

## УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ РИСКАМИ НА АЭС

### УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ НА АЕС

#### NPP OPERATIONAL RISK MANAGEMENT

Научный руководитель – кафедра Атомних електричних станцій; доцент, канд. фіз.-мат. наук  
Зотеев О.Є., Зотеев О.Е., Zoteev O.E.

Магістр – Михай О.Г., Михай А.Г., Mihay O.G.

**Аннотация.** На сегодняшний день накоплен значительный опыт эксплуатации КВОИ, который обнаружил новые проблемы, важнейшими из которых являются оценка и прогнозирование ресурсных характеристик (РХ) таких сложных объектов, как объекты ядерной энергетики. В настоящее время есть необходимость в научной проработке нерешенных известных фундаментальных задач по обоснованию безотказности и безопасности высоконадежного, уникального оборудования КВОИ. Из них первоочередными, главными являются вопросы стандартизации показателей ресурсоспособности (РС), построения моделей для экспертной оценки РХ, индивидуального прогнозирования показателей РС и оценки рисков при контроле РХ оборудования КВОИ.

**Ключевые слова:** КВОИ ( Критически важный объект инфраструктуры ), ресурсные характеристики, ресурсоспособность , оценка рисков

**Анотація.** На сьогоднішній день накоплено значний досвід експлуатації КВОІ, який виявив нові проблеми, найважливішими з яких є оцінювання і прогнозування ресурсних характеристик (РХ) таких складних об'єктів, як об'єкти ядерної енергетики. В даний час є нагальна потреба в науковому опрацюванні невирішених відомих фундаментальних завдань стосовно обґрунтування безвідмовності і безпеки високонадійного, унікального обладнання КВОІ. З них першочерговими, головними є питання стандартизації показників ресурспроможності (РС), побудови моделей для експертного оцінювання РХ, індивідуального прогнозування показників РС і оцінювання ризиків при контролі РХ обладнання КВОІ.

**Ключові слова:** КВОІ (Критично важливий об'єкт інфраструктури) , ресурсні характеристики , ресурспроможність, оцінка ризику

**Annotation.** To date, considerable experience has been accumulated in operating a critical infrastructure object, which has discovered new problems, the most important of which are the assessment and prediction of the resource characteristics (RC) of such complex objects as nuclear

energy facilities. Currently, there is a need for the scientific study of unsolved known fundamental problems to substantiate the reliability and safety of highly reliable, unique equipment A critical infrastructure object. Of these, the priority ones are the issues of standardization of resource capacity indicators (RS), building models for expert assessment of PC, individual forecasting of PC indicators and risk assessment during the control of PC equipment's PC.

**Keywords:** A critical infrastructure object, resource characteristics,  
resource capacity, risk assessment

### **Вступ**

Підвищення експлуатаційної стійкості атомних електричних станцій, що працюють в ринкових умовах, потребує рентабельною безпеки, в проведенні економічно ефективних модернізацій всіх виробничих процесів. Сьогодні потрібні системи і механізми управління, пов'язані з вартістю ризику і економічними вигодами від зниження ризику. У цьому новому для атомної енергетики напрямку починають працювати вітчизняні та зарубіжні спеціалісти.

В даний час в багатьох галузях людської діяльності відбувається зміна концепцій управління ризиком. Зокрема, концепція "безпека - ризик" замінюється концепцією "сталий розвиток - ризик". І це виправдано: адже критики концепції безпеки (що розглядається як стан захищеності об'єкта) вважають, що атомні електричні станції слід "закрити" або через "брак захисту", або від її "надлишку" - оскільки АЕС будуть не рентабельні не конкурентоспроможні. У новій концепції пропонується пов'язати експлуатаційну стійкість і розвиток АЕС з рівнем організаційно технологічного ризику, в якості якого розглядається операційний ризик. Однак без побудови інтегрованої системи управління ризиками, що включатиме операційну, фінансові та стратегічні ризики, неможливо забезпечити розвиток складних технічних систем. Тому слід відстоювати парадигму: захищеність від ядерної і радіаційної аварій необхідний, але недостатній критерій успішного функціонування атомних станцій, для забезпечення сталого розвитку АЕС необхідна система управління ризиками процесів у всіх напрямках діяльності

### **Визначення об'єкта дослідження**

Дослідженню підлягає в цілому обладнання АЕС яке потребує продовження терміну експлуатації

### **Цілі та обґрунтування необхідності дослідження**

Існуючі процедури планування ремонту енергетичного обладнання спиралися на нормативний термін експлуатації, тому міжремонтні періоди встановлювалися без ґрунтовної науково-технічного опрацювання.

Попередній аналіз деяких видів обладнання показав, що міжремонтні періоди між капітальними та поточними ремонтами також не в повній мірі відповідають рекомендаціям розробників і виробників.

