

УДК 621.039

**СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВАРИЯМИ С ПОЛНОЙ ПОТЕРЕЙ
ДЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**
**СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ АВАРІЯМИ З ПОВНОЮ ВТРАТОЮ
ТРИВАЛОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**
**DISASTER MANAGEMENT STRATEGY WITH TOTAL LOSS OF LONG-
TERM POWER SUPPLY**

Научный руководитель – кафедра атомных электрических станций; профессор,
доктор технических наук - Скалозубов В. И., магистр – Камчатный В. В.

Науковий керівник - кафедра атомних електричних станцій; професор, доктор
технічних наук - Скалозубов В. И., магістр – Камчатний В. В.

Supervisor - department of nuclear power plant; professor, doctor of technical sciences –
Skalozubov V. I., master –Kamchatnyi V. V.

Аннотация. Актуальным вопросом обеспечения безопасности является обоснование эффективных стратегий управления запроектными авариями ядерных энергоустановок. Основная цель стратегий управления авариями ядерных энергоустановок заключается в предотвращении тяжелых аварий с повреждением ядерного топлива, а в случае возникновения тяжелых аварий – предотвращении парогазовых взрывов и приведении поврежденных топливосодержащих масс в изолированное контролируемое и стабильное состояние.

Ключевые слова: запроектная авария, тяжелая авария, критерии безопасности, управление авариями, требования и положения.

Анотація. Актуальним питанням забезпечення безпеки є обґрунтування ефективних стратегій управління позапроектними аваріями ядерних енергоустановок. Основна мета стратегій управління аваріями ядерних енергоустановок складається в запобіганні важким аваріям з пошкодженням ядерного палива, а в разі виникнення важких аварій – у запобіганні парогазовим вибухам і приведенні пошкоджених паливовмістких мас до ізольованого контрольованого та стабільного стану.

Ключові слова: позапроектна аварія, важка аварія, критерії безпеки, управління аваріями, вимоги та положення.

Annotation. The substantiation of effective management strategies for beyond design basis accidents at nuclear power plants is a live issue of safety control. The main goal of accident management strategies for nuclear power plants is to prevent severe fuel damage accidents, and for severe accidents, to prevent steam-gas explosions and bring damaged fuel-containing masses to an isolated, controlled and stable state.

Key words: beyond design basis accident, severe accident, safe criterions, alarm management, requirements and provisions.

Вступ

Основною метою розрахункового та експериментального моделювання аварій ядерних енергоустановок є визначення умов порушення детерміністських та ймовірнісних критеріїв ядерної та радіаційної безпеки. Детерміністськими критеріями безпеки є максимально допустимі значення: температури ядерного палива, температури оболонки тепловидільних елементів (твелів), частки порушення герметичності оболонки твелів,

концентрації водню, тиску і температури в реакторі і гермооб'ємі, дози опромінення персоналу і населення, термічних і механічних напружень в обладнанні ядерних енергоустановок та ін. Ймовірнісними критеріями безпеки є максимально допустимі значення частоти (ймовірності) пошкодження активної зони реактора і частоти (ймовірності) наднормативних викидів/скидів радіоактивних продуктів у навколишнє середовище.

Аналіз підходів з управління запроектними аваріями

Сучасні нормативні документи (наприклад, п. 10.9 ОПБУ2008) визначають два основних підходи при розробці експлуатаційної документації з УЗА(управління запроектною аварією):

1) *подієво-орієнтований підхід*, в основі якого розробки алгоритмів дій персоналу та організаційно-технічних заходів з УЗА(Управління Запроектною Аварією) під конкретні ІС(ВП)(Вихідна Подія) або об'єднані групи ІС;

2) *симптомно-орієнтований підхід*, в основі якого розробки алгоритмів дій персоналу з УЗА під відхилення контрольованих технологічних параметрів або спрацювання технологічних систем, що відображають виникнення ІСА(ВПА)(Вихідна Подія Аварії) (ознаки/симптоми аварії).

