ISSN 2079-1747 Машинобудування, 2023, №32
DOI 10.32820/2079-1747-2023-32
Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

DOI https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-32-80-92
УДК 658.62.018.012

АНАЛІЗ НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ АЕС

© Овчаров О.О., Лисенко А.Я.
Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:
Овчаров Олександр Олександрович (Ovcharov Oleksandr): ORCID: 0009-0002-0764-4063; e-mail: ovcharovoleksandr1@gmail.com, Українська інженерно-педагогічна академія, аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.
Лисенко Артем Ярославович (Lysenko Artem): ORCID: 0009-0007-3916-8029; e-mail: dagost@ukr.net, Українська інженерно-педагогічна академія, аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

У статті розглянуто аспекти нормативного та науково-технічного забезпечення експлуатаційної безпеки атомних електростанцій в Україні. Проведено критичний аналіз наукової літератури та нормативних документів, який охоплює існуючі підходи до вирішення питань, пов'язаних з оцінкою ресурсу енергообладнання та прийняттям рішень щодо продовження термінів експлуатації. Під час вивчення наукової літератури проаналізовано розрахункові методи визначення ресурсу, з особливим акцентом на сучасні наукові праці, що стосуються переоцінки ресурсу та контролю технічного стану атомних електростанцій за різними параметрами. Стаття містить критичну оцінку національних нормативних документів, які використовуються для забезпечення безпечної експлуатації атомних станцій в цілому та їх окремих елементів. На основі проведеного аналізу виявлено коло проблемних завдань, які залишаються невирішеними до теперішнього моменту, особливо щодо наукового обґрунтування, ґрунтованого на вимогах нормативів для об'єктів із підвищеною небезпекою, та термінів експлуатації енергообладнання.

Ключові слова: нормативне забезпечення, атомна електростанція, якість, технічна діагностика, безпечна експлуатація, енергоефективність, продовження ресурсу.

Ovcharov O., Lysenko A. "Analysis of standards for safe operation and service life extension of NPPs"

The article deals with the aspects of regulatory, scientific and technical support of operational safety of nuclear power plants in Ukraine. A critical analysis of scientific literature and regulatory documents regarding existing approaches to addressing related to assessing the service life of power equipment and making decisions on extending its service life is conducted. In the course of studying the scientific literature, the authors analyze the calculation methods for determining the service life, with a special emphasis on modern scientific works related to the reassessment of the service life and monitoring of the technical condition of nuclear power plants by various parameters. The article contains a critical assessment of the national regulatory documents used to ensure the safe operation of nuclear power plants in general and their individual elements. Based on the analysis, the authors identify a number of problematic tasks that remain unresolved to date, especially with regard to scientific justification based on the requirements of standards for high-risk facilities and the service life of power equipment.

Keywords: regulatory support, nuclear power plant, quality, technical diagnostics, safe operation, energy efficiency, service life extension.

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Експлуатація обладнання на атомних станціях передбачає підвищені вимоги безпеки, так як специфікою отримання електроенергії на атомних електростанціях (АЕС) є використання ядерного палива, що робить їх особливо небезпечними. Розрахунковий проєктом термін експлуатації енергоблоків АЕС становить 30 років, після цього терміну постає питання щодо подальшої експлуатації, а саме продовження ресурсу, чи зняття з експлуатації енергоблоку. Продовження термінів експлуатації АЕС пов'язано з підвищеними вимогами, які повинні бути обумовлені безпечною і надійною роботою. Нормативні та керівні документи повинні забезпечити якість, безпеку та економічність проведення робіт з оцінки технічного стану обладнання при продовженні ресурсу. Отже, для забезпечення експлуатаційної безпеки енергообладнання атомних електростанцій необхідно мати систему нормативної документації, яка відображатиме вимоги для ефективного менеджменту енергооб'єктом з урахуванням змін функціонування внаслідок впливу зовнішніх та внутрішніх факторів.

Економічні втрати від неправильно прийнятих рішень про припинення експлуатації конкретного енергоблоку АЕС або про необґрунтованість продовження призначеного ресурсу його обладнання значні та впливають на всю економіку країни. Тому для визначення залишкового ресурсу обладнання і можливості продовження термінів експлуатації енергообладнання необхідна розробка нових методів аналізу і розрахунків, що дозволяють в реальних умовах роботи обладнання отримати достовірні результати, особливо в сучасних умовах, коли є велика потреба в безпечній та енергоефективній роботі всіх енергоресурсів.

