

Перспективи оптимізації технічних обслуговувань і ремонтів з використанням ризик-інформованого прийняття рішень на АЕС України

Гуменюк Д.В.

Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6005-0101>

Дем'янюк В.В.

ТОВ «НТ-Інжиніринг», м. Київ, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7575-7401>

Ільїна А. І.

Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9220-0613>

Шевченко І.А.

Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6102-520X>

У більшості випадків, коли йде мова про оптимізацію технічних обслуговувань і ремонтів (ТОіР), розглядається концепція ремонту за технічним станом обладнання. В цій статті наводиться опис підходу щодо оптимізації технічних обслуговувань і ремонтів на АЕС за рахунок їх переносу з планово-попереджувальних ремонтів в режим роботи енергоблоку на потужності. Виконується аналіз стану оптимізації технічних обслуговувань і ремонтів на зарубіжних АЕС. Описується досвід США в питаннях зменшення тривалості планово-попереджувальних ремонтів. Наводиться інформація щодо пілотного проекту з оптимізації технічних обслуговувань і ремонтів на енергоблоці № 2 Запорізької АЕС. За результатами порівняльного аналізу визначаються можливі обмеження, що обумовлені невідповідністю нормативної бази з ядерної та радіаційної безпеки України нормативним та методичним документам США, які застосовувались при оптимізації технічних обслуговувань і ремонтів на АЕС США.

Ключові слова: оптимізація, технічні обслуговування і ремонти, планово-попереджувальний ремонт, ризик-інформоване прийняття рішень, імовірнісний аналіз безпеки, робота на потужності, АЕС.

© Гуменюк Д.В., Дем'янюк В.В., Ільїна А. І., Шевченко І.А., 2019

Питанням підвищення ефективності роботи АЕС в Україні та світі приділяється значна увага. Одним з можливих шляхів підвищення ефективності їх експлуатації є скорочення тривалості планово-попереджувальних ремонтів (ППР). У більшості випадків, коли йде мова про оптимізацію технічних обслуговувань і ремонтів, розглядається концепція ремонту за технічним станом обладнання [1-2].

В цій статті висвітлюється інший підхід до оптимізації ТОіР, в рамках якого передбачається перенесення частини ТОіР з ППР в режим роботи енергоблоку на потужності. Проект з оптимізації ТОіР з використанням зазначеного підходу впроваджується на енергоблоці № 2 Запорізької АЕС. Його реалізація дозволить суттєво покращити економічні показники без зниження рівня безпеки енергоблоку. Основною метою цієї статті є висвітлення іншого (альтернативного) підходу до оптимізації ТОіР, який ґрунтується на ризик-інформованому управлінні конфігурацією енергоблоку. Інформація щодо передумов реалізації цього проекту, а також його опису наведена нижче.

Атомна енергетика є основоположною (домінуючою) в енергосистемі України. Протягом останніх років частка атомної енергетики швидко зростала: з 43 % в 2013 році, до 55.1 % в 2017 році (детально див. таблицю 1). Більш того, згідно з економічною стратегією України до 2035 року [3], атомна енергетика розглядається як одне з найбільш економічно ефективних низьковуглецевих джерел енергії. Подальший розвиток ядерного енергетичного сектору на період до 2035 року прогнозується виходячи з того, що частка атомної генерації в загальному обсязі виробництва електроенергії зростатиме.

Таблиця 1. Виробництво електричної енергії електростанціями України

Категорія	Частка, %				
	2013	2014	2015	2016	2017
ТЕС	40.5	37.6	31.3	32.2	29.0
ТЕЦ та інші ТЕС	8.6	7.9	7.8	8.6	7.0
АЕС	43.0	48.6	55.6	52.3	55.1
ГЕС	7.3	5.0	4.3	6.0	6.8
ВЕС, СЕС	0.6	0.9	1.0	0.9	1.1
Інші джерела					1.0

З іншого боку, ефективність роботи АЕС України є доволі невисокою, про що свідчать значення коефіцієнту використання встановленої потужності (КВВП, див. таблицю 2).

Найбільш суттєвим критерієм, що впливає на ефективність роботи АЕС є тривалість проведення планово-попереджувальних ремонтів, які для українських АЕС складають більш ніж 35 днів (у випадку заміни обладнання тривалість ППР може складати більш ніж 3 місяці). Таким чином, скорочення тривалості ППР — найбільш доцільний і прийнятний метод підвищення ефективності АЕС.

Скорочення термінів ППР можливе за рахунок реалізації наступних заходів:

- підвищення надійності обладнання, в тому числі електрообладнання, а також трубопроводів;
- зміни конструкції окремого обладнання реакторної установки з метою скорочення тривалості, обсягу робіт та підвищення зручності обслуговування;

Таблиця 2. Порівняння КВВП для АЕС України та інших країн.

