

АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВАЖКИМИ АВАРІЯМИ В КОРПУСНИХ РЕАКТОРАХ З УРАХУВАННЯМ УРОКІВ ФУКУСІМСЬКОЇ АВАРІЇ

І. Л. Козлов

Одеський національний політехнічний університет, м.Одеса, Україна
i.l.kozlov@yandex.ua

Проведений аналіз організації управління важкими аваріями в «до- та «пост-фукусімський» період. В результаті встановлено, що необхідним є комплексний підхід відносно формування стратегій управління аваріями, який враховує взаємозалежність окремих заходів щодо управління аварійними процесами та особливості ефектів, що виникають. Стратегії реалізації всіх комплексних заходів щодо приведення пошкодженого ядерного палива до стабільного контрольованого стану та збереження локалізуючих можливостей захисних бар'єрів безпеки можуть розрізнятися за безпосередньою «передісторією» умов виникнення важкої аварії (первинна вихідна аварійна подія та позапроектні сценарії аварії) та за превентивною оцінкою стану (працездатності й доступності) систем, що забезпечують виконання необхідних (критичних) функцій безпеки

Ключові слова: керівництво з управління важкими аваріями (КУВА/SAMG), Фукусімська аварія.

УДК 621.039

Закордонний досвід організації управління важкими аваріями представлений у відомому звіті міжнародної мережі SARNET/OECD [1], основні положення якого наведені з акцентом на розробки в США, в зв'язку з тим, що вони передували розробкам інших країн (в тому числі і вітчизняним керівництвом з управління важкими аваріями (КУВА) на водо-водяних енергетичних реакторах (ВВЕР).

Процедури з ліквідації аварії (EOPs) розробляються за умови проектування АЕС для підтримки операторів в процесі інцидентів і аварій, що виникли незважаючи на превентивні заходи. Мета полягає в тому, щоби досягти остаточного стабільного стану активної зони та інших джерел продуктів розподілу в запропонованих межах. Через численні відмови, потенційні помилки проекту, непередбачені внутрішні або зовнішні події та/або помилок оператора може виникнути важке пошкодження активної зони. Для з'ясування наслідків таких подій були розроблені керівництва з управління важкими аваріями (SAMG).

Спочатку система SAMG була створена в США, ще до кінця 1998 р. Після аварії на Three Mile Island комісія з ядерного регулювання США (US NRC) ідентифікувала важкі аварії як «невирішену проблему безпеки» -

тобто проблему, яка потребує особливої уваги і вирішення промислових і регулюючих дій. NRC визначила політику і описала план вирішення проблем важких аварій [2].

Управління аваріями розглядалося як суттєвий елемент цього плану, який охоплює всі заходи, вжиті протягом розвитку аварії експлуатаційним і технічним персоналом станції з метою запобігання розвитку аварії з пошкодженням активної зони, максимально довгим підтриманням локалізуючих характеристик контайнменту і мінімізацією викидів і їх ефектів.

Різні умови пошкодження активної зони були зібрані в три основних стани пошкодження активної зони: - окислене паливо, але неушкоджена активна зона; - серйозно пошкоджена активна зона (повністю або частково переміщена в нижню камеру тиску); - значні уламки активної зони поза корпусом.

Подібна концепція була проведена і для контайнменту, де були визначені наступні стани пошкоджень: - контайнмент закритий і охолоджений (тобто, не пошкоджений, не зачеплений); - контайнмент закритий, але вже зачеплений (наприклад, водневим згорянням); - контайнмент пошкоджений, але будівля не порушена; - контайнмент байпасований (тобто відмова системи управління потужністю реактора (RCS) поза контайнменту).

Фукусімські аварії в березні 2011 р. та їхні уроки [1], визначили найбільший пріоритет впливу на SAMG, а також на область EOP:

- 1) необхідно більше часу на подолання аварій, які включають втрату основних джерел змінного і/або постійного струму, охолоджувальної води;
- 2) необхідні методи використання SAMG (і EOPs) за мінімальної наявності або тимчасовій втраті живлення контрольно-вимірювальної апаратури;
- 3) необхідні додаткові методи локального впливу клапанів, які можуть вимагати додаткового обладнання;
- 4) необхідні додаткові методи подачі змінного і постійного струму і охолоджувальної води від мобільних джерел.

Європейські станції в основному почали розробку SAMG після 1998 р. Включно до червня 2011 р більшість станцій в Європі, Кореї та Японії розробили свої SAMG. Європейські підходи дещо відрізняються від американських.

Найбільш помітна відмінність стратегій існує для зниження вмісту H_2 і CO в захисній оболонці через відмінності в наявному обладнанні і статусі реалізації. Багато країн вирішили використовувати каталітичні рекомбінатори в захисній оболонці реактора PWR, які можуть зменшити концентрації H_2 і CO , зберігаючи низький тиск в захисній оболонці. Деякі реактори BWR і PWR використовують пристрої запалювання з метою

отримання «навмисного» горіння H_2 або CO . Вентиляція захисної оболонки для зниження вмісту горючого газу є стратегією, яка також розглядається.

