

1. Карта действий (КД) вводится в действие по команде НСБ при необходимости удаления водорода из герметичного объема при ликвидации тяжелых ЗПА и обесточении энергоблока.
2. Порядок действий персонала.

№ п/п	Действие персонала	Исполнитель (должность)	Контролирующее лицо (должность)
1.	После получения информации об обесточении энергоблока в течение не более 30-ти минут принять меры по открытию с БУЗ или со сборки задвижек электроприводной арматуры TL22S09. Электросхему TL22S09 разобрать в открытом положении.	НСЦТАИ	НСЦВ
2.	Открыть вручную гермоклапаны TL22S01,02,(03,04,05,06),08	МХУ ЦВ	НСЦВ
3.	Подорвать вручную гермоклапан TL22S07 для удаления водорода через систему TL22 в венттрубу	МХУ ЦВ	НСЦВ

3. Ожидаемый результат:
Концентрация водорода в ГО ниже предельно допустимых значений.

Начальник ЦВ С.Н. Трофимов

Согласовано:

1-й ЗГИЭ А.М. Сиротин
ЗГИосо Ю.В. Свежинцев
НСЦТАИ А.Н. Морев

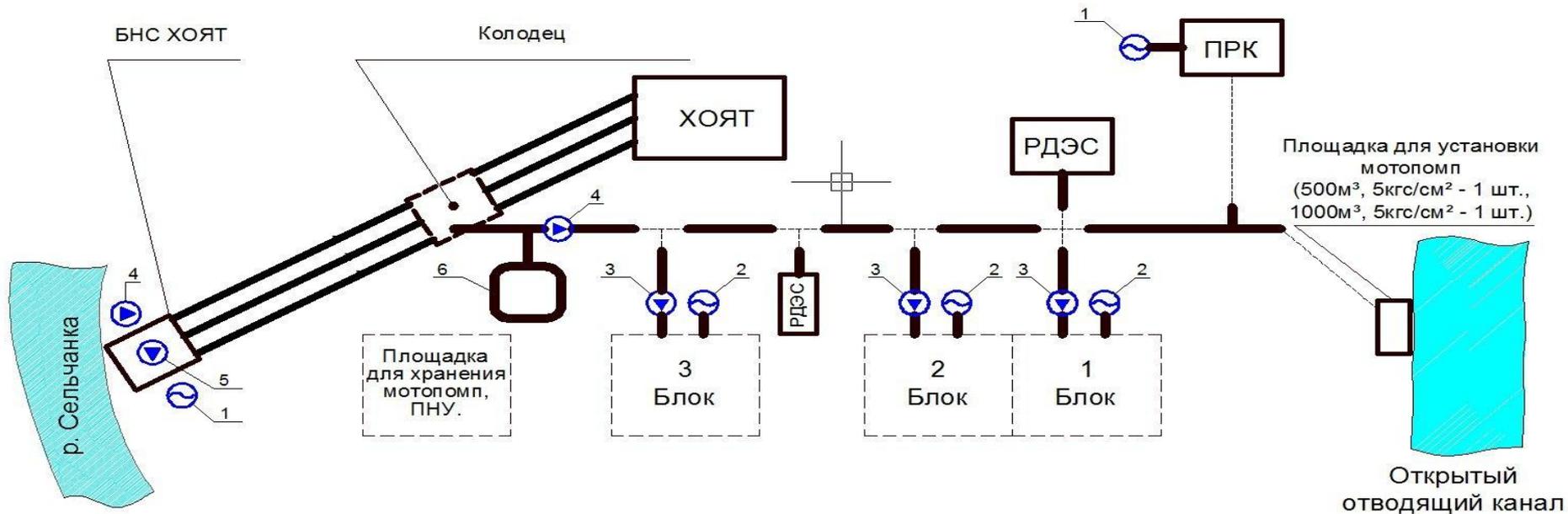
В.А. Ямщиков 99537

Обеспечение электропитания

- Разработка и внедрение дополнительных схем подачи электропитания от передвижных дизель-генераторов ($N = 2,0$ и $0,2$ МВт) на потребители:
 - насосы и арматуру (подача воды в РУ, приреакторные БВ, БВ ХОЯТ и ОСХОТ);
 - БЩУ, РЩУ;
 - КСКУЗ, УСБ-Т и др. управляющие системы;
 - «аварийные» КИП;
 - аварийное освещение
- Повышение надежности электроснабжения
 - монтаж дополнительных линий от внешних источников - энергосистем;
 - повышение внутреннего резервирования