АЕС України, період	Значення КВВП, %	АЕС, період	Значення КВВП, %
ЗАЕС, 2017 р.	65.6	Diablo Canyon, 2017	90.93
РАЕС, 2017	79.7	Дуковани АЕС, 2013	85.25
ХАЕС, 2017	70.16	Ловійса АЕС, 2011	91.1
ЮУАЕС, 2017	68.11	Балаковська АЕС, 2013	91.3

- оптимізації графіка ППР;
- реалізації стратегії ремонту за технічним станом обладнання.

В світі реалізовано чимало концепцій, спрямованих на скорочення ППР. Зокрема, на енергоблоках № 1—4 АЕС Дуковани (Чехія, реактори типу ВВЕР-440/213) допустимий час неготовності (ремонт) дизель-генераторів (ДГ) системи аварійного (надійного) електропостачання збільшено з 3 до 15 діб. Збільшення допустимого часу неготовності ДГ до 15 діб прийнято регулюючим органом Чеської Республіки.

В Болгарії, на блоках № 5,6 АЕС Козлодуй (реактора типу ВВЕР-1000) із використанням ризик-інформованого підходу впроваджені наступні зміни з оптимізації ППР:

- зміна інтервалу між випробуванням обладнання;
- зміна часу ремонту обладнання без зниження потужності;
- розробка нових критеріїв для проведення планового ТОіР (вид технічного обслуговування (ТО), зміна інтервалу між обслуговуванням).

На даний час ризик-інформоване управління конфігурацією набуває широкого застосування на АЕС США. Частина АЕС, зокрема, «Canyon Diablo», вже отримала від регулюючого органу США — Комісії ядерного регулювання (КЯР США) дозвіл на використання та застосує в своїй діяльності зазначений підхід до експлуатації. Також близько двох третин АЕС США подали заявки до КЯР США на використання цього підходу у своїй практичній діяльності.

Впровадження ризик-інформованого управління конфігурацією (РІ-УК) АЕС, відповідно до американської практики, дозволяє:

- підвищити коефіцієнт використання встановленої потужності (досягається шляхом зменшення тривалості ППР, розширенням об'єму технічного обслуговування і ремонтів при роботі енергоблока на потужності, збільшенням дозволеного часу виведення обладнання в ремонт, збільшенням міжремонтних інтервалів і періодичності технічного обслуговування);
- підвищити ефективність експлуатації (досягається шляхом зменшення об'єму робіт з обладнанням — зниження деградації обладнання, зниження дозових навантажень на персонал);
- підвищити економічні показники (збільшення виробництва електроенергії, оптимізація і планування навантаження ремонтного персоналу, зниження витрат).

Загальний вигляд процесу розробки РІ-УК наведено на рисунку 2.



Рисунок 1. Загальна схема процесу розробки РІ-УК

Як видно з рисунка 1 для впровадження РІ-УК при плануванні та обґрунтуванні ТОіР, використовуються результати імовірнісного аналізу безпеки (ІАБ). В рамках цього підходу для зменшення тривалості ППР розроблені програми технічного обслуговування, які в робочому режимі дозволяють оцінювати зміни ризику залежно від конфігурації АЕС. При цьому всі зміни, що пов'язані з переносом ТОіР з ППР в режим роботи РУ на потужність обґрунтовуються з точки зору їх впливу на частоту пошкодження активної зони (ЧПАЗ) та частоту раннього великого викиду (LERF).

Приклад зміни ЧПАЗ протягом практичної реалізації РІ-УК на двох блоках АЕС «Canyon Diablo» наведено нижче (рисунку 2). Як видно з даного рисунка, реалізація РІ-УК не призводить до погіршення безпеки АЕС — фактичні ЧПАЗ не перевищують розраховані середньорічні значення.

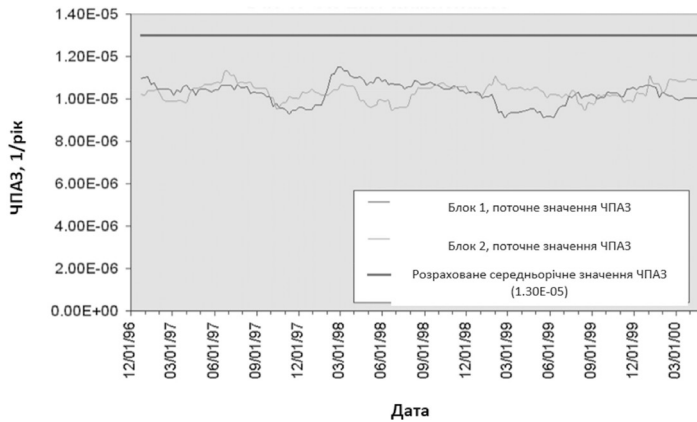


Рисунок 2. Фактична ЧПАЗ на АЕС «Canyon Diablo» з PWR внаслідок ТО в робочому режимі

