FIFTH INTERNATIONAL INFORMATION EXCHANGE FORUM

"SAFETY ANALYSIS FOR NUCLEAR POWER PLANTS OF VVER AND RBMK TYPES"

16 - 20 October, 2000; Obninsk, Russia

V.Ignatov (Balakovo NPP), A.Mikhalchuk (Balakovo NPP),
V.Sevastyanov (Balakovo NPP), A.Suslov (RRC Kurchatov Institute)

SYMPTOM-BASED EMERGENCY PROCEDURES FOR BALAKOVO NPP. ANALYTIC JUSTIFICATION OF PROCEDURES

ПЯТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО ОБМЕНУ ИНФОРМАЦИЕЙ

«Анализ безопасности для АЭС с реакторами ВВЭР и РБМК»

16-20 октября 2000, Обнинск, РФ

В.И.Игнатов (Балаковская АЭС), А.В.Михальчук (Балаковская АЭС),
В.С.Севастьянов (Балаковская АЭС), А.И.Суслов (РНЦ «Курчатовский Институт»)

СИМПТОМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ АВАРИЙНЫЕ ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ БАЛАКОВСКОЙ АЭС. ИХ ОБОСНОВАНИЕ

GENERAL INFORMATION

Westinghouse approach was used for development of symptom-based EOPs for Balakovo NPP.
Symptom-based EOPs consist of two main parts:

Optimal recovery guidelines

Status trees and critical safety function restoration guidelines

Symptom-based EOPs will replace the valid Balakovo NPP guidelines on accident termination and the guide on BDBA management

---

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СОАИ для Балаковской АЭС разработаны на основе подхода фирмы Вестингхауз.
СОАИ состоят из двух основных частей:

Процедуры оптимального восстановления

Деревья состояний и процедуры восстановления критических функций безопасности

СОАИ заменят действующие на энергоблоках Балаковской АЭС инструкцию по ликвидации аварий и руководство по управлению запроектными авариями

GENERAL INFORMATION (continued)

Symptom-based EOPs validation:

Validation of optimal recovery guidelines have been performed

Validation of critical safety function restoration guidelines is planned

Validation – the evaluation performed to determine that the actions specified in the EOPs can be followed by trained staff to manage emergency incidents

---

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ (продолжение)

Валидация СОАИ:

Выполнена валидация процедур оптимального восстановления

Запланирована валидация процедур восстановления критфункций

Валидация – Оценка способности тренированного персонала АЭС выполнять требуемые процедурами управляющие действия

LIST OF OPTIMAL RECOVERY GUIDELINES

E-0. Reactor trip or Safety Injection
- ES-0.1. Reactor trip response
- ES-0.2. Natural Circulation Cooldown

E-1. Loss of Reactor or Secondary Coolant
- ES-1.1. Safety Injection Termination
- ES-1.2. Post Loss of Coolant Accident Cooldown and Depressurization

E-2. Faulted Steam Generator Isolation

ПЕРЕЧЕНЬ ПРОЦЕДУР ОПТИМАЛЬНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

А-0. Срабатывание аварийной защиты или включение в работу систем безопасности
- АД-0.1. Срабатывание аварийной защиты реактора
- АД-0.2. Расхолаживание способом естественной циркуляции

А-1. Течь теплоносителя первого или второго контура
- АД-1.1. Вывод из работы систем безопасности
- АД-1.2. Расхолаживание после аварии с течью первого или второго контура

А-2. Изоляция ПГ с течью второго контура

LIST OF OPTIMAL RECOVERY GUIDELINES (continued)

E-3. Leak from primary to secondary circuit (PRISE)

ES-3.2. Post-PRISE Cooldown Using Blowdown

ES-3.3. Post-PRISE Cooldown Using Steam Dump

ECA-3.1. PRISE leak - Subcooled Recovery Desired

ECA-3.2. PRISE leak - Saturated Recovery Desired

ПЕРЕЧЕНЬ ПРОЦЕДУР ОПТИМАЛЬНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ (продолжение)

А-3. Течь из первого контура во второй

АД-3.2. Течь из первого контура во второй - расхолаживание через продувку

АД-3.3. Течь из первого контура во второй - расхолаживание сбросом пара

АРЗ-3.1. Течь из первого контура во второй с потерей теплоносителя первого контура - восстановление с поддержанием запаса до вскипания

АРЗ-3.2. Течь из первого контура во второй с потерей теплоносителя первого контура - восстановление в насыщенном состоянии

CRITICAL SAFETY FUNCTIONS STATUS TREES

F-0.1. Status tree “Subcriticality”
F-0.2. Status tree “Core Cooling”
F-0.3. Status tree “Heat Sink”
F-0.4. Status tree “Integrity”
F-0.5. Status tree “Containment”

