

Наведена коротка характеристика експлуатаційних і режимних умов роботи тепломеханічного обладнання реакторної установки, а також алгоритм виконання комплексу робіт з продовження терміну його експлуатації. Досліджено стан української нормативної бази, необхідної для продовження ресурсу та управління старінням обладнання. Ступінь вивченості вказує на актуальність розробки єдиних класифікаційних ознак нормативного забезпечення продовження ресурсу обладнання

Ключові слова: технічний стан, тепломеханічне обладнання, залишковий ресурс, безпечна експлуатація, нормативне забезпечення

Приведена краткая характеристика эксплуатационных и режимных условий работы тепломеханического оборудования реакторной установки, а также алгоритм выполнения комплекса работ по продлению срока его эксплуатации. Исследовано состояние украинской нормативной базы, необходимой для продления ресурса и управления старением данного оборудования. Степень изученности указывает на актуальность разработки единых классификационных признаков нормативного обеспечения продления ресурса оборудования

Ключевые слова: техническое состояние, тепломеханическое оборудование, остаточный ресурс, безопасная эксплуатация, нормативное обеспечение

КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ПРОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ ТЕПЛОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АТОМНИХ СТАНЦІЙ

М. Є. Пахалович
Директор**

E-mail: expert-center@meta.ua

С. О. Кучер

Начальник відділу*

E-mail: kucher0972@ukr.net

Ю. П. Левуцький

Начальник відділу

Відділ міцності трубопроводів і арматури ЯУ**

E-mail: levutzky@yandex.ua

С. П. Малишко

Головний спеціаліст відділу*

E-mail: malyshko.serg@gmail.com

М. П. Гиря

Кандидат технічних наук

Начальник відділу електрообладнання АЕС

МДП «Інститут проблем управління НАН України»

пл. Фейєрбаха, 10, м. Харків, Україна, 61050

E-mail: m_girya@ukr.net

*Відділ міцності судів і насосів ЯУ**

**ТОВ «Експертно-технічний центр «ЕНЕРГОРЕСУРС»

пр. Лабораторний, 1, м. Київ, Україна, 01133

1. Вступ

Атомна енергетика – одна з найважливіших галузей економіки України. До експлуатації обладнання на атомних електростанціях (АЕС) передбачаються підвищені вимоги безпеки, тому що специфікою одержання електроенергії на АЕС є використання ядерного палива. Призначений проектом термін експлуатації енергоблоків АЕС складає 30 років, для більшості технологічного обладнання – 20–30 років. Для деяких енергоблоків АЕС України цей термін вже закінчився або закінчується найближчим часом. У зв'язку з цим постали питання про зняття з експлуатації енергоблоків, але на сьогоднішній день в Україні вони є економічно не доцільними. Для продовження термінів експлуатації обладнання необхідно наукове обґрунтування та відповідне нормативне забезпечення з обов'язковим дотриманням вимог ядерної та радіаційної безпеки.

Безпечна експлуатація АЕС в значній мірі залежить від надійної роботи тепломеханічного обладнання першого контуру, відмова якого може привести до аварійної ситуації або техногенної катастрофи.

До тепломеханічного обладнання (ТМО) першого контуру енергоблоку АЕС відносяться: головний циркуляційний трубопровід (ГЦТ), для енергоблоків «малої» серії – головна запірна засувка (ГЗЗ), трубопровід зв'язку компенсатору об'єму (КО) з «гарячою» ниткою петлі головного циркуляційного контуру (ГЦК), головні циркуляційні насоси (ГЦН), компенсатор об'єму (КО), парогенератори ПГ. ГЦТ з'єднує між собою ТМО реакторної установки, утворюючи циркуляційний контур і призначений для здійснення циркуляції теплоносія реактора в парогенератори. Дане обладнання є об'єктами підвищеної небезпеки, тому всі роботи, пов'язані з його експлуатацією, оцінкою технічного стану, продовженням терміну експлуатації або ж

зняттям з експлуатації виконуються у відповідності з нормативними документами (НД) Міністерства енергетики та вугільної промисловості і Національної енергогенеруючої компанії «Енергоатом» України (НАЕК «Енергоатом»).

Основною метою НД даних робіт є підвищені вимоги, зумовлені забезпеченням безпечної і надійної роботи АЕС, а також створення умов, які сприяють виконанню цих вимог: підвищення якості та надійності, безпека і економічність проведення робіт з оцінки технічного стану обладнання.

Оцінка технічного стану та обґрунтування можливості продовження терміну експлуатації ТМО необхідні для підтримки безпечного рівня технічної та ядерної безпеки та розроблення заходів, що забезпечують продовження терміну безпечної експлуатації та недопущення аварій обладнання першого контуру енергоблоків АЕС відповідно до вимог НД [1]. Технічний стан та залишковий ресурс ТМО, як характеристики його якості, що визначають здатність устаткування виконувати необхідні функції із заданою надійністю, необхідно періодично аналізувати. Це потребує розробки нових методів оцінки стану за рахунок удосконалення національної нормативної бази з урахуванням особливостей продовження ресурсу ТМО.