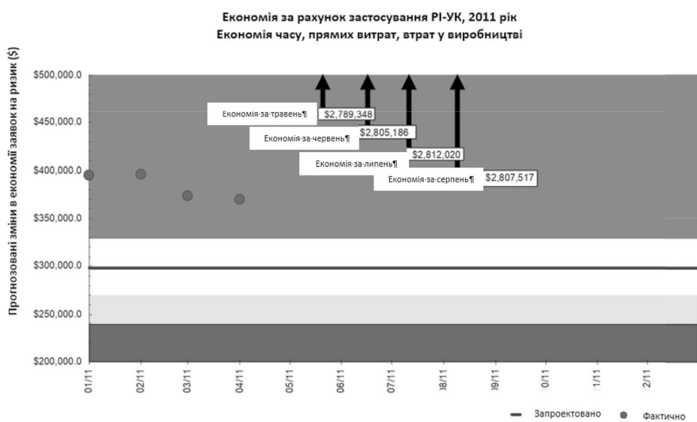


Рисунок 3. Економія завдяки застосуванню ризик-орієнтованих методів

Завдяки використанню ризик-орієнтованих методів на АЕС США було досягнуто позитивних економічних результатів (рисунок 3).

Перспектива впровадження оптимізації ТОiP з використанням ризик-інформованого прийняття рішень на АЕС України

Успішний досвід США в частині оптимізації ТОiP на сьогоднішній день застосовується ДП НАЕК «Енергоатом». В 2017 році за підтримки Міністерства енергетики США із залученням Аргонської національної лабораторії та її підрядної організації — ТОВ «НТ-Інжиніринг», в Україні був розпочатий проект, спрямований на оптимізацію ТОiP систем, важливих для безпеки, на основі ризик-інформованого управління конфігурацією АЕС. Відповідно до рішення експлуатуючої організації ДП НАЕК «Енергоатом» пілотним енергоблоком для реалізації зазначеного проекту було обрано енергоблок № 2 Запорізької АЕС (ЗАЕС) [4].

Впровадження ризик-інформованих ТОiP для енергоблоку № 2 ЗАЕС дозволить [4]:

- підвищити коефіцієнт використання встановленої потужності АЕС за рахунок оптимізації проведення ТОiP із дотриманням обґрунтованого рівня безпеки АЕС;
- скоротити кількість перехідних режимів, що пов'язані з переводом РУ в регламентований стан «холодний зупин» (у разі закінчення допустимого часу ремонту каналу систем безпеки при роботі РУ на потужності) з наступним пуском енергоблоку;
- скоротити час ППР;
- скоротити час простою енергоблоку і, як наслідок, збільшити генерацію електроенергії та теплової потужності;
- сповільнити деградацію обладнання за рахунок зменшення кількості перемикачів обладнання.

