

УДК 629.039.58

DOI: 10.20535/2079-5688.2017.32.89995

Т.М. Онисимчук, студентка, **О.Я. Тверда**, ст. викл., к.т.н., (КПІ ім. Ігоря Сікорського)

ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РОБОТИ АЕС ПРИ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ НА РІВЕНЬ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ

T.M. Onysymchuk, O.Ya. Tverda (National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”)

ESTIMATION OF IMPACT NPP OPERATING MODE IN THE ABNORMAL SITUATION ON THE ENVIRONMENTAL SAFETY LEVEL OF THE ADJACENT AREAS

У статті викладено результати аналізу режимів роботи АЕС в нештатних ситуаціях, досліджено основні зовнішні екстремальні фактори впливу на рівень екологічної безпеки прилеглих територій. Встановлено основні причини та наслідки впливу ймовірних аварій. Запропоновані заходи щодо реалізації безпечної експлуатації АЕС.

Ключові слова: радіаційна безпека; АЕС; нештатна ситуація; ймовірність події; доза гамма випромінювання.

В статье изложены результаты анализа режимов работы АЭС в нештатных ситуациях, исследованы основные внешние экстремальные факторы влияния на уровень экологической безопасности прилегающих территорий. Установлены основные причины и последствия влияния вероятных аварий. Предложены меры по реализации безопасной эксплуатации АЭС.

Ключевые слова: радиационная безопасность; АЭС; нештатная ситуация; вероятность события; доза гамма излучения.

The article presents analysis of modes of nuclear power in emergency situations. The main external extreme impacts on the environmental safety of the surrounding area were researched. The basic causes and effects of possible accidents were established. The measures of safe evacuation of nuclear power plant were proposed.

Keywords: radiation safety; nuclear power plant; emergency situation; the probability of event; a dose of gamma radiation.

Вступ. Як і будь-який великий промисловий комплекс, АЕС є джерелом ризику для навколишнього середовища, який пов'язаний із виробництвом, утримуванням та зберіганням радіоактивних речовин.

Основною умовою безпечної експлуатації АЕС та інших радіаційно-небезпечних об'єктів усього світу є принцип ALARA (розумно досяжний низький рівень): будь-який ризик повинен бути знижений настільки, наскільки

це є практично досяжним, або ж до того рівня, який є настільки низьким, наскільки це розумно досяжно [1].

Аналіз досліджень систем захисту вітчизняних радіаційно-небезпечних об'єктів показав, що найбільш ймовірними вихідними подіями аварій є: землетрус, потужність якого вище проектних значень, затоплення, помилка персоналу [2].

Метою роботи є оцінка впливу режимів роботи АЕС при нештатних ситуаціях на рівень екологічної безпеки прилеглих територій.

Результати дослідження. У зв'язку з закінченням у 2010 році терміну дії «Концепції підвищення безпеки діючих енергоблоків атомних електростанцій» ДП НАЕК «Енергоатом» розроблено Комплексну (зведену) програму підвищення безпеки енергоблоків АЕС України, метою якої є [3]:

- подальше підвищення рівня безпеки експлуатації енергоблоків АЕС;
- зменшення ризиків виникнення аварій на АЕС під час стихійного лиха або інших екстремальних ситуацій;
- підвищення ефективності управління проектними і запроектованими аваріями на АЕС, мінімізація їх наслідків.

Одним із цільових завдань даної програми є проведення «стрес-тестів», метою яких є експрес-оцінка стану безпеки і обґрунтування додаткових довгострокових заходів щодо подальшого підвищення безпеки АЕС України.

Стрес-тести переоцінки безпеки енергоблоків Запорізької АЕС (ЗАЕС) з водо-водяними енергетичними реакторами не виявили дефіциту безпеки при комбінації зовнішніх екстремальних впливів. За результатами аналізу впливу землетрусів встановлено, що діючі АЕС України спроектовані із застосуванням консервативного принципу та стійкі до проектних сейсмічних впливів [3].

