

A photograph of a nuclear power plant with two large cooling towers emitting thick white steam into a clear blue sky. The towers are situated on a grassy bank next to a body of water, which reflects the towers and the sky. In the bottom left corner, there is a white silhouette of four people (two adults and two children) holding hands.

Постоянное повышение безопасности парка реакторов ЭдФ

Эрве Майяр
Вице-Президент по международным
проектам
herve.maillart@edf.fr

1 МНТК 25 – 27 мая 2016г.
Copyright EDF 2015



CHANGER L'ÉNERGIE ENSEMBLE



Содержание

- 1 – Стратегия безопасного проектирования
- 2 – Эксплуатация в условиях полной безопасности
- 3 – Анализ безопасности каждые 10 лет
 - 3.1 – Парк реакторов и международный ОЭ
 - 3.2 – Парк реакторов Франции
 - 3.3 – Пример анализа безопасности при четвёртом останове (раз в 10 лет) для серии блоков мощностью 900 МВ(эл)
- 4 – Заключение

1. Стратегия безопасного проектирования

2 основных
этапа стратегии
проектирования

▶ Начальная проектная фаза для определения:

- Основных характеристик зданий, генерирующей установки **и систем защиты и безопасности**
- Архитектура систем блока (**надёжная при единичном отказе**)
- Общая компоновка установки (**физическое разделение**)

▶ Стадия детерминистической проверки:

- Внутренние события: аварии
- Внутренние и внешние угрозы

Отчёт по
анализу
безопасности

▶ Дополненная вероятностной проверкой на примере 1990г.: Вероятностный анализ риска расплавления а.з. (**1 уровень ВАБ**) и выброс на поздней стадии (**2 уровень ВАБ**)

=> Где уместно, проектирование и развёртывание **дополнительных устройств (предохранительных), а также для управления авариями с плавлением активной зоны (смягчение последствий).**

2. Эксплуатация в условиях полной безопасности

▶ Предупредить отказ:

- **Техническое обслуживание** оборудования и установки
- Контрольные испытания (**АП**) для проверки готовности и работы оборудования

Общие
правила
эксплуатации

▶ Оставаться в режиме нормальной эксплуатации, определяемой, как проектная стадия:

- Эксплуатационные ТУ:
 - Предельные параметры нормальной эксплуатации
 - Готовность средств защиты и безопасности

▶ В случае нештатной ситуации или аварии привести реактор в безопасное состояние

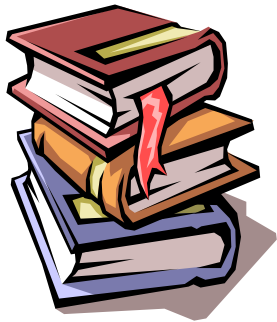
- Отклонение от нормальной эксплуатации и эксплуатация в аварийном режиме:
 - Набор документов в поддержку операторов

▶ Совершенствовать навыки везде:

- **Подготовка операторов** и регулярное повышение квалификации
- Опыт эксплуатации и **положительные практики эксплуатации**

3. Анализ безопасности каждые 10 лет

Цель анализа безопасности



Эффективный инструмент постоянного совершенствования:

Используется во Франции с самого начала

Изменения в регулировании:

Решения надзорного органа (ASN) (экология, пожарная безопасность и т.д.) и руководства, изданные ASN (внешние затопления и т.д.), регламенты на действия при снегопаде, сильном ветре и т.д.

ОЭ и повышение знаний:

Нештатные ситуации, аварии и НИОКР: экспериментальные работы и нормы проектирования, оборудование и т.д.



Изменения в экологии

Промплощадки и т.д.



Опыт эксплуатации

Положительные практики и т.д.