Стратегия использования дополнительной техники

На примере Смоленской АЭС

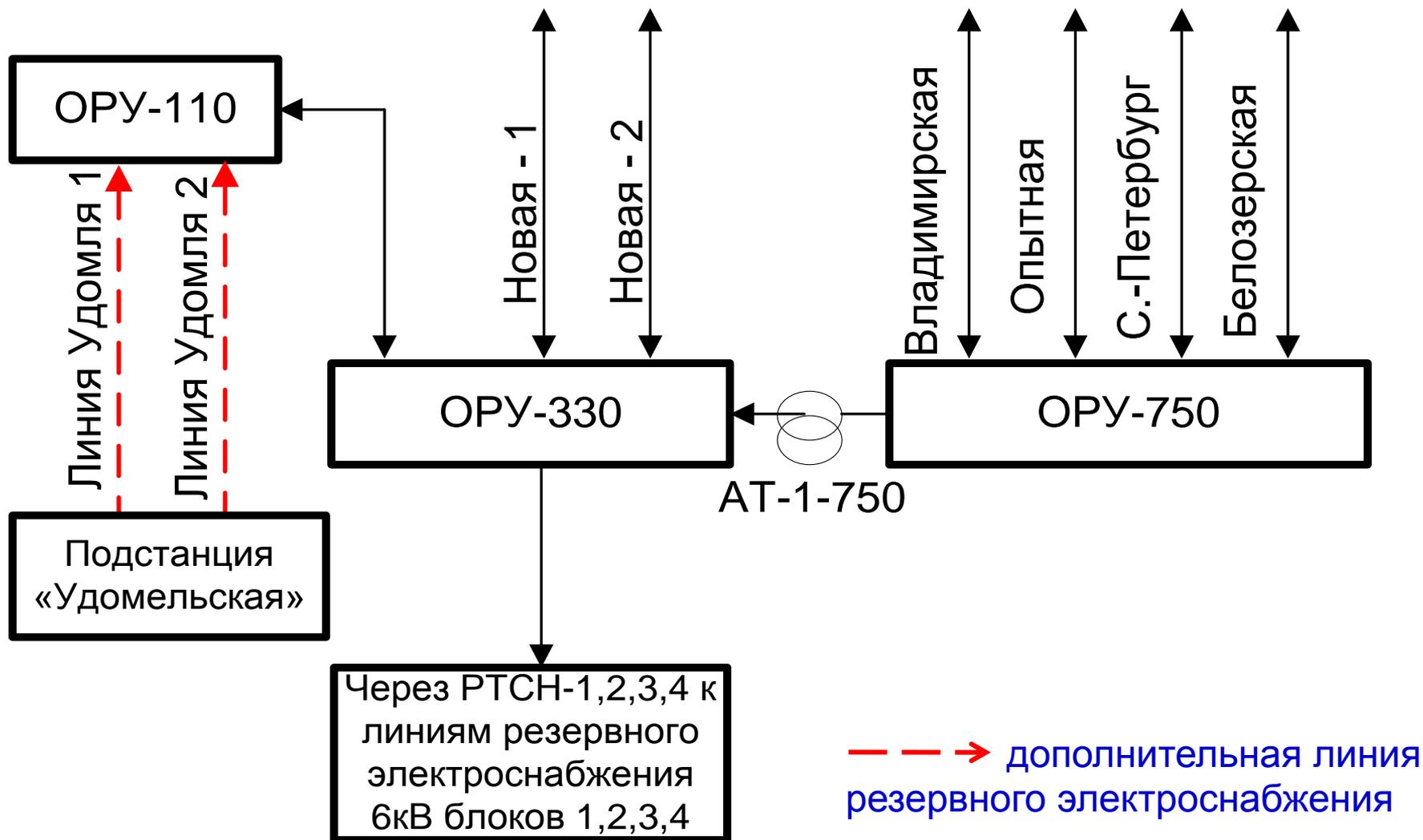


Условные обозначения:

-  Сухотруб
-  вставки из гибких трубопроводов
-  ПДГУ 0.2 МВт, 2.0МВт.
-  Мотопомпы, ПНУ.

Поз.	Наименование	Примечание
1	Передвижная дизель-генераторная установка (ПДГУ)	W=0,2 МВт.
2	Передвижная дизель-генераторная установка (ПДГУ)	W=2,0 МВт.
3	Передвижная насосная установка (ПНУ)	Q=150м ³ , P=90кгс/см ² .
4	Мотопомпа	Q=500м ³ , P=5кгс/см ² .
5	Штатный насос подачи охлаждающей воды на нужды ХОЯТ (6 шт.)	Q=160м ³ , H=140м.в.ст., N=90кВт.
6	Емкость аккумулирующая	V=500м ³

Повышение надежности электроснабжения СН за счет монтажа дополнительных линий (на примере Калининской АЭС)



Обеспечение теплоотвода

- Разработка и внедрение дополнительных схем подачи воды в реактор, парогенераторы, приреакторные БВ и БВ хранилищ отработавшего топлива с использованием:
 - передвижных дизель-насосов и мотопомп;
 - пожарных автоцистерн;
 - штатных систем водопожаротушения;
 - природных и дополнительно сооружаемых резервных источников воды
- Внедрение системы охлаждения металлической облицовки стен БВ ХОЯТ

