

СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВАРИЯМИ С ПОЛНОЙ ПОТЕРЕЙ ДЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ АВАРІЯМИ ІЗ ПОВНОЮ ВТРАТОЮ ТРИВАЛОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
STRATEGY OF ACCIDENT FULL LOSING ELECTRICITY

Научовий керівник - кафедра АЕС; д.т.н.

Скалозубов В.І., Скалозубов В.И., Skalozubov V.I.

Магістр – Березняк Є.І., Березняк Е.И., Berezniak E.I.

Аннотация. В работе рассмотрены стратегии управления авариями с полным длительным обесточиванием на атомных электростанциях с энергоустановками ВВЭР-1000. Проведен анализ причин и последствий аварии с полным обесточиванием на АЭС Фукусима в 2011 г. Выполнена обработка результатов анализа стратегий управления авариями с ПДО на Запорожской АЭС. [1,3]

При выполнении работы даны рекомендации по совершенствованию управления авариями с полным обесточиванием.. Дипломная работа содержит расчеты энергоблоков ЗАЭС при полном обесточивании, выполненные расчетным кодом RELAP5/Mod3.2.

Ключевые слова: ПДО (полное длительное обесточивание), РУТА (руководство управления тяжелыми авариями), Фукусима, СОАИ (симптомно-ориентированные аварийные инструкции)

Анотація. У роботі розглянуті стратегії управління аваріями з повним тривалим знеструмленням на атомних електростанціях з енергоустановками ВВЕР- 1000. Проведений аналіз причин і наслідків аварії з повним знеструмленням на АЕС Фукусима в 2011 р. Виконана обробка результатів стратегій управління аваріями з ПТЗ на Запорізькій АЕС. [1,3]

При виконанні роботи дані рекомендації по вдосконаленню управління аваріями з повним знеструмленням.

Дипломна робота містить розрахунки енергоблоків ЗАЕС при повному знеструмленні, виконані розрахунковим кодом RELAP5/Mod3.2.

Ключові слова: ПТЗ (повне тривале знеструмлення), КУВА (керівництво управління важкими аваріями), Фукусіма, СОАІ (симптомно-орієнтовані аварійні інструкції)

Annotation. Management strategies are in-process considered by accidents with the complete protracted deenergizing on nuclear power plants with PWR- 1000. The analysis of reasons and consequences of accident is conducted with the complete deenergizing on NPP Fukushima in 2011 the analysis of management strategies is Executed by accidents with FLE on Zaporizka NPP.

At implementation of work given to recommendation to strategies of management by accidents with the complete deenergizing.

Diploma work contains the calculations of power units ZNPP at the complete deenergizing, executed by the calculation code of RELAP5/Mod3.2.

Keywords: FLE (full losing electricity), ММНА (managing of management heavy accidents), Fukushima, EI (emergency instructions)

Вступ

Аварія, що сталася на АЕС «Фукусіма-Даїчі» (Японія, 2011) дала всьому світові новий поштовх до досліджень в галузі методології аналізу безпеки, розширення ступеня охоплення врахованих вихідних подій і шляхів їх розвитку, розробці нових технічних і організаційних заходів для підвищення рівня безпеки атомних електростанцій. Події, що відбулися АЕС Fukushima-Daiichi (із реакторами BWR), знову виявили недосконалість заходів атомних електростанцій, спрямованих на запобігання виникнення важкої аварії, а також на дії по управлінню аварією та подолання її наслідків, так і недостатньо задовільний рівень підготовки персоналу з управління подібними важкими аваріями. Експертами галузі встановлено, що у середньому 30% аварій пов'язані із помилковими діями операторів, а також більш ніж 50% інших порушень, що викликані людським фактором, або недостатньо опрацьованими інструкціями експлуатації. Після аварії АЕС «Фукусіма-Даїчі» виникла необхідність приділити особливу увагу питанням захищеності АЕС від зовнішніх впливів і передбачити необхідні засоби для подолання запроектних аварій. У Звітах з аналізу безпеки АЕС України аварії із низьким шансом виникнення були відсутні, проте після аварії у 2011р. було прийняте рішення до розгляду ряду питань, пов'язаних із виникненням важких аварій на Запорізькій АЕС, що

супроводжуються повною втратою тривалого електропостачання а також численними відмовами систем безпеки. [1,4]