3. Анализ безопасности каждые 10 лет

Современные нормативные документы

► Статьи L.593-18 и 19 экологического кодекса для:

- оценки соответствия установки законодательным требованиям
- корректировки оценки рисков и недостатков, в основном, за счёт детализации параметров состояния установки; полученного из эксплуатации опыта; углубления знаний и применения норм, применимых для подобных объектов
- 3 части
 - ❖ Экспертиза соответствия нормативным требованиям
 - ❖ Повторная оценка безопасности=> повышение уровня потребностей
 - ❖ Способность оборудования к продолжению непрерывной эксплуатации или замена оборудования
- В результате – необходимость внесения **конструктивных изменений в установку и доработка документации**: дальнейшая доработка Отчёта по анализу безопасности и общих норм эксплуатации

3.1 Парк реакторов и международный ОЭ

ОЭ Франции – Заслуживающие внимания примеры

Уроки,
извлеченные из
событий,
произошедших
во Франции

- ▶ **В 90-ых - Замена оборудования, изготовленного из инкнеля 600 (вызванная напряжением коррозия)**
 - ⇒ Крышки корпусов реакторов (заменены для всего парка)
 - ⇒ Парогенераторы (заменённые в соответствии с количеством забитых труб)

- ▶ **2003 – Тепловая волны**
 - **Высокие температуры воздуха и воды + угроза тепловой волны**
 - ▬ Повышение стандартных температур
 - ⇒ Дополнительные холодильные установки
 - ⇒ Система аварийной сигнализации (конкретные нормы эксплуатации)

3.1 Парк реакторов и международный ОЭ

Международный ОЭ – Заслуживающие внимания примеры

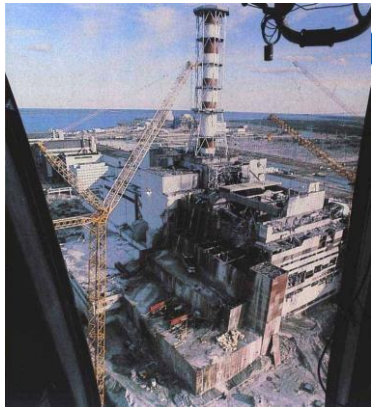
► 1979 – Авария на АЭС «Три Майл Айленд» (США)

Уроки,
извлеченные из
событий,
произошедших в
мире

- Частичное расплавление зоны, зона осталась в корпусе реактора
- Уроки, которые нужно запомнить и изменения в ЭдФ:
 - Изменения в технологии сбросного клапана КД (SEBIM)
 - Большие изменения по действиям в аварийных режимах: **симптомно - ориентированные аварийные процедуры**
 - Усиление роли **Независимого отдела охраны труда**
 - Улучшенная **эргономика БЩУ**
 - **Мероприятия по смягчению последствий аварий с плавлением а.з.:** вентиляционно-фильтрующая система контейнмента, H_2 рекомбинаторы и т.д.

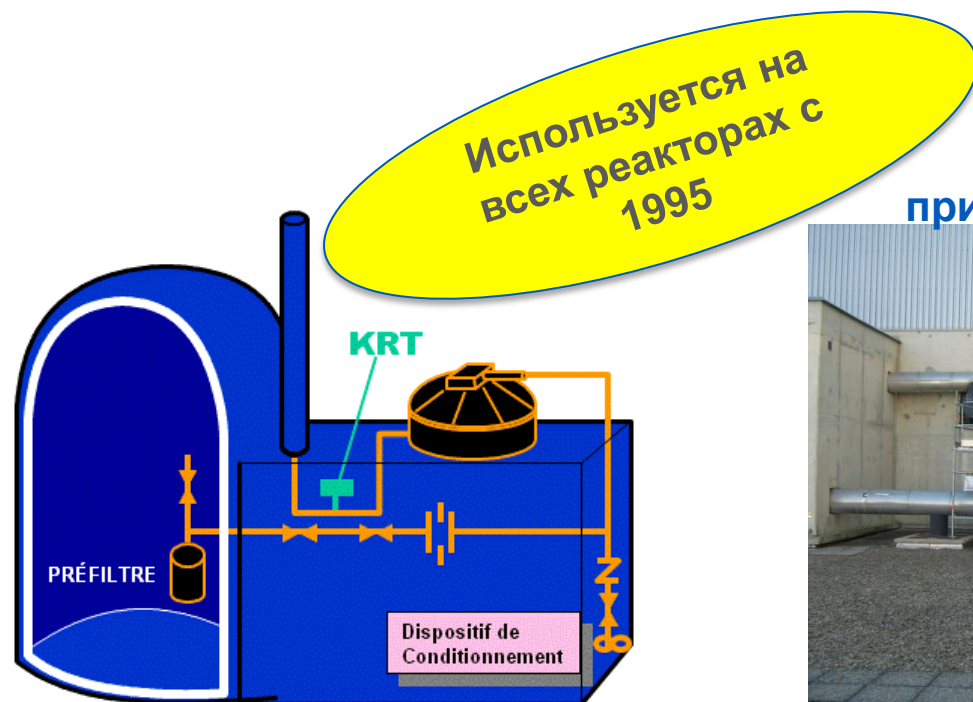
► 1986 – Чернобыль (Украина)