Проте, досліджено, що ймовірність землетрусу на території ЗАЕС, потужність якого вище проектних значень, становить 10^{-4} рік⁻¹, а отже є потенційною загрозою радіаційній безпеці промислового об'єкту та прилеглих територій [2].

Встановлено, що ймовірність затоплення території внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС – $1,2 \cdot 10^{-4}$ рік⁻¹ [2]. За результатами аналізу впливу затоплень, у тому числі ймовірного руйнування гідротехнічних споруджень через землетрус, обґрунтовано, що для діючих АЕС України відсутні ризики від такого виду впливу [3].

Однак, район Запорізької АЕС належить до зони підвищеної небезпеки виникнення смерчів, клас інтенсивності яких становить 3,58 з частотою проходження $87 \cdot 10^{-4}$ рік⁻¹, а отже план заходів забезпечення безпеки промислового майданчику ЗАЕС потребує доопрацювання [4].

На рис. 1 зображено наслідки можливого затоплення промислового майданчика ЗАЕС при спільному впливі смерчу та землетрусу в ставку-охолоджувачі [4].



Рис. 1. Наслідки можливого затоплення промислового майданчика ЗАЕС

Досліджено, що ймовірність виникнення аварії внаслідок помилки персоналу АЕС складає $1,2 \cdot 10^{-4}$ рік⁻¹ [2]. Частота помилок багато в чому визначається параметрами зовнішнього середовища, в якому людина працює. Проведено дослідження залежності кількості помилок оператора від впливу шуму та в повній тиші. Методами статистичної обробки експериментальних даних визначено поліномну залежність другого ступеню впливу шуму на якісні показники роботи обслуговуючого персоналу АЕС. Результати дослідження наведено на рис. 2.

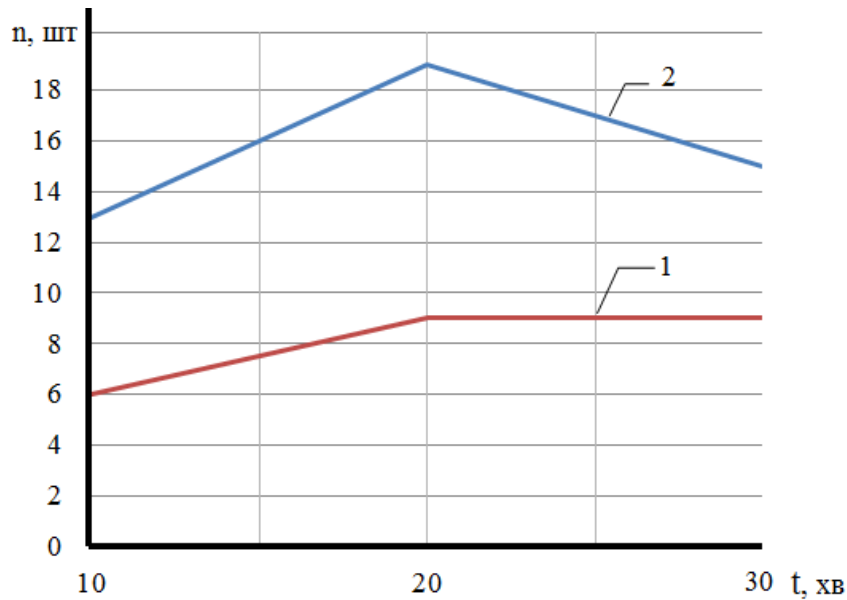


Рис. 2. Залежність кількості помилок оператора від тривалої дії шуму (2) та в повній тиші (1)

Проведений аналіз графіку показує, що існує звикання до шуму протягом 20-30 хв, проте кількість помилок при цьому вдвічі більше в порівнянні з роботою в тиші.

Для визначення залежності величини можливих наслідків від ймовірності реалізації небезпеки використовують криву Фармера (рис. 3) [5].