В результаті, на більшості АЕС світу були розроблені і впроваджені додаткові засоби і стратегії, спрямовані на подолання аварій з повним знеструмленням і втратою відведення тепла до кінцевого поглинача: установка додаткового мобільного або надійно захищеного стаціонарного обладнання, удосконалення аварійних інструкцій і планів, впровадження гнучких стратегій управління аваріями та ін. Впровадженню зазначених технічних і організаційних заходів передували ряд цільових оцінок безпеки АЕС і вироблення оптимальних рішень з урахуванням специфіки розглянутого енергоблоку АЕС, розміщення майданчика, клімату, можливих впливів і пошкоджень елементів АЕС, доступних джерел охолоджуючих середовищ, аварійного електропостачання і т. д. За результатами позачергової цільової переоцінки безпеки енергоблоків АЕС України («стрес-тестів») з урахуванням уроків, витягнутих з аварії на АЕС «Фукусіма-Даїчі», були визначені найбільш оптимальні стратегії управління аваріями при повному знеструмленні енергоблоку. [2-3]

Визначення об'єкта дослідження

За результатами аналізу стратегій управління аваріями із повною втратою тривалого електропостачання встановити запас часу до моменту початку плавлення тепловиділяючих збірок, а також зробити висновки щодо ефективності певної стратегії.

Визначення цілей роботи

Основними цілями роботи “Стратегія управління аваріями із повною втратою електропостачання” є:

- Аналіз причин і наслідків аварії на АЕС Фукусіма в 2011р.
- Аналіз результатів розрахунків аварій із ПТЗ на Запорізькій АЕС, змодельованих за допомогою розрахункового коду RELAP5/Mod3.2
- Обробка результатів аналізу симптомно-орієнтованих аварійних інструкцій та керівництва по управлінню важкими аваріями
- Розробка рекомендацій по удосконаленню стратегій

Призначення симптомно-орієнтованих аварійних інструкцій

На сьогоднішній день на АЕС України передбачені стратегії, що спрямовані на відвертання аварій з низькою вірогідністю їх виникнення.

Останніми роками після аналізу і обліку помилок персоналу, які допускалися при ліквідації наслідків великих аварій на АЕС в різних країнах, розпочата розробка і впровадження на робочі місця БЩУ аварійних експлуатаційних інструкцій. Ці інструкції регламентують дії оперативного персоналу, спираючись на фактичний стан РУ і ЕБ (на основі ознак або симптомів, що характеризують цей стан). У Україні такі інструкції отримали назву "Симптомно-орієнтовані аварійні інструкції" (СОАІ). [2]

Особливим випадком переходу до СОАІ є режими повного знеструмлення енергоблока по змінному струму. СОАІ і дії з відновлення критичних функцій безпеки (КФБ) спрямовані на припинення розвитку аварійної ситуації і подальше її перетворення у важку аварію, і повернення ЕБ в режим нормальної експлуатації. СОАІ конкретизують і направляють дії ОП, спираючись на положення "Інструкцій по ліквідації аварій на енергоблоці". Комплект СОАІ включає дії з діагностики стану РУ, аварійні експлуатаційні дії і дії з контролю і відновлення КФБ. У разі незадовільних спроб по відновленню КФБ а також подальшому порушенні проектної межі температури палива, аварія переростає у важку форму. У такому випадку ОП здійснює перехід у процедуру СОАІ РУВА. [6]

Аналіз симптомно-орієнтованих аварійних інструкцій

Важливою умовою здійснення стратегії технічного забезпечення АЕС в аварійних умовах є здатність основних і допоміжних станційних систем виконувати необхідні функції. Тому одному з перших завдань при підготовці до управління важкими аваріями є визначення систем АЕС, які можна використати (у тому числі в непроектному варіанті) для управління аварією і послаблення її наслідків. Безпечний стан АЕС забезпечується взаємодією трьох елементів: рівнів безпеки, бар'єрів безпеки, заходів, спрямованих на забезпечення безпеки. [4]

Для аналізу безпеки АС використовуються різні способи. Імовірнісний аналіз безпеки (ВАБ) є системним аналізом безпеки АС, який дозволяє виявити основні джерела аварій, розробити необхідні засоби і заходи для досягнення задовільного рівня безпеки на проектній стадії і підтримки досягнутого рівня безпеки при експлуатації АС. Обґрунтування безпеки полягало в розрахунках перехідних і аварійних режимів при штатному спрацьовуванні аварійних систем з метою довести, що в усіх випадках забезпечені умови не перевищення граничних рівнів безпеки АЕС. [4]

Процедура СОАІ визначає дії персоналу, необхідні після автоматичного спрацьовування або при виникненні умов для спрацьовування аварійного захисту реактора або систем безпеки, з метою оцінки стану блоку і визначення відповідної відновної процедури.