- Реактивностная авария, расплавление а.з. и массовый выброс в окружающую среду
- Уроки, которые нужно запомнить и изменения в реакторах ЭдФ:
 - **Проверка соответствующей факторизации реактивностных аварий на стадии:** защита от разбавления – резервирование системы падения регулирующих стержней **Развитие культуры безопасности**



3.1 Парк реакторов и международный ОЭ

Пример: Фильтрация выброса из контейнента при авариях с расплавлением
а.з.



пример установки N4

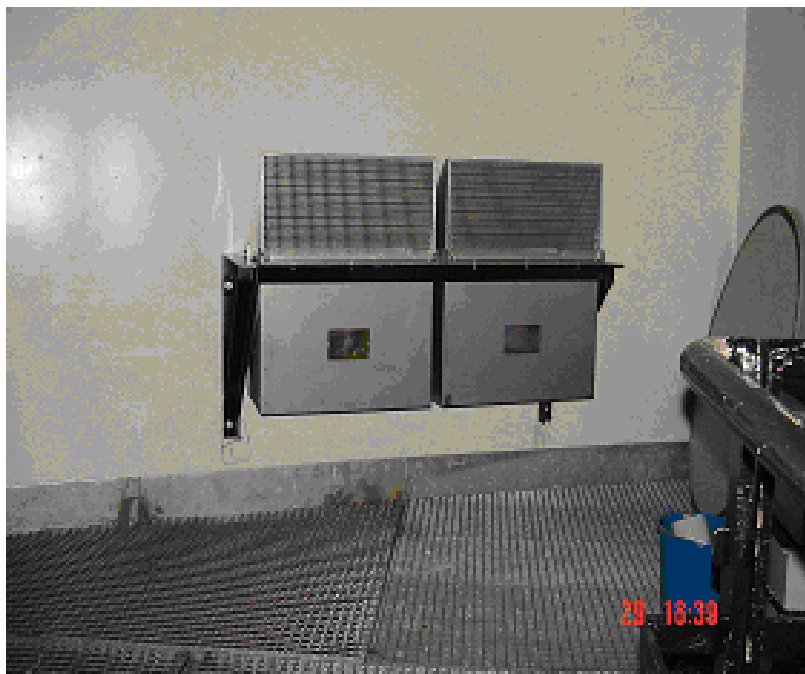


Фильтр предварительной очистки: снижение аэрозолей >10
Фильтр: снижение аэрозолей >100

⇒ Фильтруемый выброс: влияние ограничено в пространстве и по времени

3.1 Парк реакторов и международный ОЭ

Example: рекомбинаторы H_2 для защиты контейнмента при авариях с расплавлением а.з.



Установлены на
всех реакторах с
2007

- Пассивные автокаталитические рекомбинаторы (PAR) препятствуют накоплению H_2 в контейнменте
- **Пассивное решение**

3.1 Парк реакторов и международный ОЭ

Международный ОЭ – Заслуживающие внимания примеры

Уроки,
извлеченные из
событий,
произошедших в
мире

► 2011 – Фукусима (Япония)