У той же час зараз широке поширення отримав ремонт, орієнтований на надійність (РОН).

Принципи, закладені в РОН, засновані на ранжируванні обладнання за ступенем впливу можливих видів відмов на виконання системами основних функцій, на обліку характеристик його надійності і встановлення для кожної одиниці обладнання своєї циклічності і виду ремонтного впливу.

При всіх позитивних якостях тепер уже «класичної» методики РОН, йому також властиві й недоліки. Основним недоліком методики РОН є відсутність кількісного підходу до оцінки надійності розглянутого обладнання.

У зв'язку з цим, ведуться роботи зі створення програми оптимального планування ремонту на основі статистичного підход. Із застосуванням принципів вже відомої методики РОН, але з уточненням кількісних заходів надійності.

До теперішнього часу вдосконалений основний модуль методичного та програмного забезпечення, що дозволяє розрахувати оптимальний план ремонту будь-якої технологічної системи. Даний підхід заснований на детальному розгляді структурної схеми технологічної системи. При цьому враховуються значення показників надійності обладнання, певні до і після виконання ремонту, причому паралельно визначається його вартість. Рішення щодо вибору оптимального варіанта ремонту приймається на підставі зіставлення приросту показників надійності і витрат, які необхідні для його досягнення.

Таким чином, віртуальне відновлення елементів структурної схеми при обчисленнях за програмою відбувається до досягнення нормативного значення ймовірності безвідмовної роботи (ІБР).

### **Короткий опис методики експертного оцінювання**

Ефективність початкових етапів розробки методики експертного оцінювання (етапів ідентифікації та концептуалізації) багато в чому визначається успішним формуванням авторитетної групи експертів і отриманням від них високоякісної інформації про стан енергетичного обладнання.

Суть процесу виявлення знань полягає в організації проведення експертами інтуїтивно-логічного аналізу проблемної області з кількісною оцінкою сформульованих ними суджень. На цьому етапі експерти:

- формують об'єкти і поняття предметної області (цілі, рішення, альтернативні ситуації і т.д.);
- проводять вимірювання характеристик (ймовірності звершення подій, коефіцієнти значимості цілей, перевагу рішень і т.д.).

Експертне оцінювання являє собою процес вимірювання, який можна визначити як процедуру порівняння об'єктів за обраними показниками (ознаками). У цьому визначенні фігурують три поняття: об'єкт, показник (ознака) і процедура порівняння. Об'єктами можуть бути предмети, явища, рішення. Як показники порівняння можуть використовуватися просторово-часові, фізичні, психічні та інші властивості і характеристики об'єктів.

Процедура порівняння включає в себе:

- визначення причинно-наслідкового зв'язку між об'єктами;
- встановлення ступеня впливу одних об'єктів на інші.

### **Режими проведення обстеження обладнання**

Аналіз завдання обстеження показує, що найбільш природними є два режими обстеження:

- експертиза стану надійності обладнання в режимі його нормальної експлуатації;
- експертиза, яка проводиться після зупинки обладнання, тобто одночасно з проведенням ремонту.

Способи отримання інформації в цих режимах абсолютно різні. Природно, що в першому з них отримання інформації можливо тільки шляхом:

- зовнішнього огляду і обстеження устаткування з оформленням актів;
- збору даних від штатних контрольно вимірювальних приладів та інформаційних систем;
- збору вимірювальної інформації від додатково встановлених приладів;
- збору записів в штатних журналах і результатів опитування експлуатаційного персоналу.

У другому режимі, тобто після зупинки розтину більшої частини обладнання:

- дані інструментальних вимірювань конкретних елементів;
- дані візуального контролю елементів, не схильних до інструментальним вимірам;
- зіставлення конкретних елементів з еталонними зразками на предмет оцінки деградації (нова прокладка - стара прокладка).

Експертиза устаткування в режимі нормальної експлуатації, (виконується в період, що передує ремонту):

- експерти по черзі (але не всією групою), що зроблено з метою отримання незалежних суджень, обходять діюче обладнання даної функціональної групи (ФГ), оглядають його, прослуховують шуми, виявляють протікання робочих рідин і роблять висновок о появі проблемних ділянок. Тим самим вирішується завдання ієрархії ділянок за рівнем їхньої значимості в майбутній ремонт. З'являється можливість мінімізації витрат на проведення ремонту;

- експерти особисто записують значення технологічних величин, які дають штатні прилади й фіксують час початку експертизи;

- експерти з допомогою співробітників цеху теплової автоматики та вимірів і спеціальних лабораторій встановлюють додаткові вимірювальні прилади на проблемних ділянках функціональної групи. Під додатковими приладами маються на увазі віброметри, датчики шумів, диференціальні манометри, термометри, прилади якісного аналізу та ін .;

- експерти опитують експлуатаційний персонал про їх спостереження за станом обладнання і вивчають записи в штатних журналах змін. При цьому особлива увага звертається на розбіжність між тим, як події сформульовані в записах і як вони переказані;

- на підставі проведеного обстеження експерти заповнюють спеціальні анкети і складають акти;

- після проходження встановленого часу (нормується для кожної функціональної групи), експерти знову повторюють обстеження і знову заповнюють анкети і складають акти.