Схема подачи воды в ПГ для ВВЭР-1000 от пожарных машин, мотопомп

Резервная система подачи воды в ПГ от пожарных машин, мотопомп

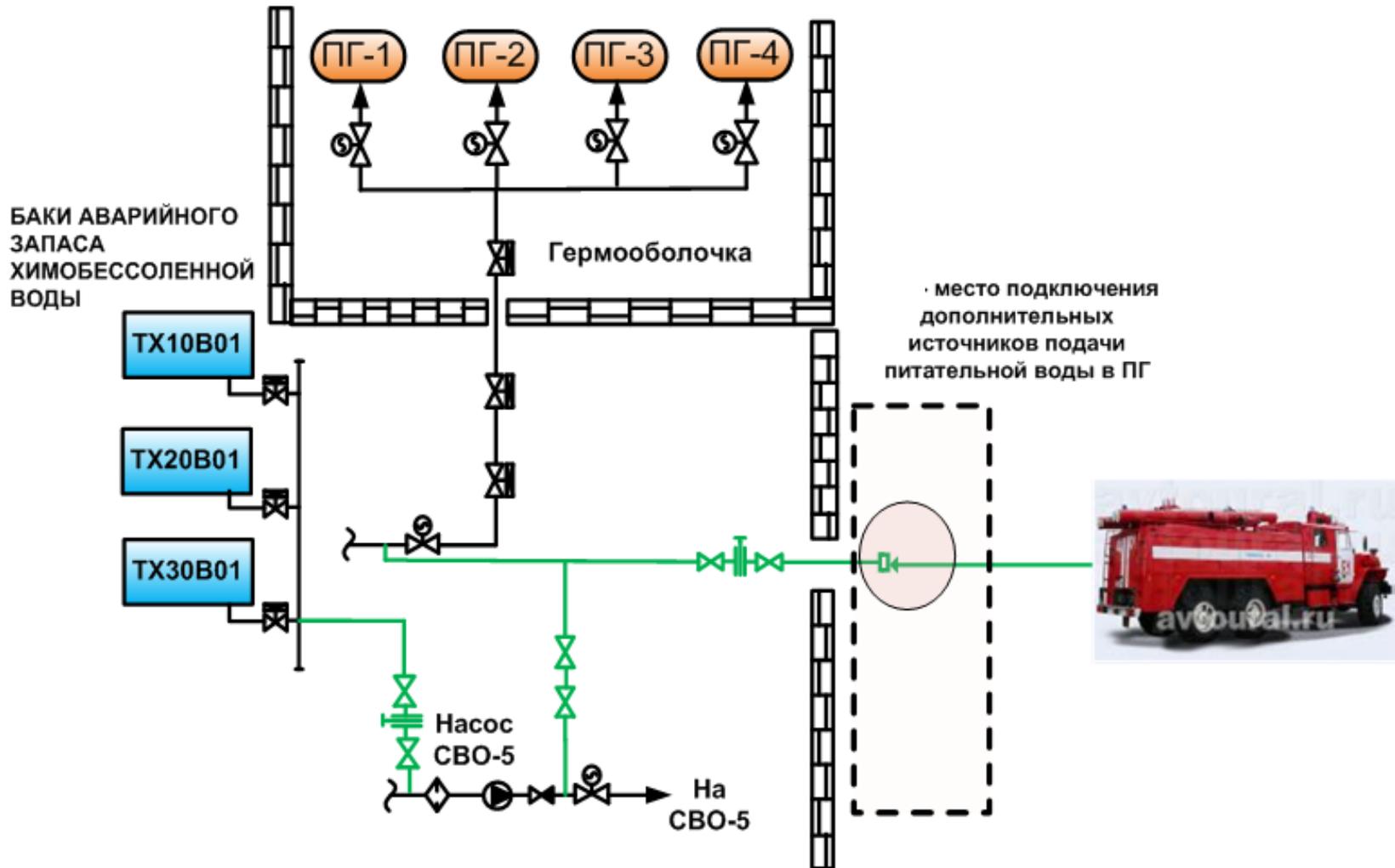


Схема подпитки БВ ВВЭР-1000 от мотопомпы

Резервная система подпитки бассейна выдержки от мотопомпы

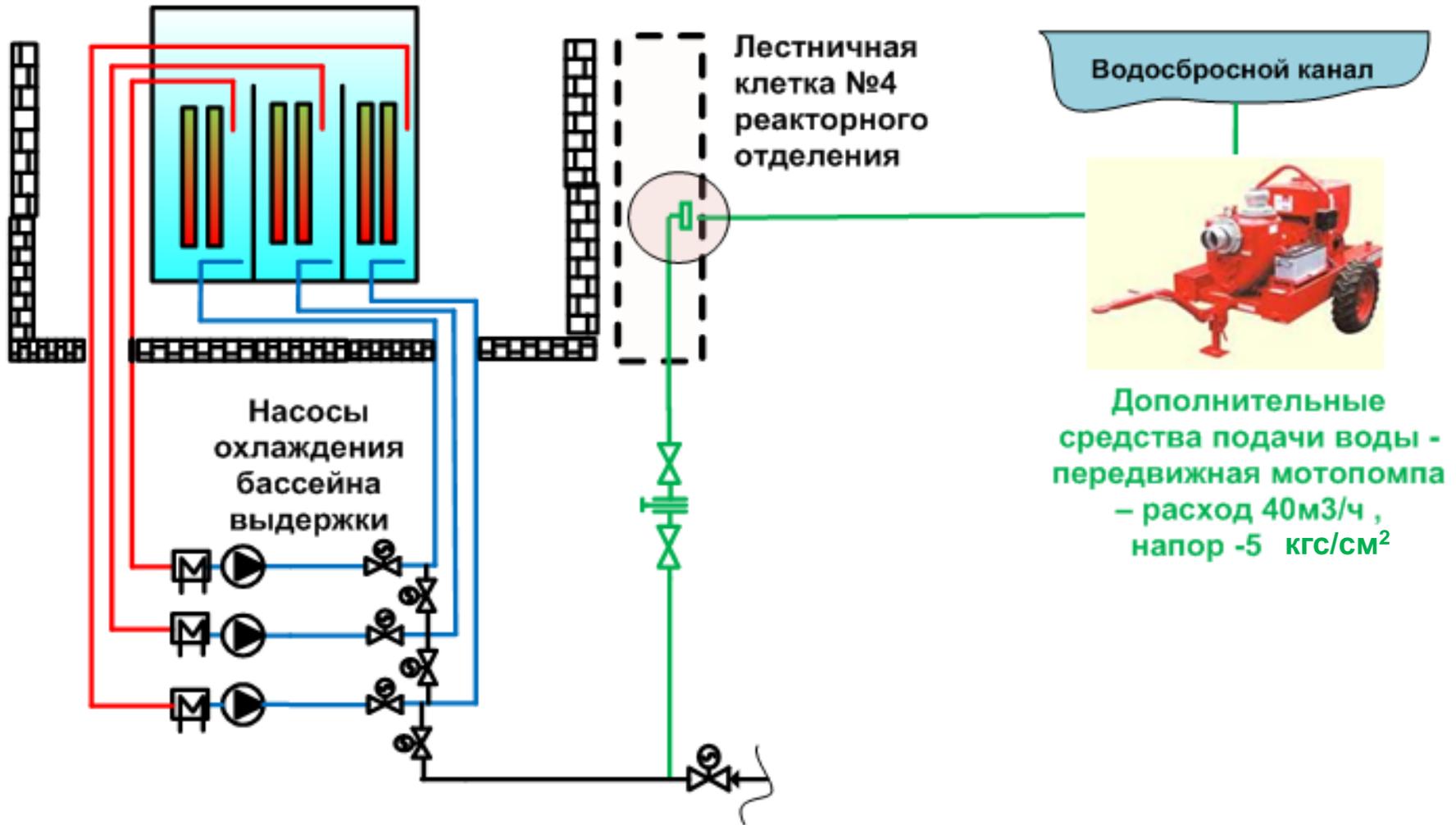


Схема подпитки 1 контура и обеспечения теплоотвода ВВЭР-1000 за счет доп.источников и мобильных средств