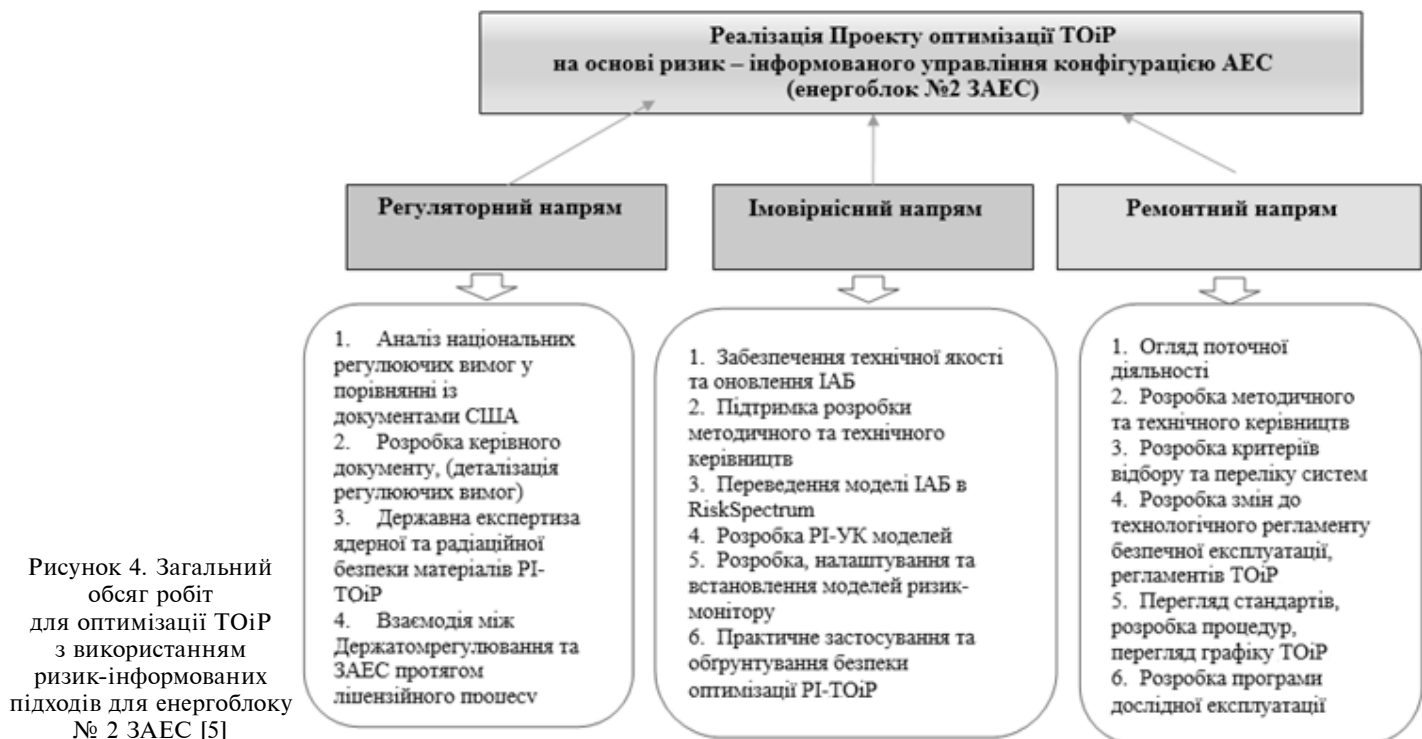


Рисунок 4. Загальний обсяг робіт для оптимізації ТОiP з використанням ризик-інформованих підходів для енергоблоку № 2 ЗАЕС [5]

Аналіз національних регулюючих вимог у порівнянні із документами США щодо застосування ризик-інформованого прийняття рішень для оптимізації ТОіР

Для можливості впровадження ризик-інформованих підходів для оптимізації ТОіР, які апробовані у США, для АЕС України насамперед необхідно забезпечити відповідності процесу оптимізації ТОіР вітчизняній нормативній базі з ядерної та радіаційної безпеки. На даний час в нормативних документах є певні обмеження на реалізацію модифікацій, які призводять до збільшення значень імовірнісних показників безпеки (в тому числі коли зміни є відносно малими), що значним чином стримує використання ризик-інформованих підходів у практичній діяльності (п.1.12 НП 306.2.106–2005 [6]).

З метою виявлення всіх наявних обмежень у нормативних документах України, а також вивчення міжнародної практики (зокрема Комісії ядерного регулювання США), фахівцями ДП ДНТЦ ЯРБ було проведено порівняльний аналіз національних нормативних документів

з регулюючими та технічними документами США, а також із міжнародними документами МАГАТЕ і WENRA, (детальніше див. Технічний Звіт [7]).

Результати порівняльного аналізу положень нормативних та технічних документів США і України, які стосуються використання ризик-інформованих підходів та проведення ТОіР наведено у таблиці 3.

Окрім того, для оцінки можливості застосування досвіду США для АЕС України було виконано порівняльний аналіз критеріїв безпеки, які використовуються при оптимізації ППР на АЕС США. При виконанні цього аналізу приймалось до уваги, що в процедурі (методиці) оптимізації ремонту та ТО, що застосована для АЕС США використовуються критерії, за допомогою яких виконується оцінка (моніторинг) зростання ризику під час виконання ремонтів СБ на потужності:

Імовірність пошкодження активної зони (CDP) — це інтегральне значення ЧПАЗ (CDF) за період часу.

Додаткова частота пошкодження активної зони (Incremental Core Damage Frequency, ICDF) — значення збільшення частоти, у порівнянні з базовим значенням