Загальною стратегією для зменшення вмісту в контайнменті радіоактивних матеріалів, які можуть стати викидом, є запуск спринклерів в контайнменті реакторів PWR і BWR. Системи упорскування призначені для роботи на ранній стадії і конденсації пари після аварії з втратою теплоносія, а не для тривалої експлуатації при важких аваріях. Проте, системи упорскування можуть забезпечити ефективне осадження аерозолів в зв'язку з захопленням крапель. Крім того, системи упорскування можуть видалити деякі газоподібні молекули йоду, поки вони не стали насиченими йодом.

Недостатня ефективність заходів, вжитих для запобігання і управління важкими аваріями на АЕС Fukushima-Daiichi, є однією з основних причин катастрофічних екологічних наслідків. Тому вже в «пост-Фукусімський» період світове ядерне співтовариство направило активні зусилля на перегляд і вдосконалення як технічних засобів, так і регламентованих дій персоналу щодо запобігання і управління важкими аваріями. Основні напрями та результати цих розробок на початок 2014 р відображені, наприклад, на міжнародній нараді «Severe Accident Management in the Light of the Accident at the Fukushima-Daiichi Power Plant» [3]. Європейська комісія в рамках діяльності міжнародної мережі SARNET і асоціації NUGENIA ініціювала на 2014-2020 рр. нові дослідницькі проекти з підвищення ефективності управління важкими аваріями з урахуванням уроків Фукусімської аварії: PASSAM (пасивні та активні системи безпеки щодо «зм'якшення» радіоактивних викидів при важких аваріях); SEKAM (удосконалення і розширення можливостей європейського інтегрального коду ASTEC з урахуванням уроків Фукусімської аварії); SAFEST (інтеграція експериментальних установок з вивчення процесів важких аварій); ASAMPSA (удосконалення імовірнісних методів ідентифікації зовнішніх екстремальних подій і оцінок безпеки при важких аваріях) і ін.

Всесвітня асоціація операторів атомних електростанцій (ВАО АЕС) після Фукусімської аварії розробила п'ять основних рекомендацій щодо підвищення ефективності управління важкими аваріями.

1. Розширити сферу застосування програм ВАО АЕС для аварійної готовності та управління важкими аваріями за умови зберігання ядерного палива на промисловому майданчику та одночасному екстремальному впливові на кілька блоків.
2. Розробити єдину стратегію реагування на «ядерну подію».
3. Істотно вдосконалити процеси експертних оцінок ВАО АЕС.
4. Підвищити прозорість і доступність ВАО АЕС.
5. Проводити періодичні внутрішні перевірки.

Особливо актуальним, на нашу думку, є інтенсивний розвиток валідації КУВА на повномасштабних тренажерах (наприклад, діяльність французької енергетичної компанії EDF). Всі отримані результати аналізу безпеки АЕС (у тому числі і українських) показали, що помилкові дії персоналу є домінуючими вкладниками в імовірнісні показники виникнення важких аварій. Тому є всі підстави вважати, що можливі помилкові дії операторів, викликані їх недостатньою підготовленістю та/або стресовістю ситуації, можуть істотно вплинути на ефективність управління важкими аваріями.

Аналіз міжнародного досвіду організації управління важкими аваріями дозволяє сформулювати наступні **загальні рекомендації** [4].

1. Необхідний комплексний підхід відносно формування стратегій управління аваріями, що враховує взаємозалежність окремих заходів з управління аварійними процесами і особливості ефектів, які виникають.
2. Стратегії реалізації всіх комплексних заходів щодо приведення пошкодженого ядерного палива до стабільного контрольованого стану і збереження локалізуючих можливостей захисних бар'єрів безпеки можуть відрізнятися за безпосередньої «передісторії» умов виникнення важкої аварії (первинна вихідна аварійна подія і позапроектні сценарії аварії) і з превентивної оцінки стану (працездатності та доступності) систем, що забезпечують виконання необхідних (критичних) функцій безпеки.

Література

1. *Nuclear Safety in Light Water Reactors : Severe Accident Phenomenology*. SARNET / Ed. by Bal Raj Sehgal. — Support provided by the SARNET (Severe Accident Network) in the Framework Programmes of Research of the European Commission, 2012. — 714 p.
2. *Integration Plan for Closure of Severe Accident Issues*, US NRC, SECY 88-147, May 1988.
3. *Severe Accident Management in the Light of the Accident at the Fukushima-Daiichi Power Plants // International Experts' Meeting*, 17—20 March 2014, Vienna, Austria. — Vienna : IAEA.
4. Козлов И. Л. *Развитие методов переоценки ядерной безопасности с учетом уроков большой аварии на АЭС Fukushima-Daiichi* / И. Л. Козлов, В. И. Скалзубов, Г. А. Оборский. — LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 448 с.