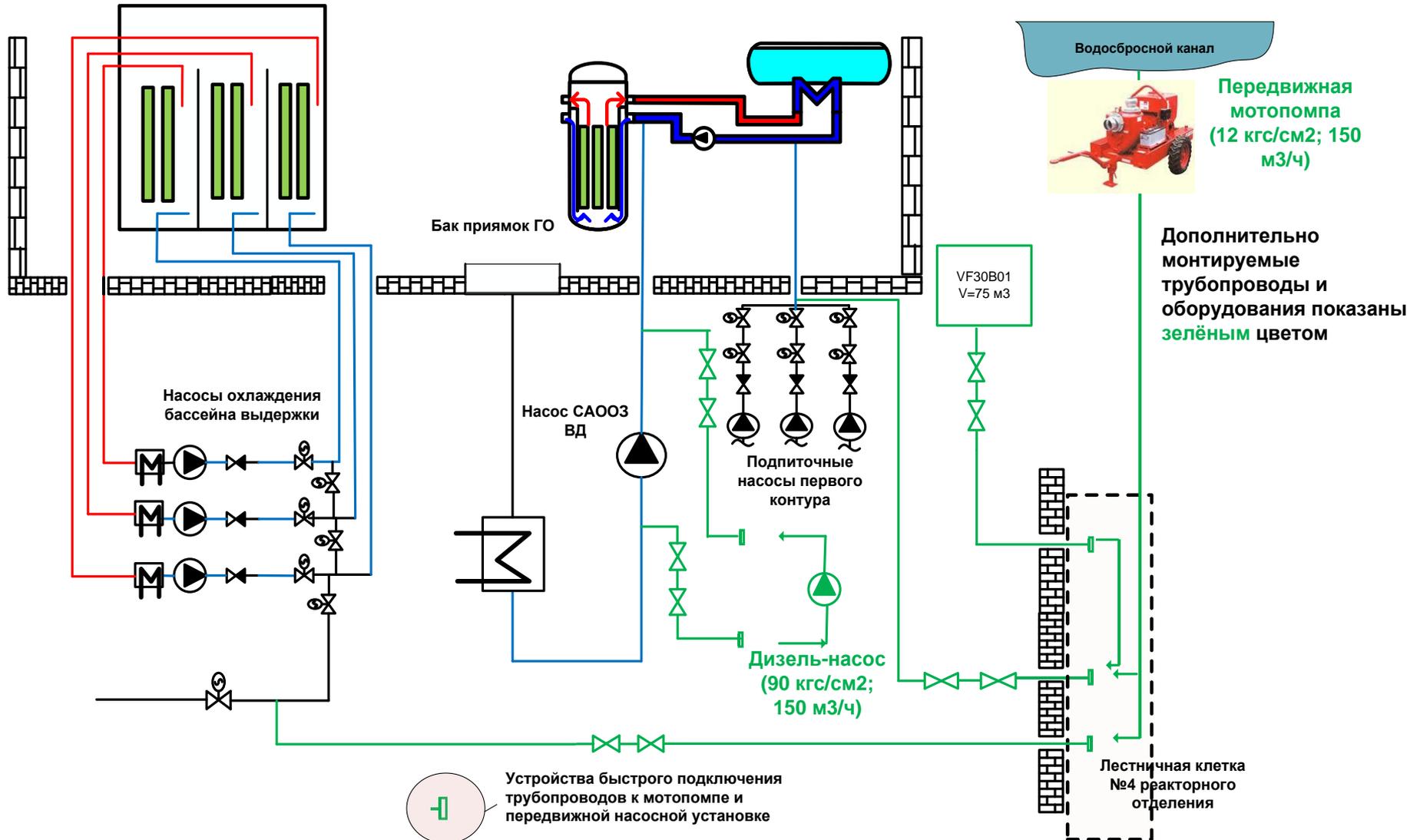
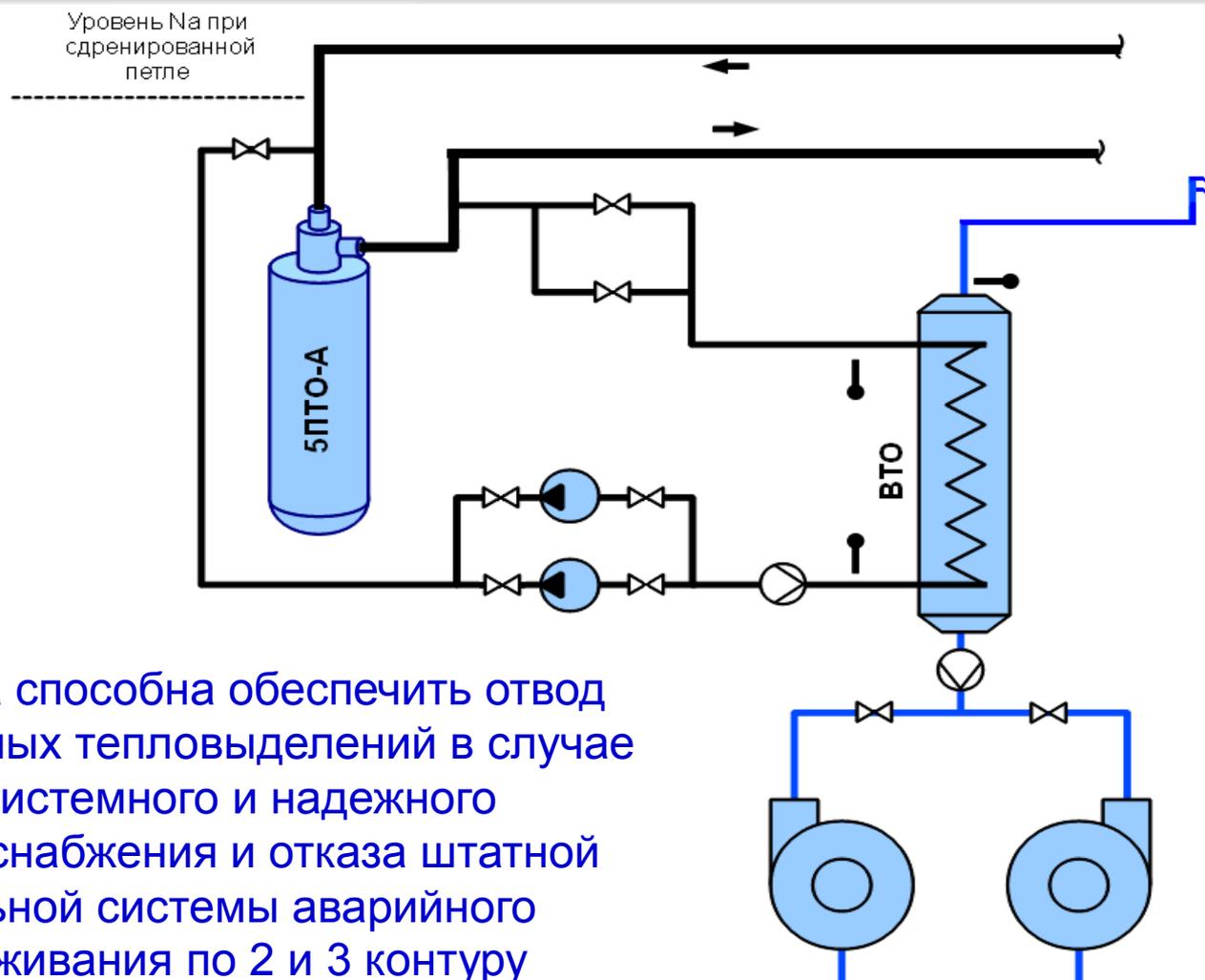


Схема дополнительной системы аварийного расхолаживания реактора (САРХ-ВТО) блока № 3 Белоярской АЭС (БН-600)

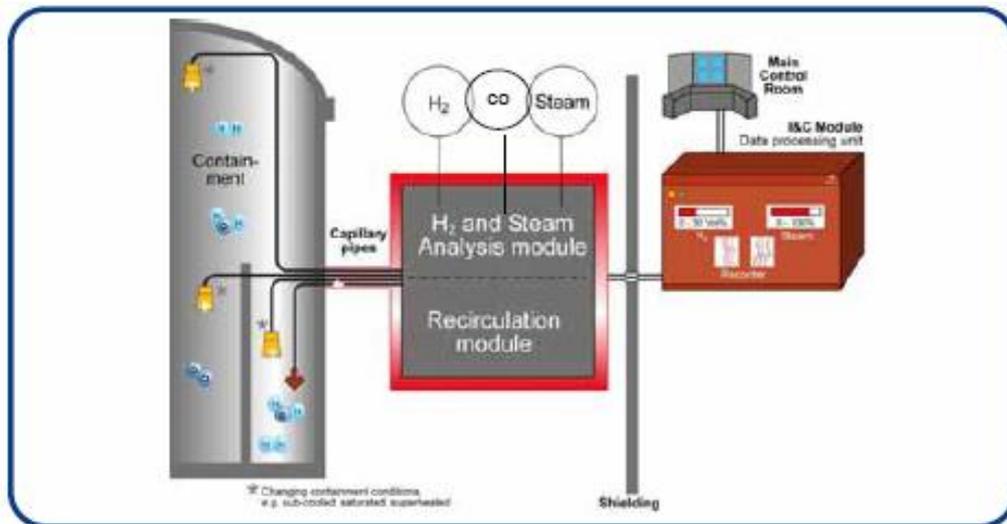
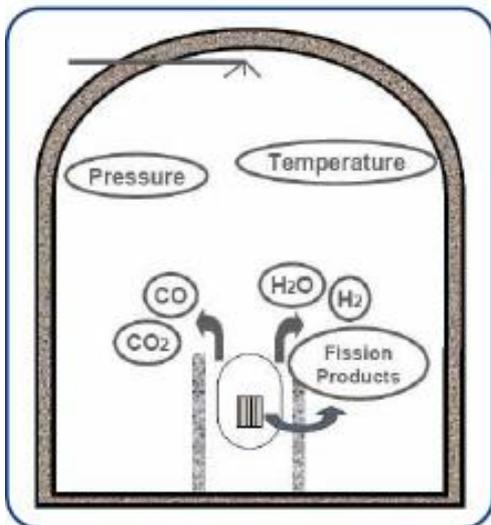