Таблиця 3. Результати порівняння нормативних документів США та України

Сфера застосування	НД США	НД України	Результати
Застосування ризик-інформованих підходів	60 FR 42622 [11] NUREG-2150 [12]	НП 306.2.141-2008 [8] НП.306.2.162-2010 [10] НП 306.2.217-2017 [9]	Коригувань та доповнень не потребує
Вимоги до граничних умов експлуатації	10 CFR 50.36 [13]	НП 306.2.141-2008 [8] Типовий ТРБЕ	Коригувань та доповнень не потребує
Вимоги до контролю продуктивності або стану конструкцій, систем та елементів (КСЕ) відповідно встановлених ліцензійним цілям у спосіб, достатній для забезпечення розумної впевненості, що такі КСЕ здатні виконувати свої функції.	10 CFR 50.65 [13]	НП 306.2.141-2008 [8] Типовий ТРБЕ, РГ-Д.0.27.412-13 та інші документи Експлуатуючої організації	Коригувань та доповнень не потребує
Вимоги до ризик-інформованої категоризації КСЕ за впливом на безпеку	10 CFR 50.69 [13]	НП 306.2.141-2008 [8]	Потребує доповнення в частині альтернативної класифікації КСЕ
Вимоги до умов видачі змін до ліцензії	10 CFR 50.92 [13]	НП 306.2.106-2005 [6]	Потребує уточнення критеріїв оцінки впливу модифікацій на безпеку
Вимоги до об'єму та рівня деталізації PRA, який використовується в заходах з урахуванням ризику	RG 1.200 [14]	НП.306.2.162-2010 [10] НП 306.2.217-2017 [9]	Національні НД потребують доопрацювання в частині можливості застосування ризику
Вимоги до аналізу ризику, пов'язаного із запропонованими змінами в проекті та експлуатації установок	RG 1.174 [15]	НП 306.2.217-2017 [9]	Коригувань та доповнень не потребує
Вимоги до оцінки характеру та впливу запропонованих змін до ТРБЕ шляхом розгляду технічних питань та застосування оцінки ризику	RG 1.177 [17]	НП.306.2.162-2010 [10] НП 306.2.217-2017 [9]	Необхідно розробити відповідне керівництво
Вимоги до ризик-інформованого прийняття рішень при випробуваннях, ремонтах та ТО при роботі енергоблоку на потужності	RG 1.175 [16]	НП 306.2.217-2017 [9]	НД містять вимоги щодо проведення ТОіР систем та елементів, що працюють з дотриманням меж безпечної експлуатації, які відображено в ТРБЕ. Проте зазначені вимоги потребують доповнення щодо можливості застосування оцінки ризику. Також необхідно розробити відповідне керівництво

Таблиця 4. Порівняння цільових критеріїв безпеки для ІАБ в нормативних документах США та України

НП 306.2.141–2008	REGULATORY GUIDE 1.174 [15]	NUREG/CR-6595	REGULATORY GUIDE 1.200 [14]
ЧПАЗ			При оцінці (категоризації) ризику використовуються:
АС відповідає вимогам безпеки, якщо в результаті прийнятих у проекті технічних і організаційних заходів досягнута базова мета безпеки. Критеріями безпеки для діючих енергоблоків АС є не перевищення оціненого значення частоти важкого пошкодження активної зони 10^{-4} 1/рік. Необхідно прагнути того, щоб оцінене значення частоти такого пошкодження не перевищувало 10^{-5} 1/рік			Частота пошкодження активної зони — сума частот аварій, які призводять до оголення та перегріву активної зони, що в свою чергу призводить до окислення оболонки твел та важкого пошкодження активної зони.
ЧГАВ			
Граничний аварійний викид — аварійний викид радіоактивних речовин у випадку аварії, при якому на кордоні санітарно-захисної зони АС створюються умови, що вимагають евакуації населення.	Визначається як сума частот всіх аварій, які призводять до швидкого неконтрольованого викиду летючих продуктів ділення з контейнменту в навколишнє середовище, протягом часу до виконання заходів з протиаварійного регулювання та захистних заходів за межами майданчика АЕС. Загалом, до таких аварій відносяться радіоактивні викиди з «ранньою» відмовою контейнменту (до або зразу після відмови корпусу реактору), важкі аварії, що пов'язані з байпасуванням контейнменту, або з його неізоляцією.	Припущення щодо визначення «ранніх» та «пізніх» відмов контейнменту. Відмови контейнменту можуть бути наступних категорій: <ul style="list-style-type: none"> • Рання відмова або байпас (потенційно призводять до раннього великого викиду); • Пізня відмова або збереження цілісності (потенційно не призводять до раннього великого викиду); • Пізня відмова з неможливістю евакуації внаслідок сейсмічних впливів або впливу вітру (розглядається як внесок до LERF). • ранні збитки, зумовлені перешкодою для евакуації при сейсмічних подіях та сильних вітрах (для оцінки LERF ця категорія вважається внеском у LERF). 	Частота великого викиду (LRF) — використовується як показник ризику для проектної сертифікації (design certification, DC) реакторних установок LWR. Частота раннього аварійного викиду (LERF) — визначається як сума частот аварій, які призводять до швидкого, некерованого радіоактивного викиду летючих продуктів ділення з контейнменту в навколишнє середовище до впровадження ефективних дій з аварійного реагування та захистних дій, що може призвести до раннього впливу на здоров'я.
Неперевищення значення частоти граничного аварійного викиду радіоактивних речовин у навколишнє природне середовище для діючих АС установлюється на рівні не більше ніж 10^{-5} 1/рік. Необхідно прагнути того, щоб значення такого показника не перевищувало 10^{-6} 1/рік.			

ЧПАЗ (CDF), без врахування ремонтів, після якого можливе пошкодження активної зони (відпрацьованого) палива.

Умовна імовірність пошкодження активної зони (CCDP) — визначається шляхом перемноження частоти пошкодження активної зони (відпрацьованого палива), яка відповідає конфігурації АЕС під час ремонту, на часовий інтервал ремонту.