Методика розрахунку аварії із повним знеструмленням

Для аналітичного обґрунтування симптомно-орієнтованих аварійних інструкцій (СОАІ) використовується чотирьохпетлева модель РУ ВВЕР-1000, що розроблена для енергоблоку №3 Запорізької АЕС. Початкове повне розбиття реактора і активної зони на чотири сектори відповідно до конфігурації петель РУ дозволяє використовувати дану модель для подальшого детального моделювання опускної ділянки. [5 - 6]

Компонування моделі має наступний вигляд: область вихідних патрубків розділена на 8 рівних частин. Таким чином виглядає імітація кільцевих зазорів між шахтою і корпусом реактора. Ефективність метода полягає у тому, що на достатньо реалістичному рівні імітується розподіл потоків при частковій роботі головних циркуляційних насосів (ГЦН). Обурення, що вноситься патрубками САОЗ в опускній ділянці, надає повертаючий вплив на потік теплоносія вниз по опускній ділянці і викликає змішування теплоносія з сусіднім сектором проти годинникової стрілки. [5]

Активна зона розділена на чотири сектори і зберігає симетрію підключених петель. У кожному секторі виділено по три канали - середній тепловиділяючих елемент (ТВЕЛ), середній ТВЕЛ в гарячій тепловиділяючою збірці (ТВС) і гарячий ТВЕЛ в гарячій ТВС. Байпаси спрощено представлені загальними для всіх секторів. [5]