Система способна обеспечить отвод остаточных тепловыделений в случае потери системного и надежного электроснабжения и отказа штатной 3-канальной системы аварийного расхолаживания по 2 и 3 контуру

Срок ввода САРХ-ВТО в эксплуатацию - ППР 2012 г.

Мероприятия по взрывобезопасности

Внедрение на энергоблоках АЭС с ВВЭР систем контроля концентрации водорода



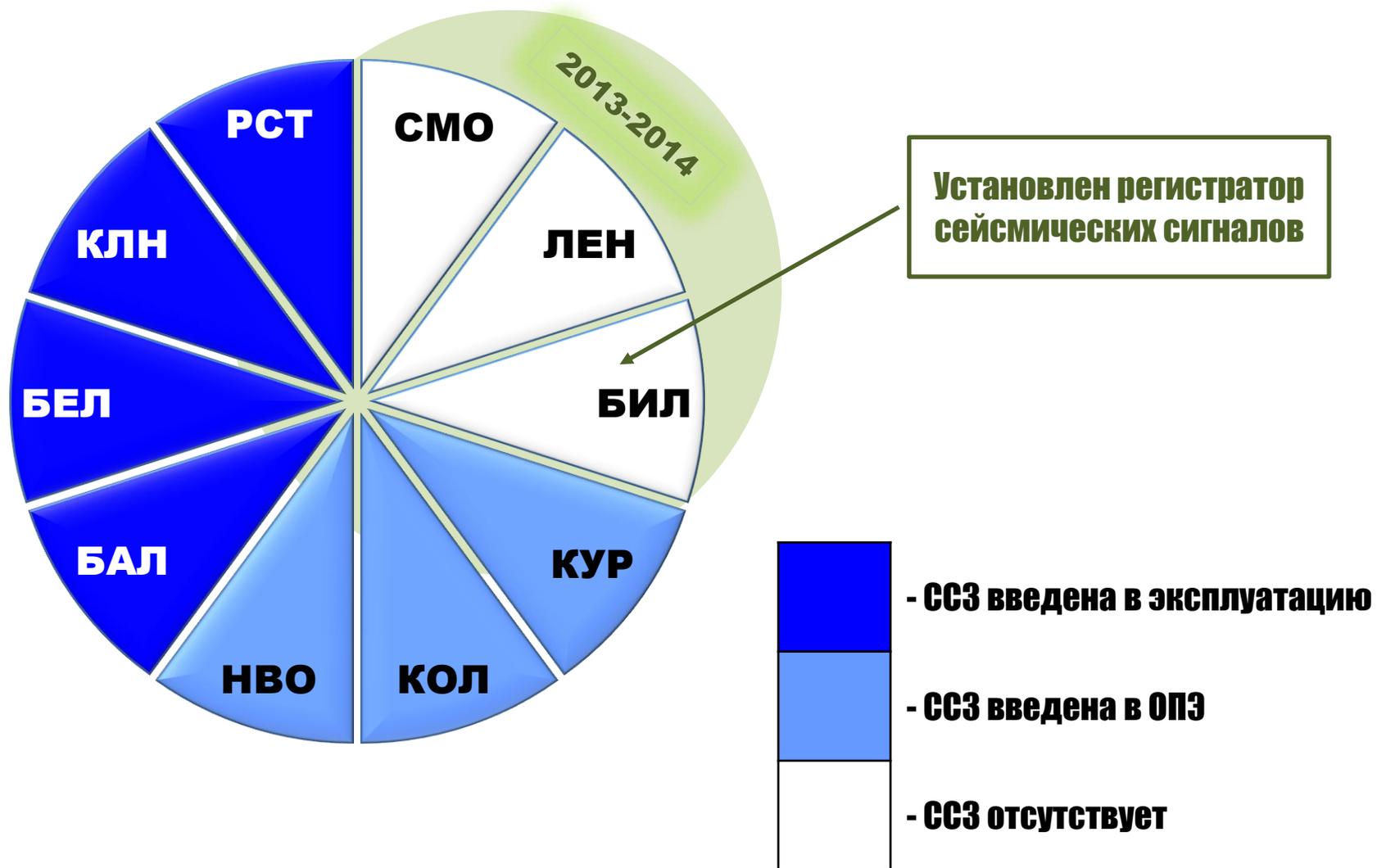
Оснащение энергоблоков АЭС с ВВЭР пассивными каталитическими рекомбинаторами водорода