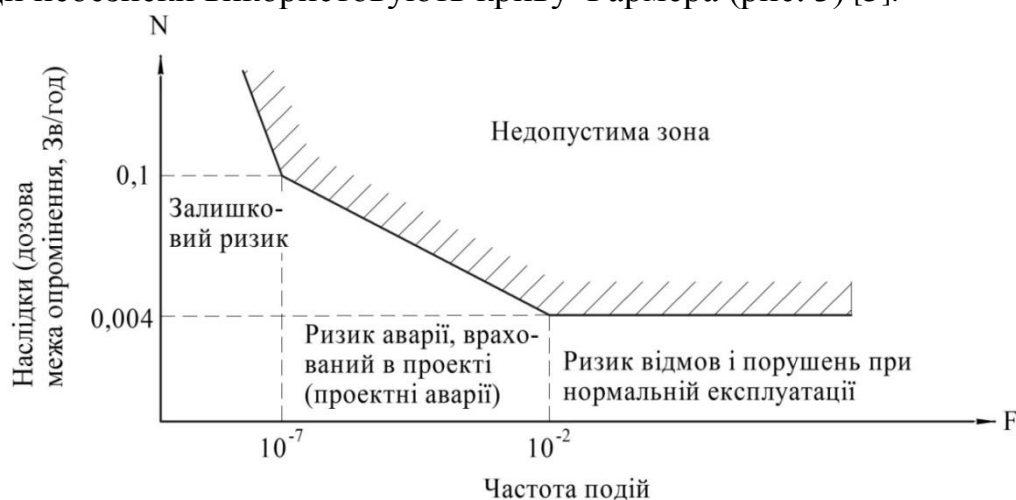


Рис. 3. Залежність значення наслідків аварії від ймовірності її виникнення (крива Фармера)

Ідея F/N-діаграми (кривої Фармера) полягає у наступному: аварії, що викликають незначні наслідки (N) виникають із більшою частотою (F). Таким чином, землетрус спровокує найбільш руйнівні наслідки, а спільний вплив смерчу та землетрусу в ставку-охолоджувачі принесе незначний збиток прилеглим територіям.

За 2005 - 2014 роки на ЗАЕС зареєстровано 10 порушень, категорії яких за шкалою INES оцінені на рівні «0», і з 2006 року подій, оцінених за шкалою INES рівнем «1» або вище, взагалі не було [6].

В основу безпечної експлуатації АЕС покладено дев'ять принципів:

- принцип глибокоешелонованого захисту і планування захисних заходів: п'ять рівнів ешелонованого захисту передбачають регламент дій персоналу станції у всіх режимах: від нормальної експлуатації до управління аваріями з важкими наслідками;

- принцип самозахисності реакторної установки: за рахунок підбору нейтронно-фізичних характеристик реактора, які передбачають самостійне припинення реакції поділу ядер в будь-якій нештатній ситуації, незалежно від дій оператора;

- бар'єри безпеки: товщина внутрішньої оболонки контайнменту становить 1200 мм високоміцного армованого напруженого залізобетону, зовнішня оболонка має товщину 800 мм і захищає реактор від зовнішніх впливів. Вона витримує падіння літака, смерч і ураган, обмерзання, повінь, терористичні атаки;

- багаторазове дублювання каналів безпеки, що передбачають роботу АЕС в умовах затоплення або повені;
- застосування пасивних систем безпеки, які не вимагають джерел енергії і при повній втраті зовнішнього енергопостачання забезпечують зупинку реактора і відведення залишкового тепловиділення за рахунок законів природи;
- концепція безпеки, що передбачає як засоби запобігання аваріям, так і засоби управління наслідками запроєктних аварій, що забезпечують локалізацію радіоактивних речовин в межах гермооболонки;
- культура безпеки, що передбачає вибір майданчика, консервативний принцип проектування, систему підготовки кадрів, систему незалежного нагляду і т.д.;
- власні сили і засоби цивільної оборони в надзвичайних ситуаціях на кожній АЕС;
- принцип вибору майданчика АЕС в місцях, які відповідають нормативним вимогам [7].