Більш перспективним для УЗА є симптомно-орієнтований підхід, особливо для умов, в яких скрутна однозначна ідентифікація ІСА. До таких ЗА можна віднести найбільш доміную для безпеки АЕС з ВВЕР групу ІС, пов'язаних з втратою теплоносія реакторного контуру (в тому числі і течі з 1-го контуру у 2-й). Існуючі на даний момент (очевидно, і в найближчій перспективі) системи контролю течей реакторного контуру ВВЕР в цілому не дозволяють в процесі експлуатації реактора однозначно ідентифікувати всі такі ІС з необхідною точністю та інформативністю (наприклад, течі теплообмінної поверхні ПГ при роботі реактора на потужності). Крім того, в деяких випадках оператору необхідно додатково за результатами контролю течєю 1-го контуру класифікувати групу ІС для вибору відповідного АУЗА, що в кінцевому підсумку може призвести до зниження надійності та ефективності протиаварійних процедур.

У розроблених до цього моменту РУЗА на АЕС України з ВВЕР неефективно використовують переваги симптомно-орієнтованих підходів. Так, наведені в цих керівництвах ознаки найважливішої групи ЗА з втратою теплоносія не відповідають необхідним принципам мінімальної достатності та адекватності ІС, що в кінцевому підсумку виключає можливість ефективного застосування симптомно-орієнтованого підходу по УЗА.

У керівництвах з управління запроектними (в тому числі і важкими) аваріями на АЕС з ВВЕР зазвичай визначають необхідність забезпечення виконання таких основних укрупнених завдань:

1) забезпечення підкритичності та виключення повторної критичності активної зони, в тому числі з урахуванням її можливого пошкодження;

2) зведення аварійних процесів до "сценаріїв низького тиску" в системі "реактор - захисна оболонка";

3) підтримання активної зони під рівнем теплоносія із забезпеченням його рециркуляції;

4) запобігання пошкодження корпусу реактора та обладнання 1-го контуру;

5) запобігання пошкодження ЗО за рахунок: забезпечення відведення тепла і локалізації розплаву, виключення прямого впливу розплаву на ЗО, фундаменти, бетон шахти реактора; запобігання накопиченню потенційно небезпечних концентрацій водню та інші.

Методика розробки заходів щодо УЗА, представлена в документі, передбачає реалізацію симптомно-орієнтованого підходу шляхом переходу від сценаріїв аварій до "рівнів тяжкості аварій" і КФБ. Основна ідея полягає в тому, що яким би обширним і представницьким не був набір сценаріїв враховуваних ЗА, все одно за рамками розгляду та аналізу залишається переважна більшість можливих ІС і відмов (помилки персоналу). Водночас усі ці послідовності аварійних подій розвиваються, проходячи через обмежену кількість аварійних станів енергоблоку, що характеризуються рівнями тяжкості. При цьому в більшості випадків абсолютно не суттєво, який шлях розвитку подій призвів до цього 52 стану (рівня тяжкості). Достатньо вміти визначати рівень тяжкості аварії за відповідними ознаками стану енергоблоку і знати, які ФБ в даному випадку є критичними, тобто які з них повинні бути виконані на даному рівні тяжкості, щоб перервати несприятливий розвиток аварійних процесів і привести енергоблок в стійкий контрольований стан (кінцева мета УЗА). Далі, розробивши варіанти відповідних дій персоналу з відновлення або дублювання втрачених КФБ, можна побудувати таку стратегію цих дій, яка буде призводити до кінцевої мети УЗА незалежно від конкретного сценарію аварії. Як початковий рівень тяжкості аварії визначено стан енергоблоку АЕС, що вимагає виконання інструкцій з ліквідації ПА. При виникненні цього стану паралельно з виконанням згаданих інструкцій повинні починатися дії з УЗА, суть яких полягає в аналізі стану КФБ, що відповідають цьому рівню, і в разі відмови однієї або декількох з них у виконанні дій з їх відновлення або дублювання. Кожен наступний рівень тяжкості аварії повинен мати відмінний від попереднього набір КФБ, інакше немає сенсу розглядати його як самостійний. Дії з відновлення або дублювання втрачених КФБ повинні бути багатоваріантними на випадок відмови або неможливості використання того чи іншого обладнання. Крім того, при розробці цих дій повинні бути використані можливості всіх систем і елементів АЕС (включаючи системи і елементи, що не належать до забезпечення безпеки), які можуть бути застосовані, в тому числі і не за проектним призначенням і не в проектних режимах роботи, для повного або часткового виконання поставленого завдання.