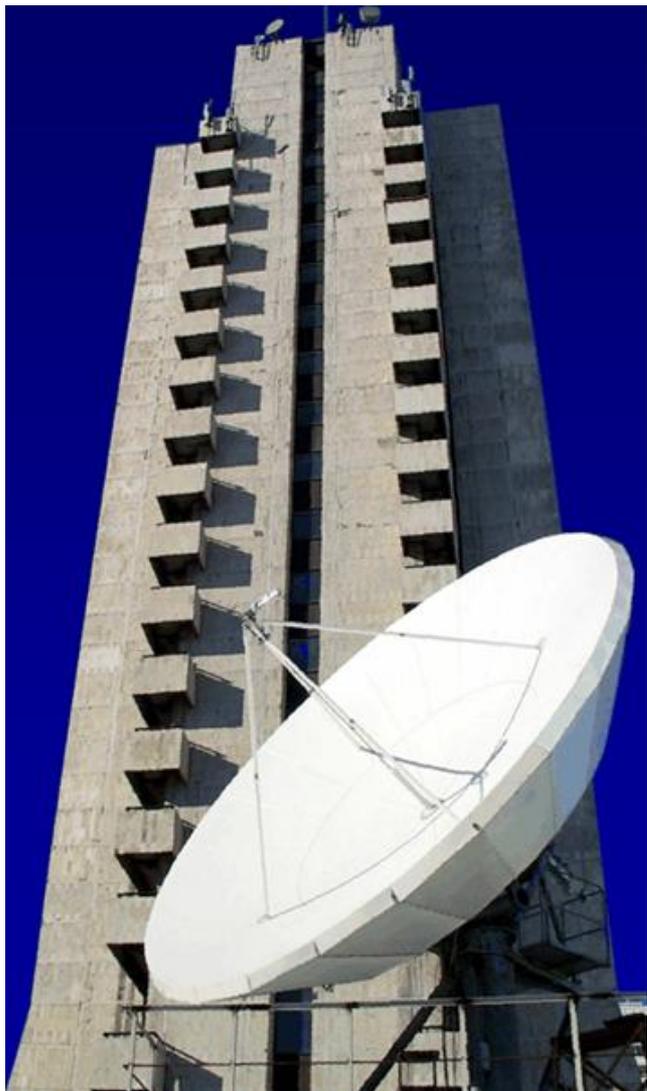
Повышение сейсмической безопасности

- внедрение системы сейсмической защиты РУ (автоматический останов реактора при землетрясении);
- уточнение данных по сейсмическому микрорайонированию площадок АЭС;
- выполнение уточнённого расчётного анализа сейсмических воздействий на РУ, БВ, ХОЯТ, СКЗиС и др. оборудование СВБ;
- уточнение категорий сейсмостойкости элементов АЭС;
- реализация мероприятий по повышению сейсмостойкости оборудования, строительных конструкций АЭС (раскрепление, укрепление и пр.).

Внедрение сейсмической защиты на АЭС



Мероприятия по совершенствованию системы противоаварийного взаимодействия

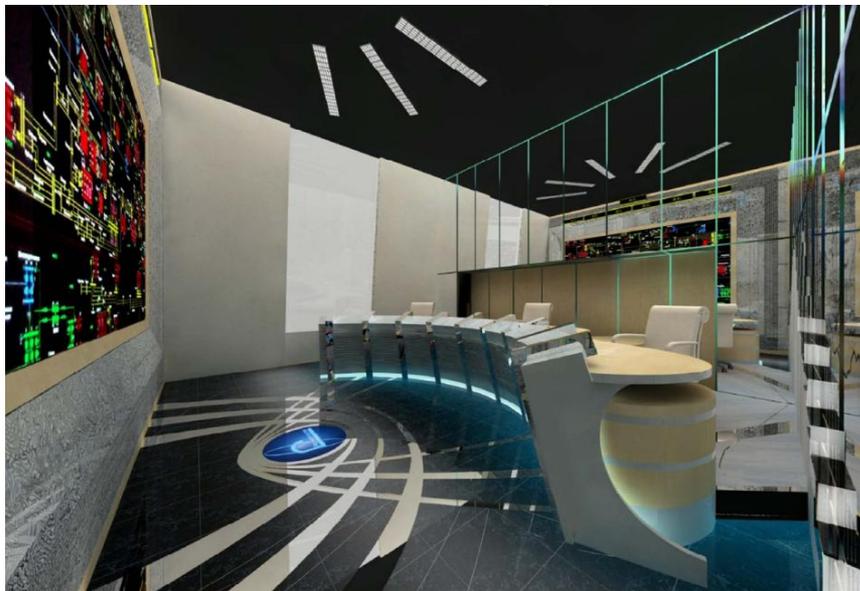


- Модернизация инфраструктуры связи Центров Технической поддержки, Кризисного Центра и АЭС;
- Создание передвижных пунктов управления и передвижных узлов связи на АЭС;
- Создание регионального Кризисного Центра ВАО АЭС - Московского Центра



Региональный кризисный центр (РКЦ)

Центральный диспетчерский щит РКЦ



Режимы функционирования



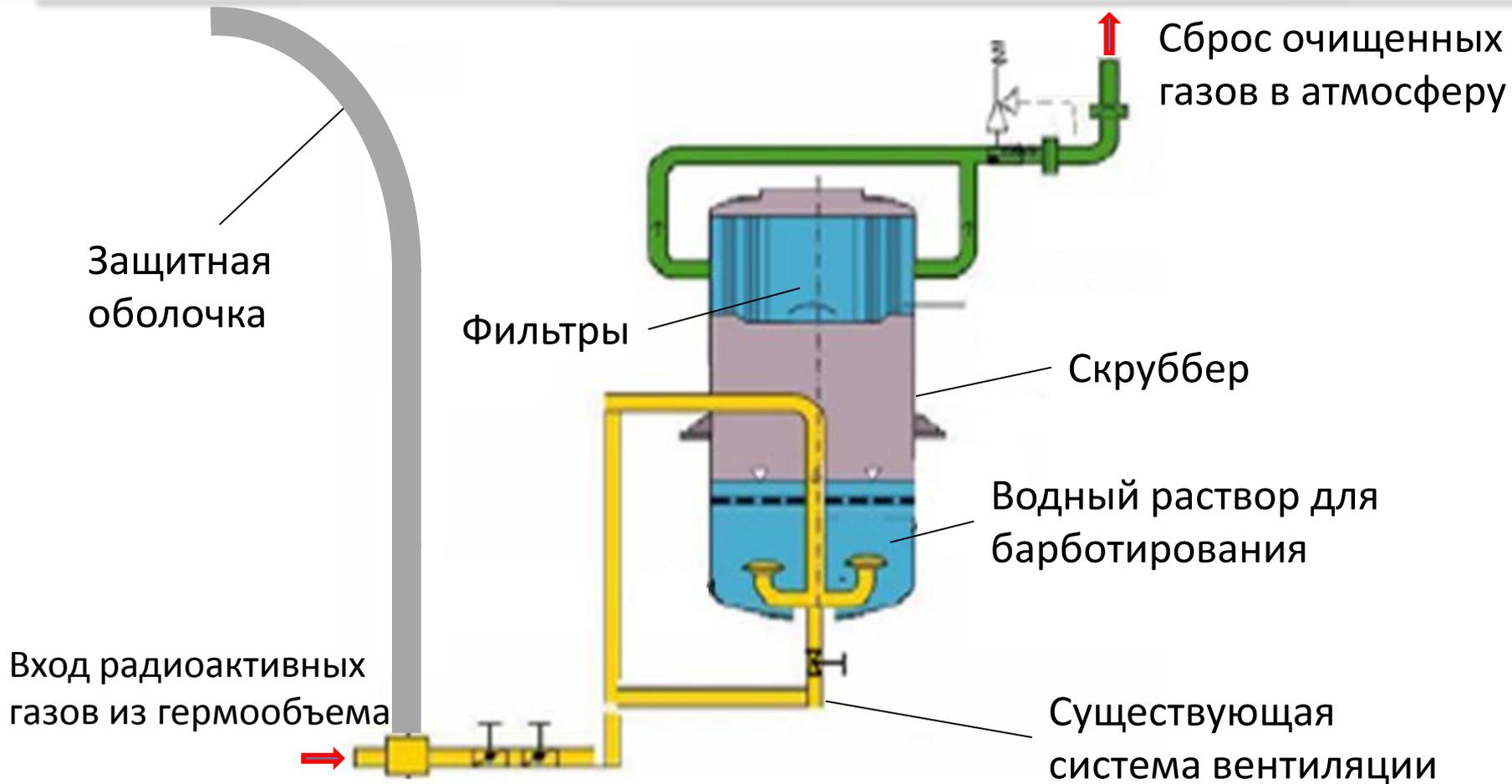
- режим повседневной деятельности
- режим повышенной готовности
- режим чрезвычайной ситуации