- на підставі даних анкет і актів кожен експерт окремо виконує прогнозування відмовостійкості обладнання раніше обстеженої функціональної групи на міжремонтний період. Анкети служать для отримання прогнозованої гістограми розподілу напрацювань до відмови. Потім результати роботи всіх експертів перевіряються, узагальнюються і передаються інженерам-системотехніка для комп'ютерної обробки;

- на підставі узагальнення результатів прогнозу, виконаного експертами, керівництво АЕС приймає рішення о продовження або припинення експлуатації обладнання даної функціональної групи до терміну планового ремонту. Ця ж інформація може бути застосована для планування обсягу ремонту і передбачуваних витрат на нього.

#### **Застосування результатів експертизи для визначення параметрів ймовірність моделей**

Після заповнення бланків експертизи інформація, що міститься в них, застосовується системотехніками в основному для побудови і апроксимації гістограм. Наприклад, результат такого узагальнення наведено на графіку.

На рис. 1 по осі абсцис відкладено час в роках. Ця категорія оцінки часу, за свідченням багатьох фахівців найбільш природна для інтуїції людини. Безумовно, оцінки з її застосуванням не можуть претендувати на високу точність, проте ж вони не допускають і грубих промахів. У даних умовах ця оцінка більш актуальна. В анкету внесені шість рівнів надійності представлених в таблиці 1, які застосовані для перекладу якісних оцінок в кількісну міру.

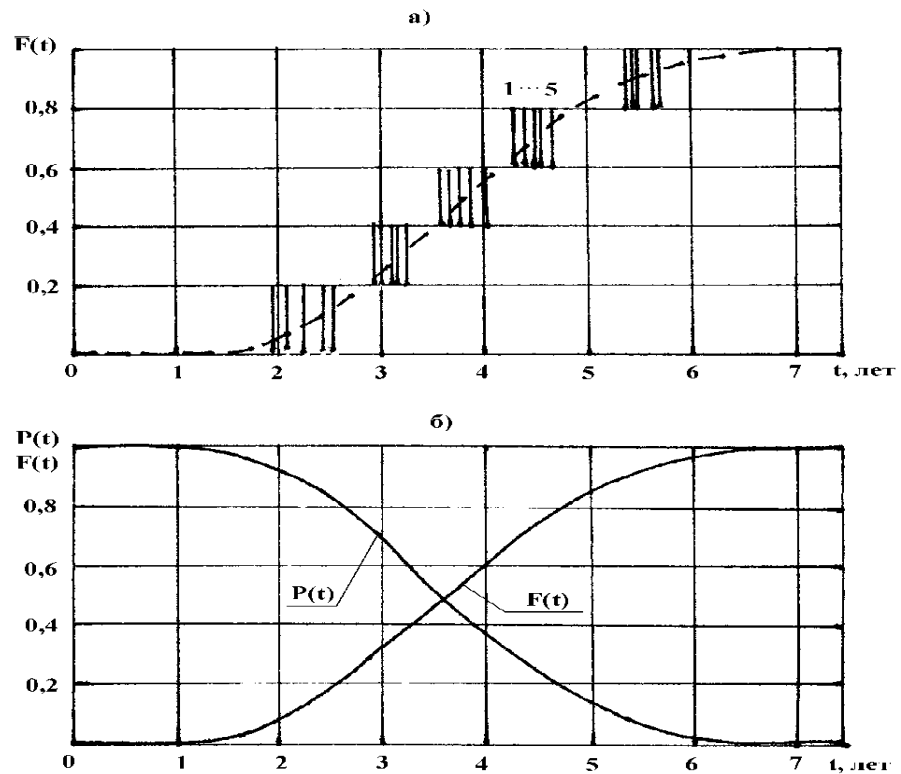


Рис. 1 Імовірнісні характеристики енергетичного обладнання, отримані експертним шляхом:

- а) гістограма напрацювань до відмови за даними, отриманими від п'яти експертів;
- б) апроксимація гістограми функціями нормального закону розподілу.