2. Аналіз літературних даних та постановка задачі

Задача оцінки технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу обладнання АЕС являється надзвичайно актуальною по забезпеченню високої надійності, безпеки та економічної ефективності діючих АЕС. Економічні втрати від неправильно прийнятих рішень про припинення експлуатації конкретного енергоблоку АЕС або про необґрунтованість продовження призначеного ресурсу його обладнання великі. Тому для висновків про значення залишкового ресурсу обладнання і можливості продовження термінів його експлуатації потрібні розробки нових методів аналізу і розрахунків, що дозволяють в реальних умовах роботи обладнання отримати достовірні результати та які засновані на досконалому нормативному забезпеченні. На АЕС США існує декілька різних напрямків з продовження експлуатації обладнання, що відпрацювало свій ресурс та є значна кількість «білих» плям в інструкціях і правилах і спостерігається великий різномісний у застосуваннях інструкцій на різних станціях [2], але всі правила забезпечують гарантовану безпеку та оперативну готовність обладнання, ресурс якого продовжено [3].

Нормативний підхід до продовження терміну служби обладнання АЕС з виконанням вимог безпеки в різних країнах виявляється різним. Так Єврокомісія чітко сформулювала єдиний підхід щодо питання забезпечення ядерної безпеки, вироблений спільно державами Європейського Союзу (ЄС), який може гарантувати дотримання суворих стандартів в галузі ядерної безпеки. Проаналізувавши уроки ядерної аварії на АЕС Фукусіма (Японія) і прийнявши за основу вимоги безпеки Асоціації західноєвропейських організацій в галузі ядерного регулювання та МАГАТЕ, ЄС розробив нову Директиву №2014/87, яка зобов'язує держави-члени ЄС створити національну норма-

тивну базу для ядерної безпеки ядерних установок, так звану національну основу, яка передбачає національні вимоги до ядерної безпеки, які охоплюють всі етапи життєвого циклу ядерних установок та систему ліцензування та заборони експлуатації ядерних установок без ліцензії. Володар ліцензії під контролем компетентного регулюючого органу держави-члена ЄС оцінює систематично і регулярно, раз в 10 років, безпеку ядерної установки. Така оцінка безпеки спрямована на визначення подальших заходів з підвищення безпеки, беручи до уваги питання старіння, досвід роботи, останні результати досліджень і розробок у міжнародних стандартах, які використовуються в якості еталону. [4]. Також досліджено, що для тепло-механічного обладнання енергоблоків АЕС Росії в якості НД для виконання комплексного обстеження обладнання [5] або діагностування технічного стану, наприклад, безразковими методами за характеристиками твердості застосовуються різні методики, інструкції та правила визначення технічного стану та залишкового ресурсу, такі як [6]. В Україні затверджена та діє «Комплексна (зведена) програма підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних станцій», існує концепція до вирішення проблеми продовження ресурсу обладнання, галузеві стандарти передбачають експлуатацію понад проектний термін служби окремих видів обладнання АЕС. Однак нормативне забезпечення не є досконалим. Про вдосконалення стандартів, що стосуються експлуатаційної безпеки трубопровідних систем та тепломеханічного обладнання, йдеться у [7], про недоліки нормативне забезпечення для оцінки технічного стану та продовження ресурсу електротехнічного обладнання йдеться у [8]. Рекомендації щодо удосконалення національної нормативної бази в частині продовження терміну експлуатації і управління старінням енергоблоків АЕС широко висвітлені у [9].

Існуючі стандарти з безпечної експлуатації АЕС, серед яких НП 306.2.141-2008, НП 306.2.02/1.004, НП 306.2.099-2004, ПНАЭ Г-7-008-89 та ін., містять основні критерії і вимоги до безпеки устаткування АЕС у призначений термін експлуатації, але не регламентують проведення комплексного аналізу якості обладнання, оскільки не враховують зміни технічних характеристик та параметрів у процесі його експлуатації, різну ступінь його зносу через вплив експлуатаційних та режимних умов. Також існує нормативне забезпечення не визначає перелік технологічних параметрів обладнання, на які головним чином впливає інтенсивність старіння, не відображують науково-технічних методик по проведенню аналізу стану обладнання для оцінки якості та ресурсу, в тому числі ТМО, не дозволяє технологіям бути ефективними. Крім того, існуючі НД з ядерної та радіаційної безпеки передбачають розробку нормативно-правових документів та актів, що містять детальні технічні вимоги та критерії, та не завжди враховують рекомендації МАГАТЕ, а також рекомендації міжнародного проекту TACIS.

Таким чином, для вирішення питань з продовження ресурсу ТМО існує реальна необхідність проведення систематизації та формулювання єдиних класифікаційних ознак існуючого нормативного забезпечення, а також формування комплексу НД, до якого увійдуть

документи різного рівня: міжнародні, державні, міжгалузеві, галузеві, стандарти, спрямовані на забезпечення ядерної та радіаційної безпеки при експлуатації АЕС.

3. Мета та задачі дослідження

Основою для проведення аналізу і класифікації існуючого нормативного забезпечення є накопичений авторами досвід виконання робіт, спрямованих на продовження строку експлуатації і управління старінням ТМО.

Проведені дослідження ставили за мету створення єдиних класифікаційних ознак НД для подальшого наукового обґрунтування методів оцінки технічного стану ТМО та залишкового ресурсу, враховуючи процеси його деградації.