Аналіз поточного стану безпеки вітчизняних радіаційно-небезпечних об'єктів, зокрема ЗАЕС, показав, що землетрус, потужність якого вище проектних значень, спровокує найбільш руйнівні наслідки, що зумовлює необхідність удосконалення існуючих систем безпеки промислового майданчику ЗАЕС. Зокрема, в рамках реалізації безпечної експлуатації АЕС пропонується забезпечити стійкість до впливу землетрусу, як мінімум на рівні 7 балів за шкалою MSK-64. Також необхідно впровадити станції для постійного сейсмічного моніторингу з метою отримання нових розрахункових акселерограм проектних та максимально розрахункових землетрусів.

Для зменшення частоти виникнення помилок персоналу рекомендовано проводити регулярні тривалі (більше 24 годин) протиаварійні тренування для всіх учасників реагування, психологічну підготовку персоналу підприємств, спрямовану на підвищення стійкості до психологічних навантажень.

Висновки

Результати проведеного дослідження свідчать, що найбільш ймовірними вихідними подіями аварій на ЗАЕС є: землетрус, потужність якого вище проектних значень (ймовірність реалізації становить 10^{-4} рік⁻¹), затоплення внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС (ймовірність виникнення – $1,2 \cdot 10^{-4}$ рік⁻¹) та помилка персоналу (ймовірність – $1,2 \cdot 10^{-4}$ рік⁻¹).

Визначено основні принципи безпечної експлуатації АЕС та обґрунтовано додаткові довгострокові заходи щодо подальшого підвищення безпеки АЕС України.

Список використаних джерел

1. Вероятностный анализ безопасности атомных станций [Текст] /

2. [В.В. Бегун, О.В. Горбунов, И.Н. Каденко и др.]. – К: Політехніка, 2000. – 568 с.
3. Онисимчук, Т.М. Аналіз радіаційного ризику аварії при експлуатації сховища відпрацьованого ядерного палива [Текст] / Т.М. Онисимчук, О.Я. Тверда // «Кременчуцьке видавництво» КрПУ. – 2016. – №15. –172 с.
4. Стрес-тести АЕС України: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uatom.org/index.php/uk/zagalni-vidomosti/pidvischenny-bezpeky-aes>.
5. Козлов, И.Л. Критерии затопления промплощадок АЭС совместным воздействием смерчей и землетрясений в пруде-охладителе [Текст] / И.Л. Козлов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №3. –75 с. <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42146>
6. Острейковский, В.А. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ [Текст] / В.А. Острейковский, Ю.В. Швыряев – Москва: Физматлит, 2008. – 352 с.
7. Матеріали з обґрунтування безпеки продовження терміну експлуатації енергоблоків №1,2 ВП «Запорізька АЕС» у понадпроектний строк: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/art_id=245133959.
8. Безопасность современных проектов АЭС. Уроки японской катастрофы: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://sosny.bas-net.by/wp-content/uploads/2012/12/Inform_3.pdf.

Стаття надійшла до редакції 12.01.2017р.

УДК 364.075

DOI: 10.20535/2079-5688.2017.32.83558

Т.В. Яковлева, студ., **Л.А. Сербінова**, ас., к.т.н., **Т.В. Гребенюк**, ст. викл., к.т.н. (КПІ ім. І. Сікорського)

ВПРОВАДЖЕННЯ ОЧИСНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ДЕМЕРКУРИЗАЦІЇ

T. Yakovleva, L. Serbinova, T. Hrebenuk (National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”)

IMPLEMENTATION OF SEWAGE TREATMENT OF PLANTS FOR THERMAL DEMERCURIZATION

Відомі на сьогодні способи та засоби демеркуризації мають значні недоліки, недостатньо безпечні та ефективні. Виконано аналіз динаміки виробництва нерадіоактивних відходів на Южно-Українській АЕС за 2013-2015 рр.