Важливим аспектом розробки заходів щодо УЗА є забезпечення інформаційних потреб персоналу. Персонал, який здійснює дії з УЗА повинен мати інформацію, достатню для визначення рівнів тяжкості аварії, стану КФБ, необхідності та успішності дій з відновлення або дублювання КФБ. Для отримання такої інформації повинні бути відповідні вимірювальні канали, працездатні в прогнозованих умовах і мають необхідний діапазон вимірювання, а також інші джерела інформації. Істотно також те, що розроблені варіанти дій з відновлення або дублювання втрачених КФБ повинні бути зведені в єдину внутрішньо непротиворечиву стратегію. Виключення внутрішніх протиріч досягається шляхом ранжування варіантів дій щодо їх важливості для досягнення кінцевої мети УЗА, ефективності, надійності, необхідного обсягу підготовчих заходів тощо.

Оперативний розділ керівництва повинен містити комплект інструкцій з УЗА, складених на підставі розроблених заходів щодо УЗА. У цей комплект, як мінімум, повинні входити: інструкція з діагностики стану енергоблоку та вибору дій з відновлення КФБ; інструкції щодо здійснення дій з відновлення КФБ. Істотною особливістю першої з перерахованих інструкцій є те, що вона повинна забезпечувати коригування вибору дій в ході розвитку аварії залежно від зміни рівня її тяжкості та стану КФБ. Інструкції щодо здійснення дій з відновлення КФБ повинні бути виконані за умовами компонування АЕС з урахуванням передбачуваних обмежень, що накладаються радіаційною обстановкою та іншими ускладнюючими факторами ТА, такими, як пожежі, токсичні гази, задимлення, блокування проходів внаслідок руйнування обладнання та будівельних конструкцій.

Висновок:

В ході роботи був проведений аналіз підходів з управління запроектними аваріями, були описані підходи при розробці експлуатаційної документації, указаний перелік дій при запроектній аварії на ВВЕР, в тому числі і проєктній аварії. Також була описана методика розробки заходів щодо УЗА і як її реалізувати, а також що має містити в собі комплект інструкцій з УЗА.

Література

1. НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки АС (ОПБУ-2008).
2. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомної станції (ПБЯ РУ АС-89). – 1991.
3. Антропов В. Н., Букринский А. М., Кузнецов М. В. Про необхідність розробки рекомендацій до складання керівництва з управління запроектними аваріями на АС. – М.: НТЦ ЯРБ Госатомнадзора РФ, 2000.
4. Скалозубов В. І. Ключников А. А., Колиханов В. Н. Основи управління запроектними аваріями з втратою теплоносія на АЕС с ВВЕР. – Чорнобиль: Ін-тут проблем безпеки АЕС НАН України, 2010. – 400 с.
5. Моделювання аварій на ядерних енергетичних установках атомних електростанцій / В. М. Васильченко, Є. З. Ємельяненко, В. В. Кім, О. Є. Смишляев; Під загальною ред. В. І. Скалозубова. "Резон 2000", 2002.

Скалозубов Владимир Иванович, skalozubov@opu.ua
Скалозубов Володимир Іванович,
Skalozubov Vladimir,
Камчатний Владислав Вікторович,
Камчатний Владислав Вікторович,
Kamchatnyi Vladislav