Додаткова імовірність пошкодження активної зони (ICDP) — інтеграл ICDF за проміжок часу.

Імовірність великого аварійного викиду (LERP) — це інтегральне значення частоти раннього аварійного викиду (LERF) за період часу.

Таким чином, приймаючи до уваги наведене вище, можна зробити висновок, що в основі всіх критеріїв оптимізації ТОіР в методиці, що застосовується в США лежать два цільових (нормативних) критерії:

- частота пошкодження активної зони;
- частота раннього великого аварійного викиду.

В таблиці 3 наведено результати порівняльного аналізу цільових критеріїв безпеки для ІАБ в нормативних документах США та України.

На основі інформації, що наведена у таблиці 4, можна зробити наступні висновки:

1. В основі методології оптимізації ТОіР, яка використовується в США лежать критерії, засновані на частоті

пошкодження активної зони (CDF) та частоті раннього аварійного викиду (LERF);

2. Порівняльний аналіз цільових критеріїв безпеки, що використовуються в Україні та США показав, однаковий підхід в частині використання критерію за частотою пошкодження активної зони, та різні підходи в частині аварійного викиду. Зокрема, в Україні використовується **частота граничного аварійного викиду (ЧГАВ)**, в той час, як в США використовується як **частота великого викиду (LRF)** так і **частота раннього аварійного викиду (LERF)**. Згідно визначення, що наведено у [14] визначенню ЧГАВ більше відповідає визначення LRF. Таким чином, при визначенні критеріїв оптимізації ТОіР для АЕС України необхідно приймати даний факт до уваги;

За результатами аналізу нормативної документації України сформульовано низку змін, які потрібно внести в НД для можливості впровадження ризик-інформованих ТОіР:

- доповнення НП 306.2.141-2008. «Загальні положення безпеки атомних станцій» [8] вимогами щодо альтернативної класифікації КСЕ з використанням оцінки ризиків;
- доповнення [8] визначенням та критеріями за частотою раннього аварійного викиду;
- зміни в [8] щодо альтернативних до проекту вимог до ТОіР;
- уточнення в НП 306.2.106-2005 «Вимоги до проведення модифікацій ядерних установок та порядку оцінки їх безпеки» [6], щодо оцінки впливу модифікацій на безпеку;
- доповнення НП 306.2.217-2017. «Вимоги до ризик-інформованого прийняття рішень з безпеки атомних станцій» [9] вимогами до критеріїв для оптимізації ТОіР в частині можливого виконання на потужності та їх тривалості.

Додатково експлуатуючій організації доцільно внести зміни в стандарти підприємства (СОУ НАЕК 013:2011, СОУ НАЕК 033:2015 та ін.) в частині можливості реалізації проекту оптимізації ТОіР на основі ризик-інформованого управління конфігурацією АЕС, а також внести відповідні зміни в проектну та експлуатаційну документацію.

Висновки

Аналіз шляхів підвищення ефективності роботи АЕС України показав, що одним з можливих напрямків є оптимізація ТОіР з використанням ризик-інформованих підходів. У більшості випадків, коли йде мова про оптимізацію технічних обслуговувань і ремонтів, розглядається концепція ремонту за технічним станом обладнання.

Оптимізація ППР в рамках такого підходу відбувається за рахунок переносу ТОіР для частини обладнання в режим роботи енергоблоку на потужності, що в свою чергу має привести до скорочення тривалості ППР. Така практика є апробованою на АЕС США та показала суттєву економічну ефективність при збереженні належного рівня безпеки.

Результати аналізу можливості застосування ризик-інформованого управління конфігурацією на АЕС України виявив низку застережень/невідповідностей в частині вимог та положень НД України, які мають бути або усунуті, або належним чином обґрунтовані. Однак, загалом

впровадження РІ-УК на АЕС України має перспективи, про що свідчить досвід ЗАЕС, де на енергоблоці № 2 реалізується пілотний проект з оптимізації ТОіР. А за результатами реалізації цього пілотного проекту буде прийняте остаточне рішення щодо подальших перспектив оптимізації ТОіР з використанням ризик-інформованого прийняття рішень на АЕС України.