Для досягнення поставленої мети треба:

- проаналізувати особливості експлуатації і режими роботи ТМО першого контуру енергоблоку АЕС та провести аналіз існуючих стандартів з оцінки його безпечної експлуатації та продовження ресурсу;
- запропонувати класифікацію нормативного забезпечення для проведення досліджень обладнання за функціональним призначенням, що дозволить зробити раціональний вибір НД та розробку єдиних ознак для продовження ресурсу ТМО.

4. Дослідження та аналіз нормативного забезпечення з продовження ресурсу тепломеханічного обладнання

4. 1. Коротка характеристика призначення та режимних умов роботи ТМО першого контуру енергоблоку АЕС

Практично все тепломеханічне обладнання на АЕС знаходиться в постійній експлуатації і його технічний рівень підтримується експлуатаційними службами шляхом постійного контролю, регулярного проведення поточного обслуговування і ремонту, забезпечуючи виконання необхідних функцій.

ГЦН, ГЦТ, ПГ, ГЗЗ і трубопровід зв'язку КО з «гарячої» ниткою петлі циркуляційного контуру відносяться до обладнання головного циркуляційного контуру (ГЦК) реакторної установки, яка з'єднується між собою за допомогою ГЦТ і утворює чотири петлі або шість петель (для різного типу реакторної установки) з розташованим в центрі реактором. При цьому система ГЦК несе захисну функцію, як система, що забезпечує циркуляцію теплоносія на вибігу при різних аваріях із знеструмуванням, що дозволяє здійснювати плавний вихід на режим природної циркуляції, а ПГ

забезпечує охолодження теплоносія першого контуру до необхідного рівня температур у всіх проектних режимах, зазначених в [1]. За критеріями безпеки ТМО відноситься до системи нормальної експлуатації, важливої для безпеки і до класу 2Н (ГЦН – 2ЗН) відносно [1], групі В згідно з [10] та I категорії сейсмостійкості відповідно [11]. Рис. 1 ілюструє приклад розташування ТМО першого контуру енергоблоку АЕС.

Згідно з НД, при проведенні поточного обслуговування і ремонту ТМО проводяться заміри великої кількості технічних параметрів, на основі яких виконуються відповідні ремонти, відновлення та заміна обладнання. Контроль технічного стану, як загальної характеристики елемента, яка визначається поточними значеннями сукупності параметрів, встановлених технічною документацією на обладнання [12], передбачає перевірку відповідності значень параметрів обладнання вимогам нормативного забезпечення.

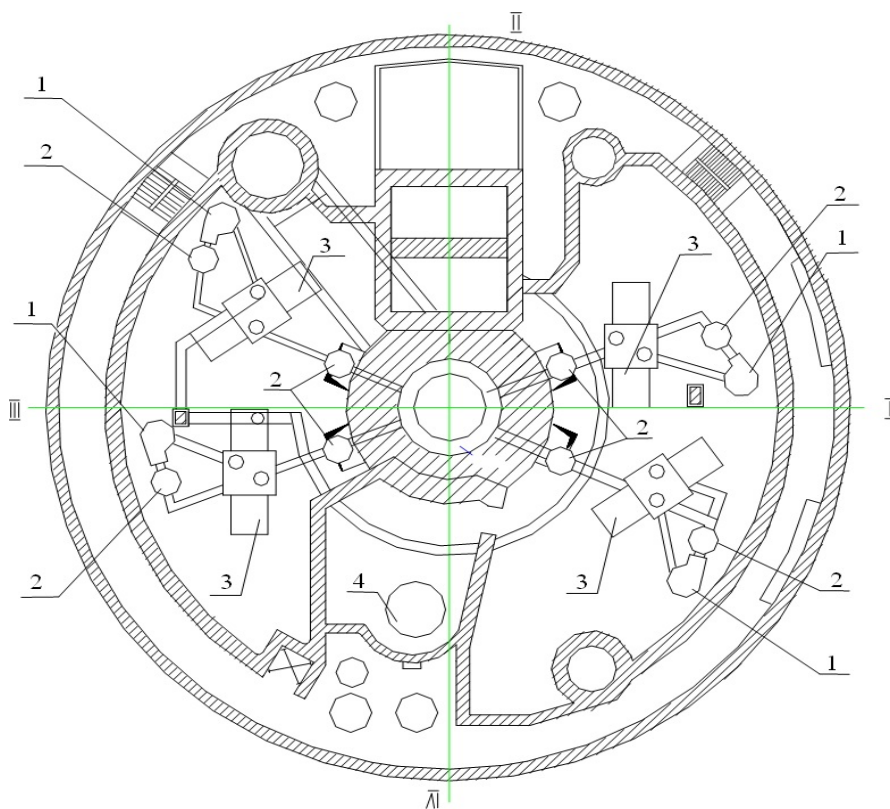


Рис. 1. Схема розташування ТМО першого контуру енергоблоку АЕС (приклад):
1 – ГЦН-195М; 2 – ГЗЗ; 3 – ПГВ-1000; 4 – компенсатор тиску

При закінченні проектного терміну експлуатації, зазначеного в паспорті на обладнання, відповідно до п. 2.1.11 [10], термін експлуатації ТМО першого контуру енергоблоку АЕС може бути продовжений на період, що перевищує проектний, на підставі технічного рішення, до якого необхідно додати розрахунки на міцність, які підтверджують можливість продовження терміну служби, та акти обстеження стану металу. Крім того, повинні бути представлені акти, що підтверджують можливість виконання обладнанням своїх функцій протягом продовжуваного строку служби із забезпеченням усіх вимог з ядерної, радіаційної, технічної безпеки.