Розробка нормативного забезпечення оцінки технічного стану та обґрунтування можливості продовження терміну експлуатації енергообладнання з урахуванням енергоефективності функціонування, що базується на нормативних документах України та рекомендаціях міжнародних організацій, не можливо без проведення критичного аналізу існуючої нормативної документації різних рівнів. Такий критичний аналіз дасть можливість виявити існуючі прогалини та невизначеності в існуючій нормативній базі та запропонувати конкретні зміни та доповнення для удосконалення оцінки технічного стану та продовження терміну експлуатації з урахуванням енергоефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питаннями удосконалення нормативного забезпечення енергетичної безпеки та ефективності з урахуванням різних підходів займаються дослідники як України, так і закордоном.

Завданням оцінка технічного стану та продовження терміну служби енергообладнання та різних носій енергоносіїв присвячено багато науково-технічних робіт. Оцінка технічного стану обладнання енергоблоків вимагає комплексного підходу. Така комплексна оцінка пропонується авторами визначення якості експлуатації трубопровідних систем з урахуванням особливостей їх напружено-деформованого стану та сейсмічної стійкості [1-4]. В роботах наведені окремі аспекти технічної діагностики енергообладнання, що мають стати частиною комплексного нормативного забезпечення безпеки функціонування енергообладнання. Запропоновані методи дослідження, що базуються на розрахунках з використанням математичної моделі оцінки фактичного стану енергообладнання та порівняння результатів розрахунку, що дає можливість прогнозувати граничні параметри технічного стану та здійснювати моніторинг механічних властивостей, а також визначати залишковий ресурс конструкцій з урахуванням геотехнічних та сейсмотектонічних умов.

Для забезпечення безпеки понад проектний термін та якості роботи енергообладнання необхідно створити ефективний механізм вивчення технічного стану, який би максимально

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

оптимізував його роботу, виходячи із сприятливого співвідношення економічних показників та безпеки. Такі підходи розкрито авторами у наукових дослідженнях [5-7]. Авторами пропонується ряд показників, що визначають безпеку та якість функціонування енергообладнання, які запропоновані як нормативні показники для відносної оцінки. Так, у роботах [5] пропонується систематизація енергообладнання за певними класами безпеки та на основі цього розробити різні підходи технічної діагностики для певного класу. В роботах [6, 7] пропонується визначити нормативні критерії оптимальності техніко-економічних показників на основі запропонованих підходів для оцінювання якості багатопараметричних об'єктів енергетики. В даному випадку, автори пропонують визначити критерій для оцінювання показників якості як загальної системи низькопотенційних комплексів АЕС, так і для конкретних об’єктів, такі як тепловиділяючі елементи реактора.

В дослідження [8-11] розглянуті міжнародні стандарти, що забезпечують якість проведення саме технічної діагности, оцінювання результатів, метрологічного супроводу цих досліджень, що є невід’ємною частиною комплексної стандартизації та дають змогу забезпечити достовірність отриманих результатів.

Іншим аспектом нормативного забезпечення, що розглядається в роботах [12-15] є сталий розвиток енергетичного сектору, що включає регулювання енергоефективності виробництва та використання енергії для забезпечення оптимального використання ресурсів, встановлення норм та обмежень для зменшення викидів газів, які впливають на зміну клімату, врахування в нормативах можливостей використання сучасних технологій для підвищення ефективності та управління енергосистемами, а головне забезпечення стійкості та безпеки енергетичних мереж, в тому числі у випадках кризових ситуацій.

Разом з тим є ряд невирішених питань, щодо комплексного нормативного забезпечення безпечної та енергоефективної роботи енергообладнання атомних електростанцій. Для виявлення та розробки рекомендацій необхідно провести критичний аналіз існуючих нормативних документів на міжнародному, національному та галузевому рівні.

Метою роботи є аналіз нормативного забезпечення безпеки та енергоефективності функціонування енергообладнання атомних електростанцій.

Виклад основного матеріалу

На сьогоднішній день Україна посідає сьоме місце у світі за обсягом виробництва атомної електроенергії та третє місце за часткою ядерної енергії в загальному енергетичному балансі країни. Атомні електростанції забезпечують 55% всього виробництва електроенергії в Україні. У порівнянні з іншими країнами, більше 25% енергобалансів тринадцяти країн світу залежать від атомної енергії. Зокрема, у Франції ядерна енергетика становить понад 70% енергобалансу, в Словаччині – більше 53%, а в Угорщині та Болгарії – понад 40%.