- ❑ Основная задача РКЦ - обеспечение экспертной / консультативной и инженерно-технической поддержки при возникновении аварийных ситуаций и аварий на энергоблоках ВАО АЭС – МЦ с РУ ВВЭР
- ❑ РКЦ формирует единое информационное и экспертное пространство для обеспечения реагирования группы ОПАС в случае обращения за технической поддержкой со стороны зарубежных АЭС
- ❑ Постоянная готовность РКЦ к аварийному реагированию обеспечивается силами КЦ

Формирование технических требований к:

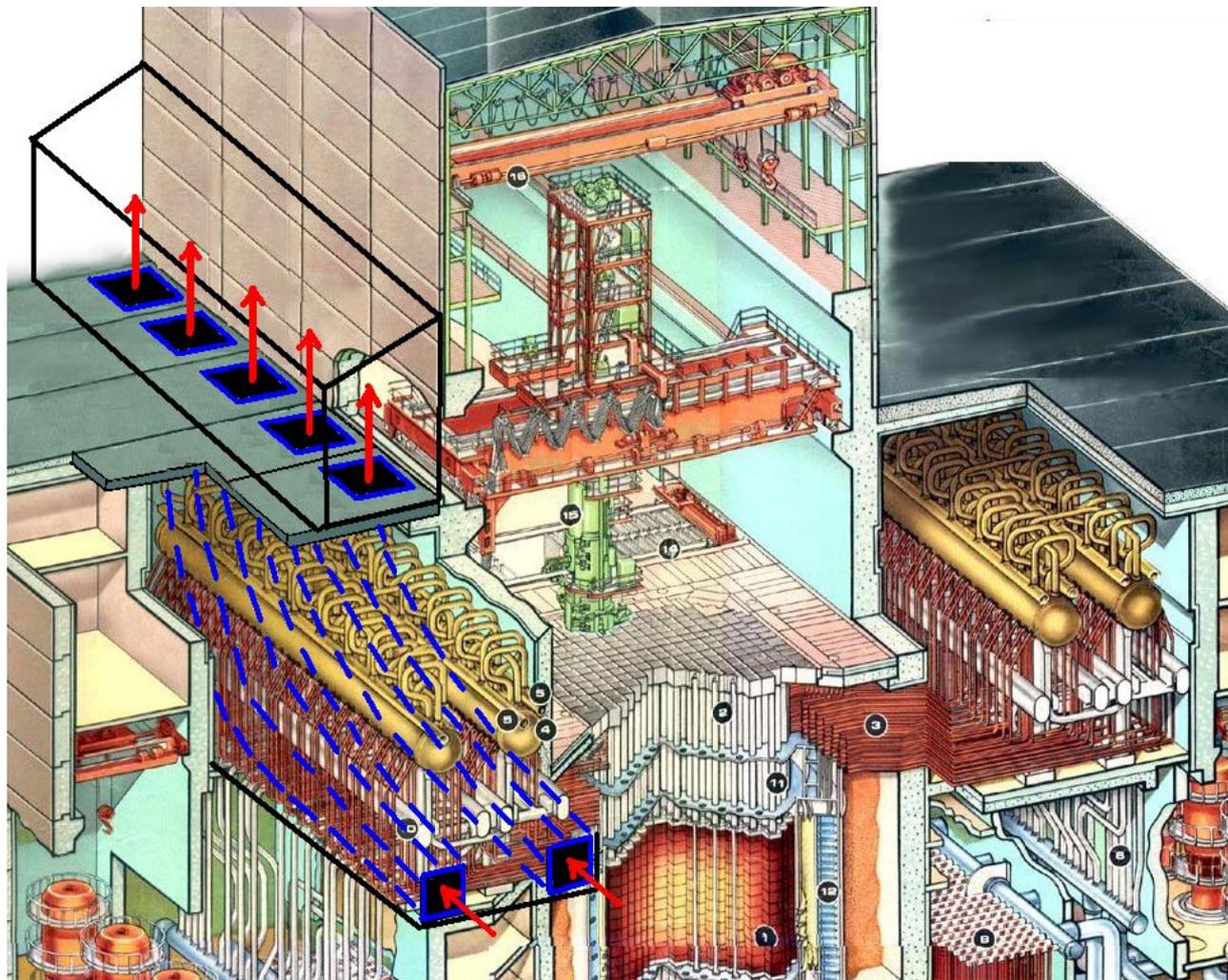
- системе аварийного сброса и фильтрации газов из защитной оболочки
- «аварийным» КИП, рассчитанным на работу в условиях ЗПА
- системе воздушного охлаждения РБМК с использованием имеющихся систем
- системе СПОТ-ИК (для ВВЭР)

Мероприятия по взрывобезопасности



Внедрение на энергоблоках АЭС с ВВЭР-1000 системы аварийного сброса газов из защитной оболочки реактора