4. 2. Аналіз існуючих національних стандартів з безпечної експлуатації та продовження ресурсу обладнання

Діючі на даний час нормативні документи з безпечної експлуатації обладнання були введені минулого сторіччя. До них відносяться: «Типовий зміст технічного обґрунтування безпеки атомних станцій (ТС ТОБ АС-85)» ПНАЭ Г-1-001-85; «Норми проектування сейсмостійких атомних станцій» ПНАЭ Г-5-006-87; «Норми розрахунку на міцність обладнання і трубопроводів атомних енергетичних установок» ПНАЭ Г-7-002-86; «Обладнання та трубопроводи атомних енергетичних установок. Зварювання та наплавлення. Основні положення». ПНАЭ Г-7-009-89; «Обладнання та трубопроводи атомних енергетичних установок. Зварні з'єднання і наплавлення. Правила контролю». ПНАЭ Г-7-010-89; «Загальні положення забезпечення безпеки при знятті з експлуатації атомних станцій та дослідницьких ядерних реакторів» НП 306.2.02/1.004-98 та ін. В даних документах регламентовано загальні вимоги до обладнання на етапах проектування, монтажу, наладки, до умов його експлуатації, організаційні вимоги, спрямовані на забезпечення ядерної безпеки при експлуатації обладнання. Основні принципи, критерії і вимоги забезпечення безпеки даних стандартів широко висвітлені в [7, 8, 13, 14]. Крім того, в галузі стандартизації технологічних процесів в енергетиці України є стандарти на процеси, на підставі яких здійснюється технічне обслуговування, ремонти, випробування ТМО. Серед них: уніфіковані методики контролю основних матеріалів (напівфабрикатів), зварних з'єднань і наплавлення обладнання і трубопроводів АЕУ – ПНАЭ Г-7-015-89, ПНАЭ Г-7-016-89, ПНАЭ Г-7-031-91, «Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять». ДСТУ 2825-94, державні стандарти з надійності – «Надійність техніки. Експериментальне оцінювання. Контроль надійності. Основні положення». ДСТУ 2864-94, «Надійність в техніці. Моделі відмов. Основні положення». ДСТУ 3433-96 та ін.

Для виконання робіт, пов'язаних з продовженням ресурсу ТМО необхідні стандарти нового типу, що враховують комплекс робіт та відповідають наступним ознакам: визначення функціональної придатності обладнання, тобто можливість виконувати покладені на нього функції з необхідною якістю (наприклад, для ПГ забезпечувати задані параметри на виході); оцінка статистичних показників відмов і пошкоджень, а також безвідмовна робота між планово-попереджувальними ремонтами, в іншому випадку, експлуатація обладнання може бути економічно недоцільна; розробка програм технічного діагностування обладнання; оцінка технічного стану за результатами експертного обстеження; відновлювальні роботи і визначення регламенту контролю і профілактики; визначення залишкового ресурсу ТМО. У відповідність з діючими нормативними матеріалами НАЕК Енергоатом

[15–17] процедура продовження терміну експлуатації обладнання проводиться на основі типових та робочих програм, в яких визначаються послідовність і методи визначення технічного стану та показників надійності. Типові та Робочі Програми проведення обстеження та оцінки технічного стану [18–23] розробляються для конкретного типу обладнання та включають в себе проведення діагностичних і контрольних випробувань параметрів, які визначають старіння обладнання, містять критерії оцінки стану обстежуваного обладнання, дають рекомендації про можливість подальшої експлуатації обладнання, що відпрацювало свій ресурс з урахуванням аспектів економічної вигідності, таких як його важливість, окупність витрат на модернізацію або заміну, наявність запасних частин та ін.

В процесі експлуатації ТМО проявляються особливості конструкцій і режимів роботи обладнання. Серед механізмів старіння на перше місце виходять циклічна втома, механічний знос та термічне окрихкіння. Тому при розробці робочих програм необхідно сконцентрувати обсяг контролю і обстеження в місцях втоми металу, напружень та типових пошкоджень. Як правило, це місця, які знаходяться в зоні зварних з'єднань (наплавлення), в місцях концентрації напружень корпусів та деталях ТМО (рис. 2).