ДЕРЕВЬЯ СОСТОЯНИЙ КРИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ф-01. Дерево состояний КФБ «Подкритичность»
Ф-02. Дерево состояний КФБ «Охлаждение зоны»
Ф-03. Дерево состояний КФБ «Теплоотвод»
Ф-04. Дерево состояний КФБ «Целостность»
Ф-05. Дерево состояний КФБ «Гермооболочка»

EXAMPLE: RESTORATION GUIDELINES OF FUNCTION “HEAT SINK”

FR-H.1. Response to Loss of Secondary Heat Sink
FR-H.2. Response to Steam Generator Overpressure
FR-H.3. Response to Steam Generator High Level
FR-H.4. Response to Loss of Normal Steam Release Capabilities
FR-H.5. Response to Steam Generator Low Level

ПРИМЕР: ПРОЦЕДУРЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КФБ “ТЕПЛООТВОД”

4ФВ-Т.1. Восстановление КФБ «Теплоотвод» при потере теплоотвода со стороны второго контура
4ФВ-Т.2. Восстановление КФБ «Теплоотвод» при высоком давлении в парогенераторе
4ФВ-Т.3. Восстановление КФБ «Теплоотвод» при высоким уровне в парогенераторе
4ФВ-Т.4. Восстановление КФБ «Теплоотвод» при потере средств сброса пара из парогенераторов
4ФВ-Т.5. Восстановление КФБ «Теплоотвод» при низком уровне в парогенераторе

STRATEGIES OF OPERATOR ACTIONS IN CSF RESTORATION GUIDELINES

CSF Subcriticality:

Ensuring boric acid supply into primary circuit and reactor core.

Technical means for the strategy:

1. Primary makeup
2. HPIS pumps
3. High pressure boron pumps

СТРАТЕГИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КФБ

КФБ Подкритичность:

Обеспечение подачи борной кислоты в первый контур и активную зону реактора.

Средства реализации стратегии:

1. система подпитки первого контура,
2. насосы САОЗ ВД,
3. насосы ввода бора высокого давления.

STRATEGIES OF OPERATOR ACTIONS IN CSF RESTORATION GUIDELINES

CSF Core Cooling:

Ensuring water supply into reactor core.

Actions to realize the strategy:

1. Primary pressure decrease (cooldown through secondary circuit and depressurization of pressurizer)
2. Re-start of MCP

СТРАТЕГИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КФБ

КФБ Охлаждение зоны:

Обеспечение подачи воды в активную зону реактора.

Средства реализации стратегии:

1. Снижение давления в первом контуре (расхолаживание через второй контур и разгерметизация компенсатора давления),
2. Запуск ГЦН.

STRATEGIES OF OPERATOR ACTIONS IN CSF RESTORATION GUIDELINES

CSF Heat Sink:

Ensuring of water supply into SGs

Primary “feed and bleed”

Actions to realize the strategy:

1. SG(s) pressure decrease to the atmospheric value and supply of condensate into SG(s)
2. Feed – HPIS pumps, Bleed – emergency gas removal system

СТРАТЕГИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КФБ

КФБ Теплоотвод:

Восстановление подпитки парогенераторов

Процедура “feed and bleed” по первому контуру

Средства реализации стратегий:

1. Снижение давления в парогенераторе(ах) до атмосферного и подача конденсата
2. Feed – насосы САОЗ ВД, Bleed - линия аварийного газоудаления.

STRATEGIES OF OPERATOR ACTIONS IN CSF RESTORATION GUIDELINES

CSF Integrity:

Termination of cooldown and primary pressure stabilization in order to reduce stresses in reactor vessel

Actions to realize the strategy:

1. Switch-off of ECCS pumps
2. Primary pressure decrease

СТРАТЕГИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КФБ

КФБ Целостность:

Прекращение расхолаживания и стабилизация давления первого контура для уменьшения напряжений в корпусе реактора

Средства реализации стратегий:

1. Отключение насосов САОЗ
2. Снижение давления в первом контуре.

STRATEGIES OF OPERATOR ACTIONS IN CSF RESTORATION GUIDELINES

CSF Containment:

Containment pressure decrease

Actions to realize the strategy:

- Switch-on of containment spray

СТРАТЕГИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КФБ

КФБ Гермооболочка:

Снижение давления в гермооболочке

Средства реализации стратегий:

- Включение спринклерной системы

COMPUTER ANALYSES FOR JUSTIFICATION OF SYMPTOM-BASED EOPs

- A working group has been established from representative of Russian institutions and Balakovo NPP
- Objectives of the group: evaluation of available accident analyses and determination of additional analyses for purposes of EOPs justification
- A list of needed computer analyses has been established based on R.Billman method

---

РАСЧЕТНЫЕ АНАЛИЗЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ СОАИ

- Образована рабочая группа из представителей российских организаций и Балаковской АЭС
- Задачи группы: анализ имеющихся расчетов аварийных процессов и определение дополнительных расчетов для обоснования управляющих действий, предусмотренных СОАИ
- Составлен перечень необходимых расчетных анализов по методике Р.Биллмана