Список використаної літератури

1. Комаров Ю. А. Розвиток ризик-орієнтованих підходів для впровадження концепції ремонту за технічним станом обладнання атомних електростанцій. Ядерна та радіаційна безпека. 2013. № 3(59).
2. Скалозубов В. І., Комаров Ю. О., Шендрік М. М.. Методичні аспекти ремонту за технічним станом обладнання АЕС України. Ядерна та радіаційна безпека. 2014. № 2(62).
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. за № 605-р.
4. «Програма оптимізації технічного-обслуговування та ремонтів систем, важливих для безпеки, на основі ризик — інформованого управління конфігурацією АЕС (Енергоблок № 2 ВП ЗАЕС)». ВП ЗАЕС. НАЕК «Енергоатом». 2017. 30 с.
5. Звіт за результатами реалізації задачі 2.5. «Технічне керівництво по Проекту оптимізації технічного-обслуговування та ремонтів систем, важливих для безпеки, на основі ризик — інформованого управління конфігурацією АЕС (енергоблок № 2 ЗАЕС)». ТОВ «НТ-Інжиніринг» 2018. 87 с.
6. НП 306.2.106-2005 Вимоги до проведення модифікацій ядерних установок та порядку оцінки їх безпеки. Державна Інспекція Ядерного Регулювання України. 2008. 35 с.
7. Технічний звіт «Аналіз національних регулюючих вимог у порівнянні із документами США з метою визначення обсягу коригувань для оптимізації ТОіР на основі ризик-інформованого управління конфігурацією АЕС». ДНТЦ ЯРБ. 2018. 133 с.
8. НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки атомних станцій. Державна інспекція ядерного регулювання України. 2008. 35 с.
9. НП 306.2.217-2017. Вимоги до ризик-інформованого прийняття рішень з безпеки атомних станцій, затверджені наказом № 443 «Про затвердження Вимог до ризик-інформованого прийняття рішень з безпеки атомних станцій» 01.12.2017. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1535-17#n13>
10. НП 306.2.162-2010. «Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій», затверджені наказом № 123 «Про затвердження Вимог до оцінки безпеки атомних станцій» від 22.09.2010 р., зі змінами, внесеними згідно з Наказом Державної інспекції ядерного регулювання N 15 (z0303-16) від 11.02.2016. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0964-10>
11. «PRA Policy Statement» 60 FR 42622, August 16, 1995.
12. NUREG-2150 "A Proposed Risk Management Regulatory Framework". US NRC. 2012. 318 с.
13. Code of Federal Regulations (CFR), TITLE 10, Part 50.65 «Requirements for monitoring the effectiveness of maintenance at nuclear power plants». ULR:<https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2018-title10-vol1/xml/CFR-2018-title10-vol1-sec50-65.xml>
14. Regulatory Guide 1.200 «An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-Informed Activities». US NRC. 2009. 191 с.
15. Regulatory Guide 1.174 «An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis». US NRC. 2011. 37 с.
16. Regulatory guide 1.175 «An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: inservice testing». US NRC. 2011. 38 с.
17. Regulatory Guide 1.177 «An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: technical specifications». US NRC. 2011. 38 с.

References

1. Komarov, Yu. (2013). Development of Risk-Informed Approaches for Introducing the Reliability-Centred Maintenance Concept at Nuclear Power Plants. *Nuclear and radiation safety*. № 3 (59).
2. Skalozubov, V., Komarov, Yu., Shendrick, M. (2014). Methodological aspects of equipment repair of the technical state for Ukrainian NPPs. *Nuclear and radiation safety*. № 2 (62).
3. CMU, Decree of August 18, (2017). *Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035. «Safety, Energy Efficiency, Competitiveness»*. № 605-р.
4. «Maintenance Optimization Program for Systems Important to Safety Using Plant Configuration Risk Management (Unit № 2 ZNPP)». ZNPP / NNEGС “Energoatom”. p.p. 30 (2017).
5. Task 2.4 Technical Report “Technical Guideline on Maintenance Optimization Program for Systems Important to Safety Using Plant Configuration Risk Management” / NT-Engineering. p.p. 87. (2018).
6. NP 306.2.106–2005. Requirements for Modifications of Nuclear Installations and Procedure for Their Safety Assessment. НП 306.2 / SNRIU. p.p. 35. (2008).
7. Technical report “Comparative Analysis of Ukrainian and US Regulations to Identify the Revisions to Be Introduced to Implement Maintenance Optimization Using Plant Configuration Risk Management”. SSTC NRS. p.p.134. (2018).
8. NP 306.2.141-2008. General Safety Provisions for Nuclear Power Plants. НП 306.2.141-2008. SNRIU. p.p.35 (2008).
9. NP 306.2.217-2017. Requirements for Making Risk-Informed Decisions on Safety of Nuclear Power Plants, approved by order № 443 «Approval of Requirements for Risk-Informed Decision-Making on the Safety of Nuclear Power Plants» 01.12.2017 (Ukr). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1535-17#n13>
10. NP 306.2.162-2010. Requirements for Safety Assessment of Nuclear Power Plants. НП 306.2.162–2010., approved by order № 123 «Approval of Requirements for the Safety Assessment of Nuclear Power Plants» September 22, 2010, as amended in accordance with the Order of SNRIU N15 (z0303-16), 11.02.2016 (Ukr). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0964-10>
11. «PRA Policy Statement» 60 FR 42622, August 16, (1995).
12. NUREG-2150 “A Proposed Risk Management Regulatory Framework”. US NRC. p.p. 318. (2012).
13. Code of Federal Regulations (CFR), TITLE 10, Part 50.65 «Requirements for monitoring the effectiveness of maintenance at nuclear power plants». Retrieved from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2018-title10-vol1/xml/CFR-2018-title10-vol1-sec50-65.xml>
14. Regulatory Guide 1.200 «An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-Informed Activities». US NRC. p.p.191. (2009).
15. Regulatory Guide 1.174 «An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis». US NRC. p.p.37. (2011).
16. Regulatory guide 1.175 «An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: inservice testing». US NRC. p.p.38. (2011).
17. Regulatory Guide 1.177 «An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: technical specifications». US NRC. p.p.38. (2011).