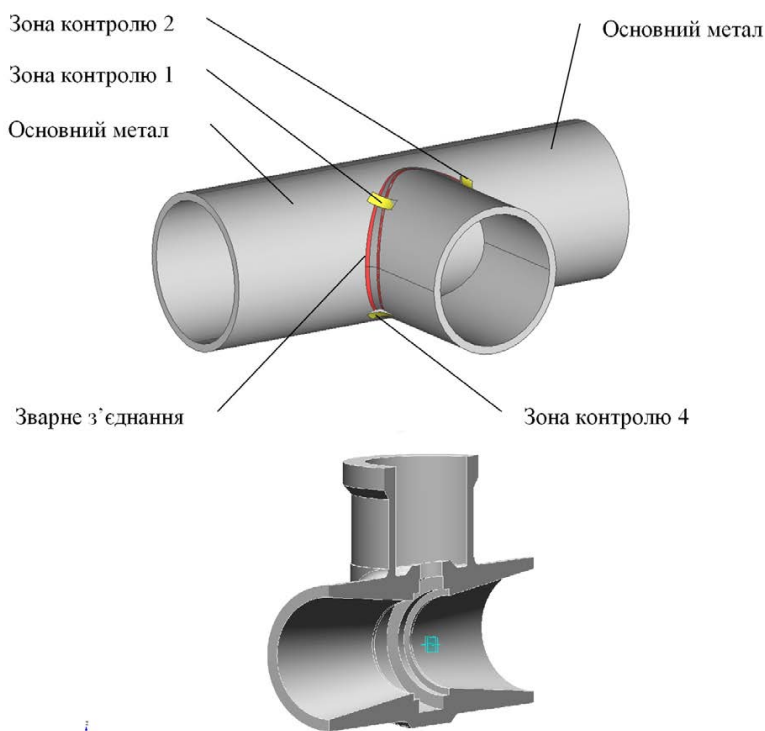


Рис. 2. Місця зварних з'єднань та концентрації напружень ТМО (приклад)

Проведене обстеження обладнання передбачає розробку заходів [24], що забезпечують підтримку необхідного рівня технічної та ядерної безпеки як в процесі всього терміну експлуатації, а також спрямовані на продовження строку безпечної експлуатації та недопущення аварій ТМО першого контуру енергоблоку АЕС відповідно до вимог [15].

Розрахункова оцінка залишкового ресурсу ТМО є однією з основних у комплексі завдань щодо обґрун-

тування продовження терміну служби. Складність розрахунків залишкового ресурсу ТМО енергоблоків, що перебувають в експлуатації в даний час, пов'язана перш за все з відсутністю повірочних розрахунків, що виконувались на стадії проектування обладнання у відповідності з розробленими в той час стандартами. Тому в даний час при визначенні залишкового ресурсу доводиться виконувати великий обсяг розрахунків на підставі експериментальних даних, результатів оцінки технічного стану, оцінки міцності трубопроводів з використанням відповідних програмних комплексів, дозволених ДП НАЕК «Енергоатом», наприклад, «Circle-3D» [25], враховуючи для ТМО зміни механічних властивостей металу, стоншення стінок внаслідок корозії, наявність вм'ятин та ін. Крім того, для ТМО необхідно постійно проводити аналіз старіння як специфічний для станції аналіз безпеки, який враховує старіння у часі, обмежує призначений і перепризначений терміни служби і поширюється на системи, конструкції та елементи, що підлягають управлінню старінням і довгострокової експлуатації [26, 27] з ціллю визначення і встановлення превентивних заходів мінімізації та контролю деградації внаслідок старіння.

Одночасно зазначимо, що аналіз та оцінка існуючого нормативного забезпечення з продовження ресурсу обладнання АЕС на предмет його повноти і достатності, а також ступеня врахування рекомендацій МАГАТЕ, існуючого міжнародного досвіду і практики Державного інспекцією ядерного регулювання України виконується на постійній основі, а результати аналізу враховуються при перегляді або розробці нових нормативних документів [9, 28]. Але єдиних класифікаційних ознак нормативного забезпечення продовження ресурсу обладнання на сьогоднішній день поки що не існує.

5. Систематизація та класифікація нормативного забезпечення

Одним з основних принципів нормативно-правового регулювання в Україні є системно-ієрархічний підхід при розробці і перегляді нормативних документів для АЕС. На практиці цей принцип реалізується за будовою ієрархічної піраміди нормативних документів з ядерної та радіаційної безпеки (ЯРБ), яка включає в себе документи кількох рівнів [9].

Однак для продовження ресурсу ТМО цей принцип не є однозначним, тому що не регламентує проведення комплексного аналізу якості обладнання, оскільки не враховує зміни технічних характеристик та параметрів у процесі його експлуатації під впливом старіння (деградації), а також не містить комплексу фундаментальних та прикладних наукових досліджень, які доповнять існуючі стандарти з безпечної експлуатації АЕС з обов'язковим дотриманням вимог та рекомендацій МАГАТЕ.

Насамперед для ТМО першого контуру енергоблоку АЕС це стосується механічних характеристик твердості металу за результатами, які визначаються за емпіричними формулами, наведеними у документі РФ [6], де для перерахунку механічних характеристик, додано розділ оцінки похибки, але який не входить в перелік дозволених для використання в Україні експлуатуючою організацією документів, про що йдеться також у

статті [9]. Таким чином, сьогодні в Україні відсутній національний документ, розроблений з урахуванням розвитку прикладних наукових методик та регламентуючий питання визначення механічних характеристик металу за результатами вимірювання твердості.

При виборі критеріїв оцінки працездатності ТМО і методів прогнозування його залишкового ресурсу необхідно враховувати критерії граничних станів визначальних параметрів, що характеризують механізм старіння. Такі визначальні параметри навантаження, як швидкості зміни і абсолютні значення температури і тиску, вібраційні та сейсмічні навантаження, числа циклів відповідних режимів, послідовність режимів, значення переміщень, параметри середовища є основними критеріями оцінки технічного стану при перепризначенні ресурсу ТМО [29]. А циклічні навантаження, викликані нестаціонарними режимами і вібрацією, є в більшості випадків при несуттєвому впливі ерозійно-корозійного зносу і радіаційного впливу основними механізмами деградації металу тепломеханічного обладнання та трубопроводів АЕС [24].