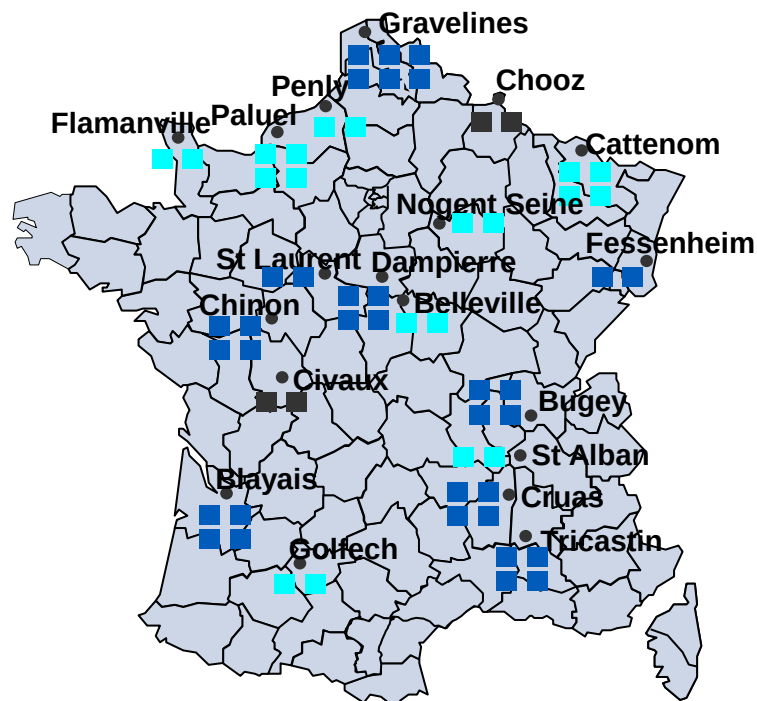
- Тяжёлая авария с расплавлением а.з. на нескольких блоках из-за цунами (вызванной землетрясением)
- Коренные причины:
 - Риск **цунами недостаточно учитывался в Японии**
 - **Недостатки в культуре безопасности**: недостатки в критическом отношении и в процессе принятия решений
- Уроки, извлечённые компанией ЭдФ:
 - Увеличение запасов воды и наращивание резервов мощности для возможности справиться с серьёзными угрозами, **что уже было представлено ЭдФ (2009) в надзорный орган (ASN) как часть намерения провести 4-ый останов (раз в 10 лет) для серии блоков мощностью 900 МВт**
 - **Развёртывание мобильного оборудования создание Групп быстрого реагирования (FARN)**
 - Экстренные меры (основное ядро) для противодействия экстремальным внешним угрозам

3.1 Парк реакторов и международный ОЭ Фукусима: Иллюстрация – Группы быстрого реагирования

Дополняют аварийно-спасательные службы и соответствующие ресурсы для противостояния ситуации с повреждением нескольких реакторов на одной площадке (и других ситуаций, которые трудно предсказать), в условиях сильных разрушений.



3.2 Анализ безопасности парка реакторов Франции



Остановы раз в 10 лет

	VD1 10 ans	VD2 20 ans	VD3 30 ans	VD4 40 ans
900MW (34)	faites	faites	2009 à 2020 (18 faites)	2019 à 2030
1300MW (20)	faites	faites	2015 à 2024	2025 à 2034
1450 MW (4)	faites	2019 à 2022	2029 à 2032	2039 à 2042

■ 900 MW ■ 1300 MW ■ 1450 MW

- Более 1500 лет эксплуатации реакторов
- Анализ безопасности применяется во Франции 30 лет

3.3 Пример анализа безопасности при 4-ом останове (раз в 10 лет) для серии блоков мощностью 900 МВ(эл)

Путь к достижению целей безопасности для третьего поколения реакторов

Предмет

① Проектные аварии

② Временное хранилище ТВС
в помещении хранения
топлива

③ Улучшенная факторизация
внутренних и внешних угроз

④ Аварии с расплавлением а.з.

Цели безопасности

① Нет необходимости применять
противоаварийные мероприятия (для
контейнмента, эвакуация, йодные таблетки)

② Снижение риска обнажения ТВС в бассейне
выдержки ОЯТ

③ Управление внешними запроектными
природными воздействиями

④ Снижение рисков и выбросов, ограниченных в
пространстве и по времени

3.3 Пример анализа безопасности при 4-ом останове (раз в 10 лет) для серии блоков мощностью 900 МВ(эл)

Цели безопасности

① Нет защитных мероприятий для проектных аварий

② Остаточный риск оголения ТВС в бассейне выдержки

③ Управление внешними запроектными природными воздействиями

④ Сниженный выброс в результате аварии с расплавлением а.з.

Примеры доработок

Снижение требований эксплуатационных ТУ по активности первого контура в условиях нормальной эксплуатации

Аварийная подпитка бассейна ОЯТ грунтовыми водами или из резервного резервуара

Основные противоаварийные мероприятия для противодействия экстремальным внешним угрозам, включая дополнительную подпитку водой и источники питания

Улавливание а.з. путём сухого растекания с последующим пассивным затоплением.