Перспективы оптимизации технических обслуживаний и ремонтов с использованием риск-информированного принятия решений на АЭС Украины

Гуменюк Д. В.¹, Дем'янюк В. В.², Ільїна А. І.¹, Шевченко І. А.¹

¹ Государственное предприятие «Государственный научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», г. Киев, Украина

² ООО «НТ-Инжиниринг», г. Киев, Украина

В большинстве случаев, когда речь идет об оптимизации технических обслуживаний и ремонтов (ТОиР), рассматривается концепция ремонта по техническому состоянию оборудования. В этой статье приводится описание подхода к оптимизации технических обслуживаний и ремонтов на АЭС за счет их переноса с планово-предупредительных ремонтов

в режим работы энергоблока на мощности. Выполняется анализ оптимизации технических обслуживаний и ремонтов на зарубежных АЭС. Описывается опыт США в вопросах снижения продолжительности планово-предупредительных ремонтов. Приводится информация о пилотном проекте по оптимизации технических обслуживаний и ремонтов на энергоблоке № 2 Запорожской АЭС. По результатам сравнительного анализа определяются возможные ограничения, обусловленные несоответствием нормативной базы по ядерной и радиационной безопасности Украины нормативным и методическим документам США, которые применялись при оптимизации технических обслуживаний и ремонтов на АЭС США.

Ключевые слова: оптимизация, технические обслуживания и ремонты, планово-предупредительный ремонт, риск-информированное принятие решений, вероятностный анализ безопасности, работа на мощности, АЭС.

Perspectives of Optimization of Technical Services and Maintenances Using Risk-Informed Decision-Making at NPPs in Ukraine

Gumenyuk D.¹, Demianiuk V.², Iilina A.¹, Shevchenko I.¹

¹ State Enterprise “State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety”, Kyiv, Ukraine

² “NT-Engineering” Ltd, Kiev, Ukraine

In most cases, when it goes about maintenance and repair optimization, the repair concept based on technical state of equipment is considered. This article describes the approach to maintenance and repair optimization at nuclear power plants by their transfer from the outage period to unit operation at power. The analysis of maintenance and repair optimization at foreign NPPs is carried out. The U.S. experience in reducing the outage duration is described. The article presents information on the pilot maintenance and repair optimization project at Zaporizhzhya NPP unit 2. The US Department of Energy through Argonne National Laboratory provides support in the implementation of the project in Ukraine focused on maintenance optimization of safety important systems based on risk-informed configuration management. The scope of this Project involves technical engineering analyses, plant personnel training, a study of improved economic performance indicators, and development of new strategies for NPP configuration, maintenance and operation. In order to optimize plant operation, it is necessary to analyze plant commitments and requirements using effective, unbiased engineering assessments. Plant specific Probabilistic Risk Assessment combined with other engineering analyses techniques will be used for these assessments.

This article also describes the results of the analysis of the preparedness of the Ukrainian regulatory framework for the implementation of the Project on maintenance optimization. The analysis focused on the U.S. and Ukrainian regulations and documents of the IAEA and WENRA international organizations related to maintenance optimization using risk-informed management of plant configuration. Based on the comparative analysis results, the authors identified possible limitations stipulated by non-compliance of the Ukrainian nuclear and radiation safety regulatory framework with the U.S. regulatory and methodological documents used for maintenance and repair optimization at the U.S. NPPs. In particular, the overview of USA regulations leads to the conclusion that they contain exhaustive requirements for the application of maintenance using risk-informed plant configuration management at all stages of its implementation, starting with the requirements for the alternative approach to maintenance and ending with the requirements for maintenance performance monitoring. Ukrainian regulations in turn contain only general provisions and areas for potential application of risk-informed approaches in operation and inspection. It should also be noted that the U.S. maintenance optimization methodology uses criteria based on the core damage frequency and large early release frequency. However, besides core damage frequency Ukraine uses the emergency release frequency criterion that does not correspond to the definition for large early release frequency used in the U.S.

Keywords: optimization, maintenance and repair, outage, risk-informed decision-making, probabilistic safety analysis, operation at power, NPP

Отримано 15.02.2019