Не менш важливим питанням при проведенні робіт з продовження ресурсу ТМО є збір даних про стаціонарні, перехідні і аварійні режими експлуатації, циклічні навантаження ТМО першого контуру енергоблоку АЕС, тому що експлуатація будь-якого обладнання АЕС передбачає вплив на нього великої кількості різних факторів, які викликають погіршення у часі його стану, та викликають відмови, а надійність АЕС характеризує її здатність виробляти електричну енергію певних параметрів і в заданих режимах експлуатації [30]. Аналіз експлуатаційної надійності на етапі обстеження обладнання з метою продовження його терміну експлуатації необхідний для отримання кількісної оцінки поточного рівня надійності обладнання на момент обстеження, порівняння отриманих значень показників надійності з заданих у НД, прогнозування надійності та вибору раціональних шляхів забезпечення та підвищення надійності обладнання.

Таким чином, проведений аналіз джерел в галузі стандартизації технологічних процесів в енергетиці України і за кордоном, включаючи галузеві стандарти, показав, що крім розробки нових та удосконалення існуючих стандартів з вирішення питань продовження строків експлуатації ТМО, наведені НД, що застосовуються в атомній енергетиці потребують проведення систематизації. Структура НД, запропонована для проведення робіт з оцінки технічного стану та продовження ресурсу ТМО показана на рис. 3.

Структура включає три групи стандартів, які входять до нормативного забезпечення з продовження ресурсу ТМО. До першої групи входять нормативні документи, дія яких розповсюджується на АЕС та ядерні установки і які спрямовані на забезпечення ядерної та радіаційної безпеки АЕС в цілому. Друга група найбільш вагома, вона об'єднує державні стандарти, норми і правила технологічних процесів, уніфіковані методики контролю, включаючи галузеві стандарти, типові програми, згідно з якими виконується технічне обслуговування, випробування, оцінка технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу ТМО. Третя група НД містить стандарти, що визначають вимоги для аналізу експлуатаційної надійності обладнання.

Така структура дає можливість:

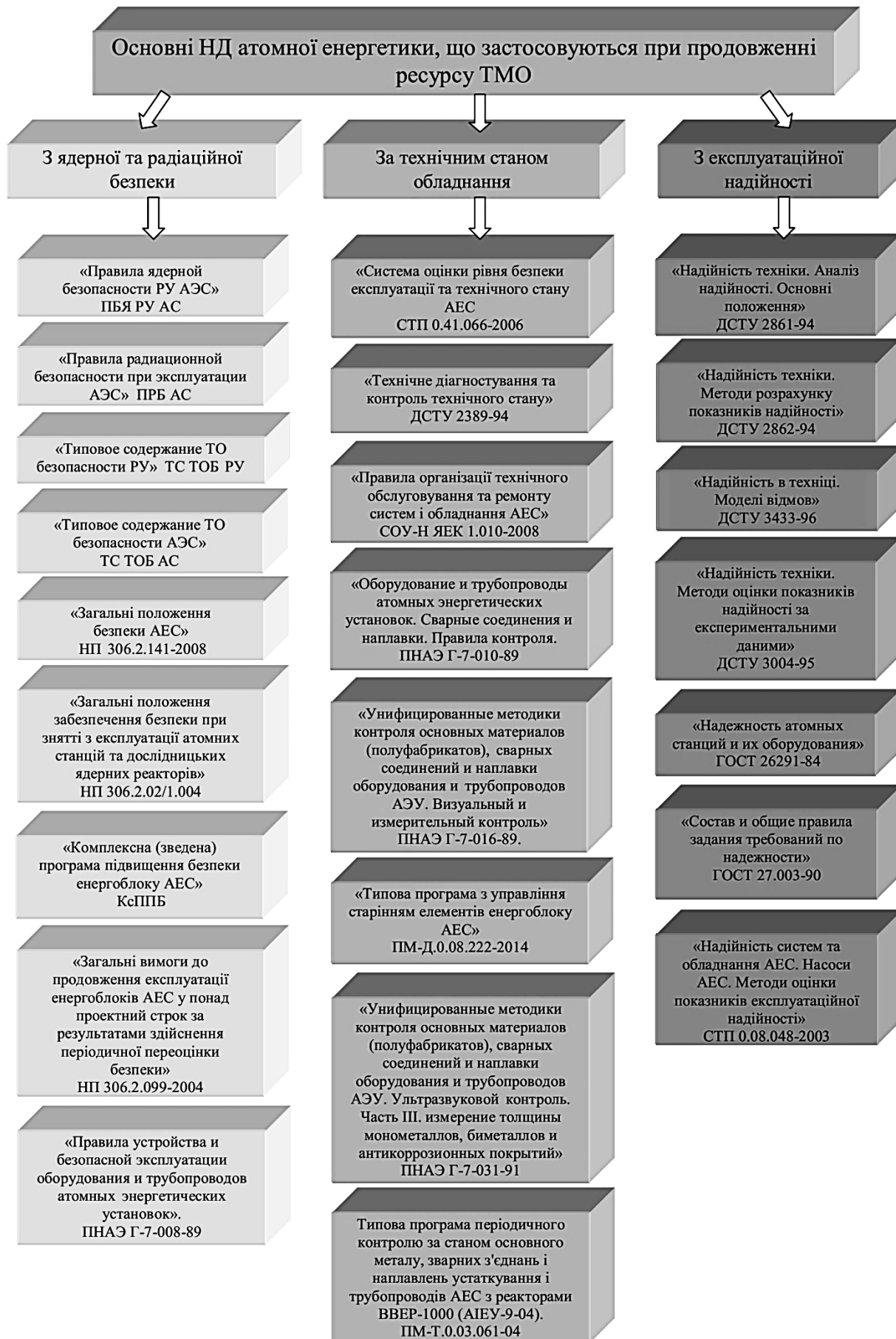


Рис. 3. Структура НД для продовження ресурсу ТМО

- розробити єдині норми за вибором фізичних параметрів, що характеризують технічний стан обладнання з урахуванням його деградації;
- удосконалити методичне забезпечення достовірної оцінки технічного стану обладнання;
- систематизувати результати проведених обстежень та розрахунків для визначення прогнозного значення залишкового ресурсу.

6. Обговорення результатів розробки структури та формування єдиних класифікаційних ознак нормативного забезпечення з продовження ресурсу обладнання

Перевага запропонованої структури НД при розгляданні питань оцінки технічного стану та продовження ресурсу обладнання полягає насамперед у чіткості та однозначності обраних напрямків виконання даних робіт. Стандарти, які наведені у структурі, не дозволяють повною мірою оцінити реальний технічний стан обладнання і його залишковий ресурс, але за допомогою поділу стандартів на групи стає можливим формування єдиних класифікаційних ознак, яким має відповідати нормативне забезпечення щодо оцінки технічного стану та продовження ресурсу ТМО.

Наведений вище аналіз існуючих НД з оцінки технічного стану та продовження ресурсу ТМО показує, що традиційні методи оцінки стану тепломеханічного обладнання, що експлуатуються на АЕС, передбачають, насамперед, виконання робіт з підтримки його справності і працездатності, але крім цього повинні відповідати таким ознакам:

- визначенню функціональної придатності обладнання;
- оцінці показників відмов і пошкоджень;
- розробки програм технічного діагностування та постійного інформаційного контролю стану обладнання;
- оцінці технічного стану як за результатами експертного обстеження, так і за допомогою науково-технічних методик по проведенню аналізу стану обладнання з розширенням кількості параметрів, що визначають старіння;
- проведення відновлювальних робіт та визначення регламенту контролю і профілактики;

- визначення залишкового ресурсу використовуючи комплексний підхід для визначення чисельного значення прогнозного залишкового ресурсу обладнання на основі оцінки поточного технічного стану з урахуванням процесів його деградації.

Таким чином, сформульовані класифікаційні ознаки нормативного забезпечення дають можливість при обґрунтуванні подальшої експлуатації конкретного обладнання енергоблоку визначити аналіз впливу старіння на довговічність обладнання за допомогою оцінки технічного стану та залишкового ресурсу.

7. Висновки

Наведена коротка характеристика експлуатаційних і режимних умов роботи тепломеханічного обладнання реакторної установки, а також алгоритм виконання комплексу робіт з продовження терміну його експлуатації дозволили виявити необхідність проведення аналізу НД, призначених для продовження ресурсу ТМО першого контуру АЕС. В результаті проведеного аналізу та досліджень сучасних НД з продовження ресурсу ТМО першого контуру енергоблоків АЕС була розроблена структура НД та сформовані єдині класифікаційні ознаки нормативного забезпечення для подальшого вирішення проблеми оцінки технічного стану ТМО АЕС з метою безпечної експлуатації та продовження термінів його ресурсу.

Класифікаційні ознаки нормативного забезпечення дозволяють провести удосконалення НД для того, щоб:

- виявити або розширити технічні параметри, що визначають процеси деградації обладнання з метою обґрунтування методу оцінки його поточного технічного стану;
- виявити взаємозв'язок між оцінкою технічного стану обладнання та його залишковим ресурсом;
- запропонувати метод прогнозування чисельного значення залишкового ресурсу обладнання з урахуванням експлуатаційних факторів;
- створити інженерні програми і провести дослідно-виробничі дослідження тепломеханічного обладнання на конкретних АЕС з урахуванням удосконаленого нормативного забезпечення.

Література

1. НП 306.2.141–2008. Загальні положення безпеки атомних станцій [Текст]. – Введ. 08.04.01. – К.: ГКЯР України, 2008. – 62 с.
2. Волков, Г. В. Общие вопросы атомной энергетики США. Реструктуризация рынка электроэнергии и ее влияние на эксплуатацию и безопасность [Текст] / Г. В. Волков // ЦНИИАтоминформ. – 2000. – № 3.
3. Hall, R. E. Managing the effects of aging and reliability improvement [Text] / R. E. Hall, J. H. Taylor, J. L. Boccio // Engineering Technology Division, Department of Nuclear Energy, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, USA, 2002.
4. Council Directive 2014/87/EURATOM of 8 July 2014 amending Directive 2009/71/Euratom of 25 June 2009 establishing a Community framework for the nuclear safety of nuclear installations [Text]. – OJ L219, 2014. – P. 42–52.
5. РД ЭО 0185-00. Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов энергоблоков АЭС [Текст]. – Утверждена и введена в действие приказом концерна “Росэнергоатом” от 27.06.2000, № 318
6. РД ЭО 0027–2005. Инструкция по определению характеристик механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости [Текст]. – Руководящий документ.
7. Кипоренко, А. С. Совершенствование нормативного обеспечения эксплуатационной безопасности трубопроводных систем атомных электростанций: монография [Текст] / А. С. Кипоренко. – Харьков: ФЛП Тимченко, 2011. – 126 с.