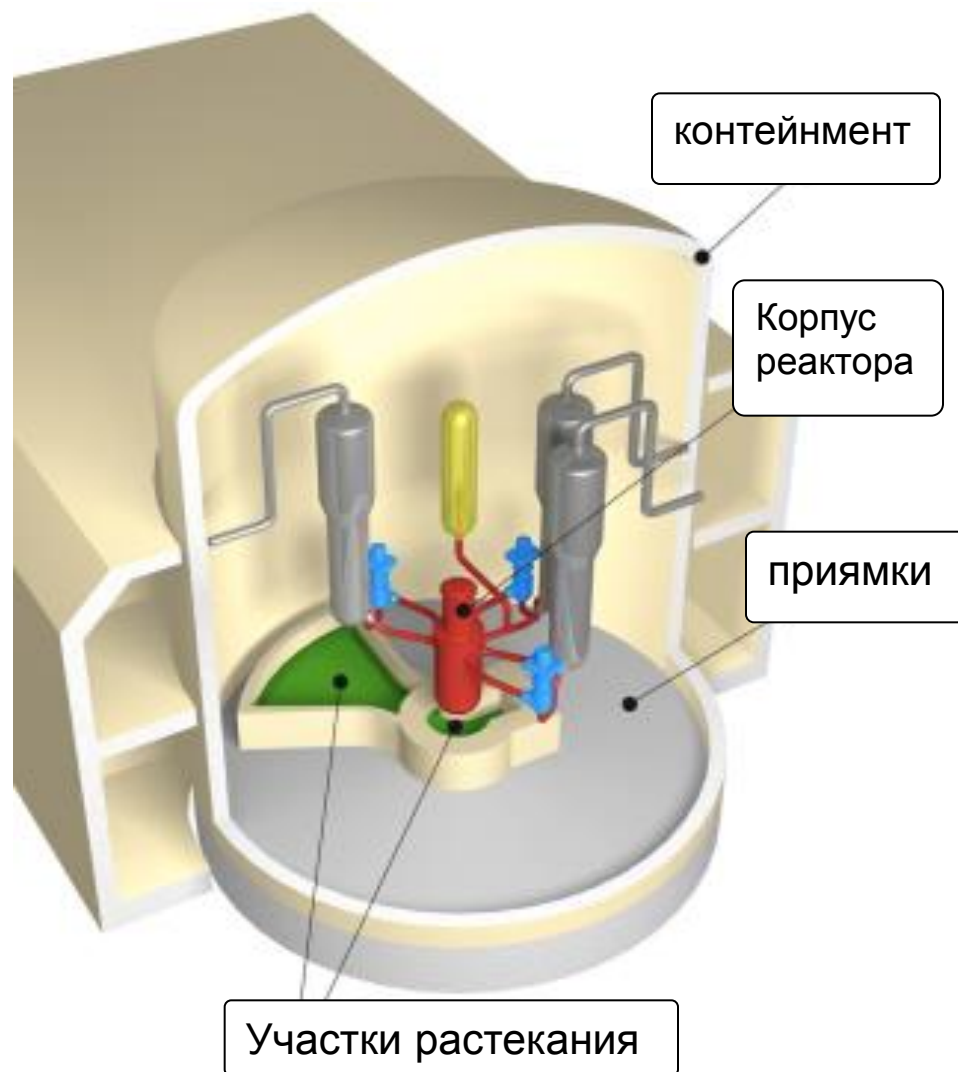
Отвод от а.з. остаточного тепла без открытия контейнента при помощи теплообменника и соответствующего насоса

3.3 Пример анализа безопасности при 4-ом останове (раз в 10 лет) для серии блоков мощностью 900 МВ(эл)

Иллюстрация: улавливание а.з. в шахте реактора

- Сухое растекание в шахте реактора (даже в соседнем аппаратном помещении)

- Пассивное затопление с сообщающимся потоком воды из прямков контейнента.



4. Заключение

Постоянное
повышение
безопасности

- Основано на:
 - **Надёжном проектировании**
 - **Регулируемой** эксплуатации
- Влияет на **парк реакторов и международный ОЭ**
- Обоснование безопасности установки **рассматривается каждые 10 лет**, что приводит к:
 - Более жёстким требованиям
 - Мероприятиям, дополняющим исходный проект

Эффективное внедрение этой стратегии обеспечивает постоянное повышение эксплуатационной безопасности АЭС.