LIST OF COMPUTER ANALYSES BASED ON R.BILLMAN METHOD

1. ATWS
   - Loss of main feedwater
   - Loss of off-site power
   - Uncontrolled withdrawal of control rod group
2. Station blackout
   - Power recovery with restoration of feedwater supply into SGs
   - Power recovery at high primary pressure
   - Power recovery at low primary pressure

ПЕРЕЧЕНЬ РАСЧЕТНЫХ АНАЛИЗОВ ПО МЕТОДИКЕ Р.БИЛЛМАНА

1. ATWS
   - Потеря питательной воды,
   - Обесточивание энергоблока,
   - Неуправляемое извлечение рабочей группы ОР СУЗ
2. Полная потеря электропитания
   - Восстановление электропитания с восстановлением подачи питательной воды ПГ
   - Восстановление электропитания при высоких параметрах первого контура
   - Восстановление электропитания при низких параметрах первого контура

LIST OF COMPUTER ANALYSES BASED ON R.BILLMAN METHOD (continued)

3. SG tube rupture
    - Leak compensation at high primary pressure
    - Leak compensation at low primary pressure
4. PRISE leak with diameter of 100 mm
5. Total loss of feedwater
    - Restoration of heat transfer from primary to secondary circuit
    - Cooldown after break of natural circulation in primary circuit

---

ПЕРЕЧЕНЬ РАСЧЕТНЫХ АНАЛИЗОВ ПО МЕТОДИКЕ Р.БИЛЛМАНА (продолжение)

3. Разрыв трубки ПГ
    - Компенсация течи при высоких параметрах первого контура
    - Компенсация течи при низких параметрах первого контура
4. Течь Ду100 из первого контура во второй
5. Полная потеря питательной воды
    - Восстановление теплопередачи от первого контура во второй
    - Расхолаживание после срыва естественной циркуляции по первому контуру

LIST OF COMPUTER ANALYSES BASED ON R.BILLMAN METHOD (continued)

6. Break of main steam line
    - Re-criticality
    - Thermal shock on reactor vessel
7. Large break LOCA
    - Guillotine break of main circulation line
    - Increase of containment pressure

ПЕРЕЧЕНЬ РАСЧЕТНЫХ АНАЛИЗОВ ПО МЕТОДИКЕ Р.БИЛЛМАНА (продолжение)

6. Разрыв паропровода острого пара
    - Выход на повторную критичность
    - Термический удар на корпус реактора
7. Разрыв трубопровода 1-го контура большого диаметра
    - Разрыв Ду850
    - Повышение давления под оболочкой

LIST OF COMPUTER ANALYSES BASED ON R.BILLMAN METHOD (continued)

8. Small break LOCA
   - Recovery of primary makeup
   - Break of natural circulation
   - Isolation of compensated leak from primary circuit

ПЕРЕЧЕНЬ РАСЧЕТНЫХ АНАЛИЗОВ ПО МЕТОДИКЕ Р.БИЛЛМАНА (продолжение)

8. Разрыв трубопровода 1-го контура малого диаметра
   - Восстановление подпитки первого контура
   - Срыв естественной циркуляции
   - Изоляция компенсируемой течи первого контура

ANALYSES OF ACCIDENTS FOR UNIT 4 OF BALAKOVO NPP WITH ATHLET CODE

1. ATWS (CSF Subcriticality)
   - Loss of 4 MCP
   - Loss of main feedwater
   - Loss of off-site power

АНАЛИЗ АВАРИЙ ДЛЯ 4-го БЛОКА БалАЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОДА ATHLET

1. ATWS (КФБ Подкритичность)
   - Отключение четырех ГЦН
   - Потеря основной питательной воды
   - Обесточивание

ANALYSES OF ACCIDENTS FOR UNIT 4 OF BALAKOVO NPP WITH ATHLET CODE (continued)

Example: Loss of main feedwater without scram
Simulated operator actions: switch-on of high pressure boron pumps, opening of emergency gas removal line, switch-on of HPIS pumps
Main conclusion: power decrease to the decay heat level

АНАЛИЗ АВАРИЙ ДЛЯ 4-го БЛОКА БалАЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОДА ATHLET (продолжение)

Пример: потеря питательной воды с несрабатыванием аварийной защиты
Моделируемые действия оператора: включение насосов ввода бора высокого давления, открытие линии аварийного газоудаления, включение насосов САОЗ ВД
Основной вывод: снижение мощности до уровня остаточных энерговыделений

2. Малая течь из первого контура с отказом САОЗ ВД (КФБ Охлаждение зоны)

Исследование возможности расхолаживания через второй контур при возобновлении подпитки первого контура

4. Малая течь с отказом насосов САОЗ ВД
5. Аварии с потерей питательной воды
6. Авария с разрывом трубки парогенератора
7. Разгерметизация коллектора парогенератора эквивалентным диаметром 100 мм
8. Авария с полным обесточиванием, включая потерю дизель-генераторов