8. Гиря, М. П. Нормативное обеспечение оценки качества электротехнического оборудования для безопасной эксплуатации АЭС [Текст]: сб. науч. пр. / Р. М. Трищ, Л. М. Штабский, М. П. Гиря, А. С. Кипоренко // Науковий вісник будівництва. – 2012. – Вип. 70. – С. 430–436.
9. Шугайло, А. П. Рекомендации по совершенствованию национальной нормативной базы в части продления срока эксплуатации и управления старением энергоблоков АЭС Украины [Текст] / А. П. Шугайло, А. П. Шугайло, Д. И. Рыжов, В. Б. Крицкий, С. В. Романов, А. М. Колупаев // Ядерна та радіаційна безпека. – 2013. – Вип. 3. – С. 3–9.
10. ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок [Текст]. – Утверждены ГАЭН СССР, 1989.
11. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок [Текст]. – Утверждены ГАЭН СССР, 1987.
12. НП 306.2.099-2004. Загальні вимоги до продовження експлуатації АЕС у понад проектний строк за результатами здійснення періодичної оцінки безпеки [Текст]. – Затверджені наказом Держатомрегулювання від 26.11.2004, № 181.
13. Трищ, Р. М. Нормативное обеспечение безопасной эксплуатации трубопроводов системы охлаждения активной зоны АЭС [Текст]: сб. науч. пр. / А. С. Кипоренко, Р. М. Трищ, С. М. Полищук // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2009. – № 16. – С. 70–80.
14. Трищ, Р. М. Стандартизація розрахунку експлуатаційної безпеки трубопроводів атомних електростанцій [Текст] / Г. С. Кипоренко, Р. М. Трищ, Б. М. Арпентьев // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 3 (132). – С. 61–65.
15. СОУ НАЕК 080:2014. Довгострокова експлуатація діючих енергоблоків АЕС. Загальні положення [Текст]. – Затверджено наказом Президента ДП «НАЕК «Енергоатом» від 23.01.2015 № 74.
16. ПЛ-Д.03.126-10 [Текст]. – Положение о порядке продления срока эксплуатации/службы оборудования систем важных для безопасности.
17. ПМ-Д-0.08.222-14. Типовая программа по управлению старением элементов блока АЭС [Текст]. – Введ. 19.03.15. – К.: НАЭК «Энергоатом» Украины, 2015.
18. ПМ-Т.0.03.404-14. Типовая программа оценки технического состояния и продления срока эксплуатации главных циркуляционных насосов ГЦН-195М. [Текст]. – Введ. 26.05.15. – К.: НАЭК «Энергоатом» Украины, 2015.
19. ПМ-Т.0.08.165-05 [Текст]. – Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы трубопроводов с опорами и подвесками.
20. ПМ-Т.0.08.164-06 [Текст]. – Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса парогенераторов.
21. ПМ-Т.0.08.159-05 [Текст]. – Типовая программа оценки технического состояния и переназначения ресурса/срока службы главных циркуляционных трубопроводов и главных запорных задвижек ЯУ ВВЭР.
22. ПМ.3.3812.0223 [Текст]. – Рабочая программа оценки технического состояния и переназначения срока эксплуатации главных циркуляционных насосов энергоблока № 3 ЮУ АЭС.
23. РО.УД.ПМ.112-12 [Текст]. – Рабочая программа оценки технического состояния и продления срока эксплуатации главных циркуляционных насосов реакторного отделения энергоблоков № 1, 2 ОП ЗАЭС.
24. Скалозубов, В. И. Основы продления эксплуатации АЭС с ВВЭР: монография [Текст] / В. И. Скалозубов, А. А. Ключников, Е. С. Лещетная. – Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2011. – 384 с.
25. СТП 0.41.076-2008 Анализ и оценка безопасности. Порядок использования расчетных кодов для обоснования безопасности ядерных энергетических установок. Методические указания [Текст]. – Введ. 02.12.08. – К.: НАЭК «Энергоатом» Украины, 2008.
26. Safe long term operation of Nuclear Power Plants. Safety Reports Series No. 57 [Text]. – Vienna: IAEA, 2008. – 33 p.
27. Safety Aspects of Long Term Operation of Water Moderated Reactors. Recommendations on the Scope and Content of Programmers for Safe Long Term Operation. Final Report of the Extrabudgetary Programmer on Safety Aspects Long Term Operation of Water Moderated Reactors [Text]. – IAEA-EBP-SALTO. – Vienna: IAEA, 2007.
28. TACIS U3.01/06 (UK/TS/38) [Текст]. – Надання підтримки Державному комітету ядерного регулювання України в оцінці впровадження заходів з підвищення безпеки та програм управління старінням на блоках АЕС.
29. Ware, A. G. Application of NUREG/CR 5999 Interim Fatigue Curves to Selected Nuclear Power Plant Components [Text] / A. G. Ware, D. K. Morton, M. E. Nitzel. – NUREG/CR – 26660, INTEL – 95/0045, 1995.
30. ГОСТ 27.003-90. Состав и общие правила задания требований по надежности [Текст]. – Взамен РД 50-650-87; Введ. 01.01.92. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 20 с.