Таблиця 1 Рівні надійності перекладу якісних оцінок в кількісну міру

Поз.	Вербальне (словесне) визначення ознаки	Оцінка ймовірності відмови
1.	Обладнання працює практично безвідмовно	0.0 - 0.001
2.	Відмови з'являються зрідка	0,0 - 0,2
3.	Число відмов помітно зросло	0,2 - 0,4
4.	Устаткування відмовляє досить часто	0,4 - 0,6

5.	Устаткування частіше буває в ремонті, ніж в роботі	0,6 - 0,8
6.	Устаткування повністю непридатне до роботи	0,8. – 1,0

Переклад даних з анкет, заповнених п'ятьма експертами дає можливість застосувати для апроксимації отриманої гістограми стандартного пакету комп'ютерних програм.

Програма дає можливість в інтерактивному режимі, зі зверненням до вікон налаштування і активному візирі підбирати таку бажану криву нормального розподілу ймовірності відмов, яка в межах прийнятною для практики точності відображає властивості гістограми.

В подальшому аналізі ймовірності безвідмовної роботи обладнання і оптимізації планування ремонтів ця інформація є ключовою.

### **Висновок**

Управління ризиками АЕС має розвиватися стрімко . На жаль, аналіз Чорнобильської аварії (Україна), аварії на Саяно-Шушенській Гідро Електро Станції (Росія), критичних подій на Фукусімі (Японія) свідчить про наявність системних причин, які в загальному вигляді можна сформулювати як недостатній рівень якості експлуатації, порушення принципів TQM (Загальноорганізаційна метод безперервного підвищення якості всіх організаційних процесів) в процесі експлуатації критично важливих об'єктів інфраструктури (КВОІ). Питання безпеки КВОІ повинні відпрацьовуватися ще на етапі їх проектування, а нормативна база має сприяти цьому. Тому забезпечення і підвищення якості експлуатації та прогнозування показників ресурсоспособності обладнання КВОІ є важливим фактором розвитку і впровадження культури безпеки таких складних об'єктів, як атомні станції, магістральні нафтогазопроводи, залізничний транспорт, комплекси теплової енергетики та ін.

### **Література**

1. Управління ризиками організацій. Інтегрована модель. Комітет спонсорських організацій Комісії Тредвея (COSO), вересень 2007 р. 54-56с.
2. Чупров В. А. АЕС тільки для багатих // Атомна стратегія. – 2007. - №3. – 30 с.
3. Сазикін Б. В. Управління операційним ризиком в комерційному банку. Вершина, 2008. 71-74 с.



4. Бахметьев А. М. Поняття ризику і його використання в дослідженнях безпеки // Атомна енергія. – 2006. Т.101. - Вип. 3. - С. 177-182.
5. Шоломіцький А.Г. Теорія ризику. Вибір при невизначеності і моделюванні ризику: Навчальний посібник, 2005 71-73с.
6. Ільїн К.І. Управління ризиками на радіаційно-небезпечних об'єктах . Державний Навчальний центр Навчально Дослідницький Інститут Атомних Реакторів 2009. 11с.
7. Харабет А.М., Зотєєв О. Є., Чулкін О., Зотєєв В . Про експертний пошук ресурсів для подовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС // Безпека та ефективність атомної енергетики. Україна, Одеса, 2016. 58-62с.
8. Харабет А.М., Зотєєв О. Є., Чулкін О. А. Шляхи застосування сучасних експертних систем для підвищення безпеки атомної енергетики // Зб. Доповідей 3-ї МНТК Підвищ. безпеки і еф. атомної енергетики (24 -28.09, 2012). –О.:, НПЦ «Енергоатом» ООО. – 2012. - С. 378 -388.
9. Харабет А.М., Зотєєв О. Є., Чулкін О.А . Застосування теорії можливостей для визначення надійності енергетичного обладнання АЕС. Зб. Доповідей 3-ї МНТК Підвищ . безпеки і еф. атомної енергетики . Одеса, ОНПУ 24 -28.09, 2012, с. 362-372
10. Харабет А.М., Зотєєв О. Є., Чулкін О.А. Застосування теорії можливостей для визначення надійності енергетичного обладнання АЕС. «Ядерна енергетика та довкілля», Київ, 2013. №2, с.63-69
11. Харабет. А.М., Зотєєв О. Є., Чулкін О.А., Зотєєв В.О. Методи збору інформації для визначення надійності енергетичного обладнання АЕС. Тези доповідей 21-й щорічної наукової конф. ІЯД НАНУ. Київ, 2014.с.109 -110
12. Харабет. А.М., Зотєєв О.Є., Чулкін О.А., Зотєєв В.О. Концепція пошуку технічних ресурсів для подовження терміну експлуатації обладнання енергоблоків. Тези доповідей XXIV щорічної НК ІЯД НАН України – Київ, 2017. – с. 132 - 133.
13. Скалозубов В.І., Білей Д.В., Габлая Т.В., Комаров Ю.О., Ключніков О.О., Фольтов І.М. Розвиток і оптимізація систем контролю АЕС з ВВЕР . Чорнобиль , 2008. 425-437с.