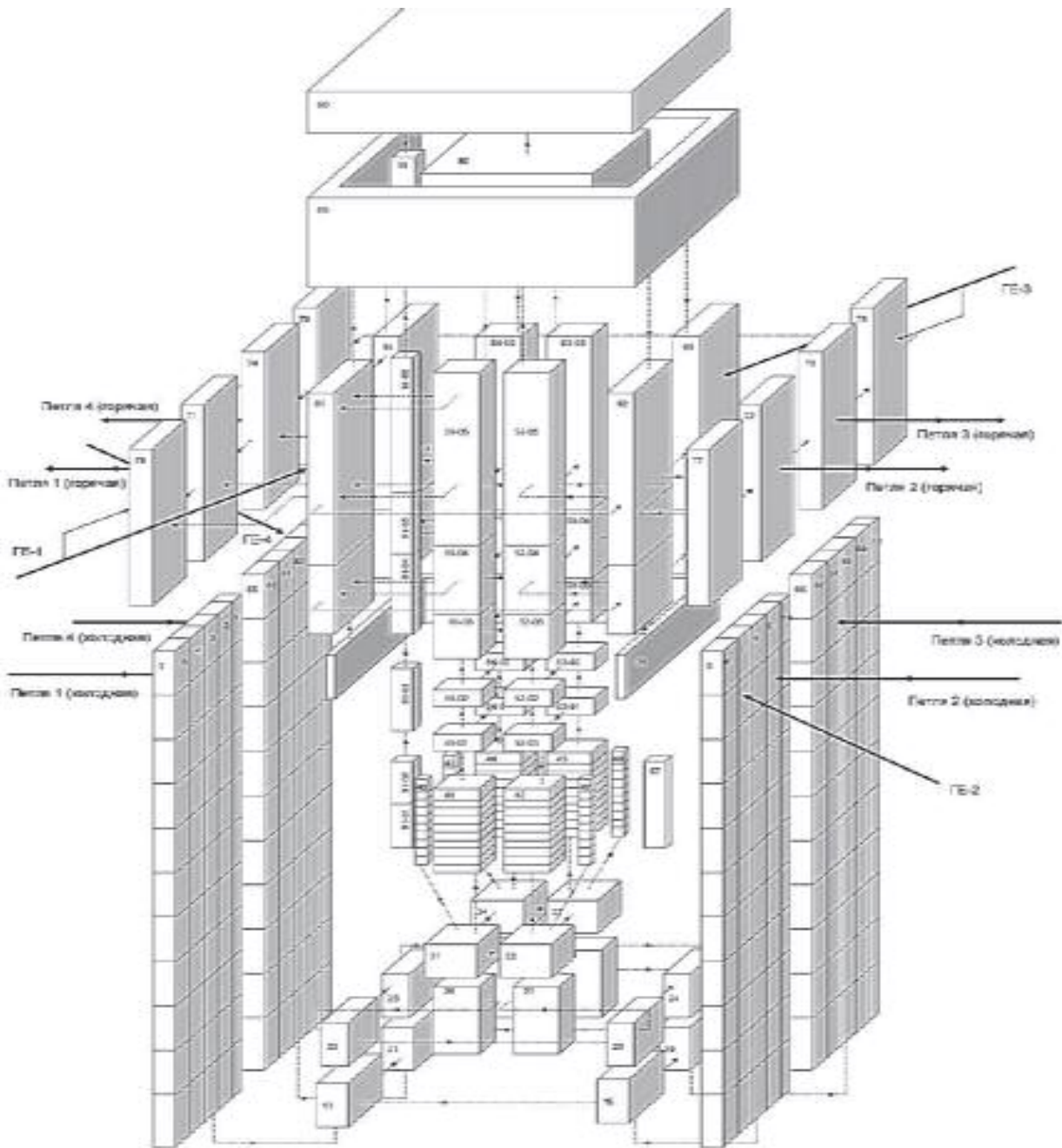


Рис. 1 – Ноданалізаційна схема ВВЕР-1000/В-320, розроблена для розрахункового коду RELAP5/Mod 3.2

Висновок

В ході даної роботи був зроблений аналіз причин і наслідків аварії на АЕС Фукусіма у 2011р. Було встановлено, аварія відбулась не лише у результаті стихійного лиха з подальшим знеструмленням, але й із-за поганої підготовленості персоналу і відсутності розроблених ефективних заходів по управлінню важкими аваріями.

Був проведений аналіз результатів розрахунків стратегій управління аваріями із повною втратою електропостачання на блоках Запорізької АЕС, за результатами якого зроблені висновки, щодо наступу часу пошкодження ядерного палива, та встановлений запас часу, за який оперативний персонал повинен провести необхідні дії для зменшення розмаху аварії, або для відновлення нормального режиму експлуатації енергоблоку, відсилаючись до пакета симптомно-орієнтованих аварійних інструкцій, розроблених для Запорізької АЕС.

Було запропоновано заходи для удосконалення стратегій управління важкими аваріями при повному тривалому знеструмленні, направлені на збереження часу під час дій оператора БЩУ, а також зменшення впливу людського фактору під час стресових дій.

Література

1. Скалозубов В. І. Аналіз причин і наслідків аварії на АЕС FUKUSHIMA як фактор запобігання важким аваріям у корпусних реакторах / В. І. Скалозубов, О. О. Ключников, В. М. Ващенко, С. С. Яровий – Чорнобиль: ПБ АЕС НАН України. - 2012. – 280 с.
2. Кабанов Л. П. Техническое обоснование управления тяжелыми авариями на АЭС с ВВЭР-1000 / Л. П. Кабанов, Н. А. Козлова, А. И. Суслов. МЦЯБ НТЦ ЯРБ РФ РНЦ «Курчатовский институт». - 2006. – 205 с.
3. 03.ТН.ЗП.ОТ.157-А-0 Аналітичне обґрунтування симптомно-орієнтованих аварійних інструкцій (СОАІ) для блоку 3 ЗАЕС. – ОП ЗАЕС: ДП НАЕК “Енергоатом”. - 2008. – 291 с.
4. Плешакова Н.В. Анализ ошибок, допускаемых операторами БЩУ АЭС при использовании эксплуатационных процедур / Н.В. Плешакова, А.Н. Анохин. - НИЯУ МИФИ. – Обнинск. – 2012. – 12 с.
5. Теплогидравлическая модель реактора ВВЭР-1000 для получения граничных условий при оценке сопротивления хрупкому разрушению с использованием компьютерного

Тези доповідей 54-ої наукової конференції молодих дослідників ОНПУ-
магістрантів «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі» //Одеса:
ОНПУ, 2019, вип. 54

кода RELAP5/MOD3.2 / Ю. Ю. Воробьев, О. Р. Кочарьянц // Ядерна та радіаційна
безпека. — 2011. – С. 5-15.

6. EP12-2011.200.ОД.3 Аналитическое обоснование стратегий РУТА энергоблока №3
ЗАЭС / - ОП ЗАЭС: ДП НАЕК. “Енергоатом”. - 2011. – 2090 с.