Атомні електростанції відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки, тому всі роботи пов'язані з проектуванням, експлуатацією або ж зняттям з експлуатації їх обладнання виконуються у відповідності з нормативними документами Міністерства енергетики України та «Енергетичної стратегії України до 2035 року» місією якої є створення умов для сталого розвитку національної економіки через забезпечення доступу до надійних, стійких і сучасних джерел енергії [16]. Разом з Міністерством енергетики України, основним галузевим розробником нормативного забезпечення у сфері безпеки атомної енергетики є Національна енергогенеруюча компанія «Енергоатом», яка відповідно до власної «Комплаєнс-політики»[17] керується міжнародними стандартами, рекомендаціями міжнародної організації з атомного регулювання (МАГАТЕ) та чинними національним законодавством.

Нормативні вимоги до обладнання атомних електростанцій встановлюють підвищені стандарти, спрямовані на забезпечення безпечної експлуатації АЕС на протязі всього їхнього

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

терміну служби. Зараз завершуються розрахункові терміни експлуатації атомних станцій, що породжує питання щодо забезпечення безпечної роботи їх обладнання в період після завершення проектного терміну або можливого припинення експлуатації, що повинно бути науко-обґрунтовано з позиції енергоефективності та безпечності, та мати відповідні нормативні критерії та нормативну методологію.

Ключовою складністю у створенні безпечної роботи обладнання АЕС є оцінка його ресурсу, яка неможлива без проведення діагностики енергетичного обладнання за конкретними технічними показниками.

Продовження термінів експлуатації атомних електростанцій є складним процесом, що обумовлено високими вимогами, включаючи як нормативні, так і технічні аспекти, стосовно безпеки та надійності всіх компонентів енергетичного блоку. Нормативні та управлінські документи повинні гарантувати високу якість, безпеку та економічність проведення оцінки технічного стану обладнання під час продовження його експлуатаційного ресурсу.

Оцінка технічного стану та обґрунтування можливості продовження терміну експлуатації енергетичного обладнання базується на нормативних документах України та рекомендаціях міжнародних організацій з атомного регулювання (МАГАТЕ). Стандарти у сфері безпеки МАГАТЕ (Міжнародної агенції з атомної енергії, IAEA) розподілені у кілька напрямків:

1. **Спеціальні вказівки з безпеки (Specific Safety Guides, SSG):** Документи, що надають конкретні вказівки та рекомендації з певних аспектів безпеки в ядерній галузі.
2. **Загальні інструкції з безпеки (General Safety Guides, GSG):** Документи, що містять загальні принципи та вказівки з безпеки, які застосовуються широко в різних аспектах ядерної діяльності.
3. **Особливі вимоги безпеки (Specific Safety Requirements, SSR):** Документи, що уточнюють конкретні вимоги та стандарти безпеки, які повинні бути додержані в конкретних ситуаціях чи для конкретних типів ядерних об'єктів.
4. **Загальні вимоги безпеки (General Safety Requirements, GSR):** Документи, що визначають загальні принципи та вимоги безпеки, які є загальноприйнятними для різних аспектів ядерної безпеки.
5. **Основи безпеки (Safety Fundamentals, SF):** Документи, що встановлюють фундаментальні принципи та основи безпеки, на яких ґрунтується вся система стандартів та вказівок МАГАТЕ з атомної безпеки.

Ці різні напрямки стандартів МАГАТЕ взаємодіють для створення комплексної системи нормативів, спрямованої на забезпечення безпеки в ядерній галузі. Окрім цього можна виділити стандарти з управлінням старіння енергообладнання та продовження термінів експлуатації, такі як [18-21]. Разом з тим, окремих стандартів, що забезпечують ефективність функціонування обладнання, особливо при перепризначені термінів експлуатації, або у позапроєктні терміни експлуатації обладнання, як і нормативних показників в системі МАГАТЕ не має. Є окремі доробки, як то «Передові системи управління для підвищення надійності та ефективності атомних електростанцій», який розроблено у вигляді технічної документації (TECDOC Series) [22] та інші документи цієї серії.