Воздушное охлаждение РБМК

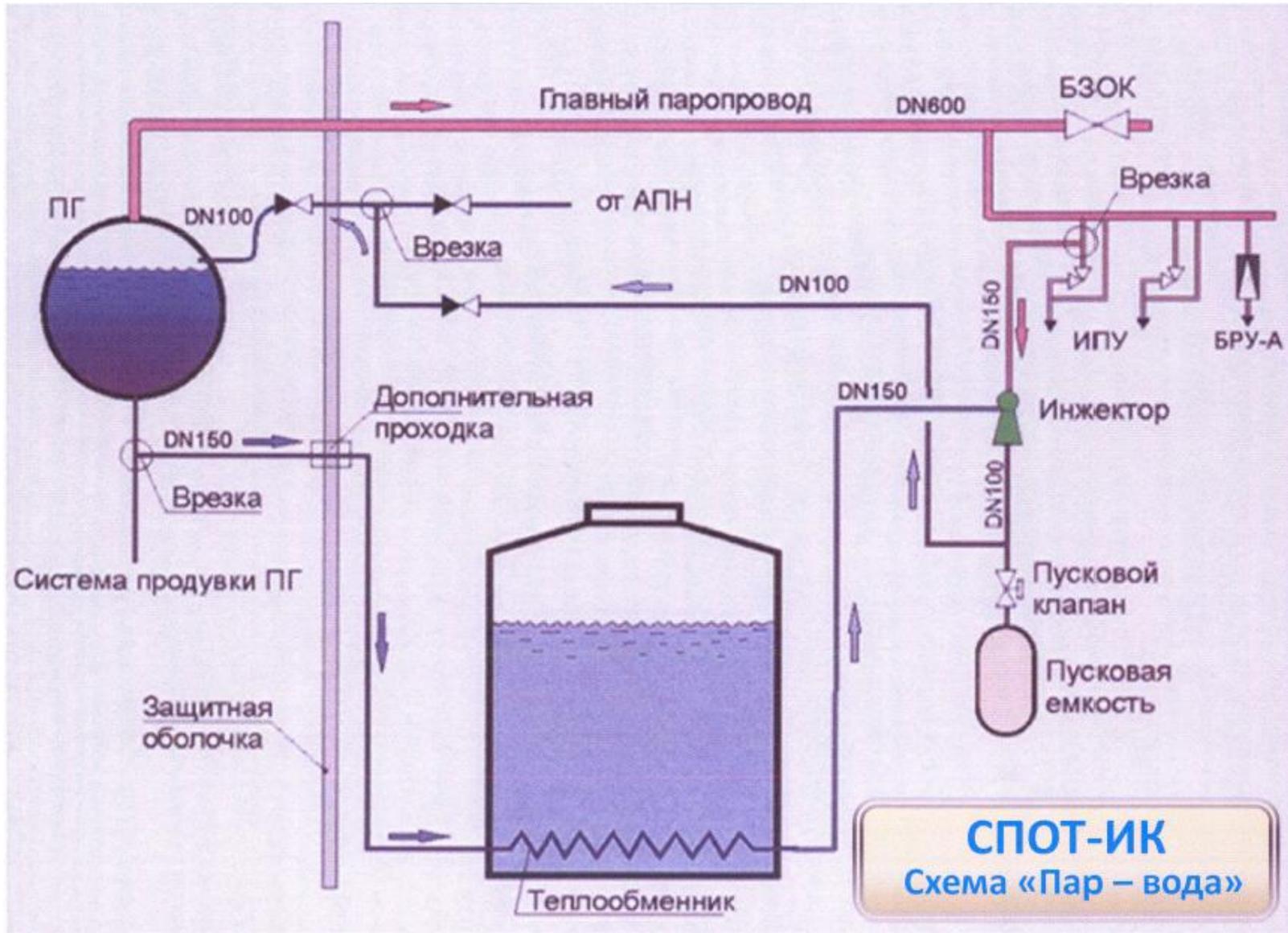


Принцип пассивной системы.

Естественная циркуляция воздуха.

Вход: через помещения БС.
Выход: через систему вышибных панелей на кровле главного здания.

Схема подключения СПОТ-ИК для энергоблока ВВЭР-1000



Мероприятия по разработке и совершенствованию противоаварийной документации

- **Корректировка противоаварийных процедур СОАИ (ИЛА и РУЗА) по мере реализации дополнительных проектных решений;**
- **Разработаны и введены в действие типовые руководства по управлению тяжелыми авариями (РУТА) для АЭС с ВВЭР-1000 и РБМК;**
- **Разработка и внедрение РУТА на всех энергоблоках российских АЭС.**

АЭС ВВЭР-ТОИ

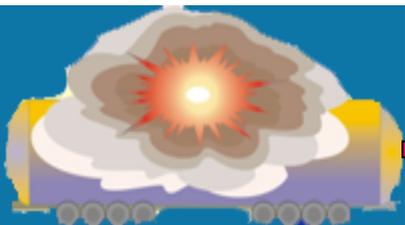
Защита от внешних воздействий

УРАГАНЫ, СМЕРЧИ

Расчетная максимальная скорость ветра 56 м/с (срываются крыши домов, крупные деревья вырываются с корнем, опрокидываются ж/д вагоны, сносятся автомобили с шоссе)

УДАРНАЯ ВОЛНА

с давлением во фронте 30 кПа



СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

БАЗОВЫЙ ВАРИАНТ:

МРЗ – 7 баллов по шкале MSK-64

ПЗ – 6 баллов

ОПЦИЯ:

МРЗ – 9 баллов по шкале MSK-64

ПЗ – 8 баллов

ПАДЕНИЕ САМОЛЕТА

БАЗОВЫЙ ВАРИАНТ:

20,0 тонн со скоростью 200 м/с

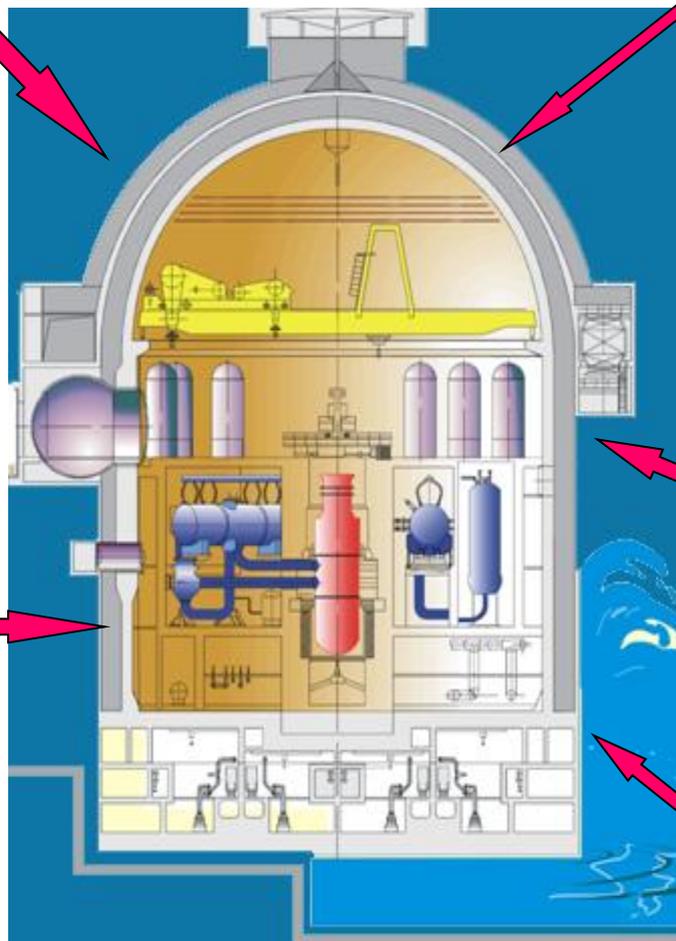
ОПЦИЯ: 400,0 тонн



НАВОДНЕНИЯ, ШТОРМЫ

Применительно к условиям конкретной площадки

ДЛИТЕЛЬНАЯ ПОТЕРЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПОДАЧИ ВОДЫ



Заключение

- **Запланированные к реализации дополнительные проектные решения повысят «живучесть» и автономность АЭС до 5-10 суток**
- **Технические решения современных российских проектов, направленные на обеспечение безопасности, соответствуют постфукусимским требованиям и имеют референтность**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!