Слід зазначити, що МАГАТЕ керується у своєї діяльності не тільки стандартами. Нормативну базу міжнародної організації з атомного регулювання складають також: технічні документи (як заначалось вище), технічні звіти (Technical Reports Series), панельні дискусії та доповіді (Panel Proceedings Series), листи, тощо. Вся нормативна база має рекомендаційний характер, як сама міжнародна система стандартизації.

Також на міжнародному рівні розробкою стандартів у сфері забезпечення безпеки атомної енергетики займається Міжнародна електротехнічна комісія (IEC, МЕК). МЕК співпрацює з МАГАТЕ, та разом їх діяльність спрямована на безпечне, надійне та мирне

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

використаннє ядерних технологій і розробку глобальних стандартів безпеки для ядерної енергетики. Експерти Технічного комітету (ТК) 45 МЕК беруть участь у технічній робочій групі з контрольно-вимірювальних приладів та управління атомними електростанціями (TWG-NPPIC), яка була заснована МАГАТЕ в 1971 році з метою надання консультацій та сприяння дослідженням у галузі технологій атомних електростанцій, зокрема, інтерфейсів між людиною та системою.

Стандарти IEC TC 45 охоплюють весь життєвий цикл ядерних електроенергетичних систем, від концепції до проєктування, виробництва, випробувань, монтажу, введення в експлуатацію, експлуатації, технічного обслуговування, управління старінням, модернізації та виведення з експлуатації. Основна сфера діяльності МЕК - контрольно-вимірювальні прилади, системи управління та електроенергетичні системи, важливі для безпеки на об'єктах атомної енергетики. Ядерний сектор має власну добре розвинену філософію і методологію безпеки, тому публікації МЕК з безпеки враховують відмінності від загального підходу і надають директиви, специфічні для об'єктів, пов'язаних з ядерною енергією, з всеосяжним підходом до безпеки.

Відповідно до угоди ТК 45/МАГАТЕ, стандарти безпеки та захищеності ядерного сектору МЕК імплементують принципи та термінологію керівництв МАГАТЕ з безпеки та захищеності. Основна сфера діяльності включає контрольно-вимірювальну апаратуру, що використовується для моніторингу, контролю та функцій управління безпекою.

МЕК розробляє, як загальні стандарти (горизонтальні)[23], так і специфічні (вертикальні)[24]. Горизонтальні стандарти, також відомі як базові стандарти, не залежать від технології. Їх можна застосовувати в багатьох технічних галузях. Вертикальні стандарти призначені для задоволення конкретних технічних потреб. Кілька технічних комітетів (ТК) і підкомітетів (ПК) готують міжнародні стандарти, які захищають конкретні сфери і забезпечують безпеку промисловості та об'єктів критичної інфраструктури.

Робочі групи технічного комітету ТК45 мають дві підкомісії, які в свою чергу мають поділення за робочими групами (РГ), діяльність яких спрямовано на певний аспект стандартизації у сфері ядерної енергетики: датчики та методи вимірювання; вимірювальні прилади та системи керування: архітектура та системні аспекти; вимірювання спеціальних процесів та радіаційний моніторинг; функціональні основи та основи безпеки вимірювальних, керуючих та електроенергетичних систем; диспетчерські, людино-машинні інтерфейси та інженерія людського фактору; продуктивність та стійкість систем до зовнішніх впливів; управління старінням контрольно-вимірювальних приладів, управління та електроенергетичних систем на АЕС; електроенергетичні системи: архітектура та системні аспекти; штучний інтелект для ядерних об'єктів.

Так, наприклад РГ 7 «Функціональні основи та основи безпеки контрольно-вимірювальних приладів, систем управління та електроенергетичних систем» (WG7) розробляє і підтримує стандарти і звіти з окремих аспектів фундаментальних принципів для систем контрольно-вимірювальних приладів, управління та електроенергетики, важливих для безпеки ядерних установок (тобто електростанцій, ядерного паливного циклу і установок для поводження з відходами).

Стандарти, розроблені РГ7, розширюють стандарти та керівництва МАГАТЕ, в тому числі і настанови МАГАТЕ:

- SF-1 Фундаментальні принципи безпеки [25];
- SSR-2/1 Безпека АЕС - проектування[26];
- NS-R-4 Безпека дослідницьких реакторів[27];
- NS-R-5 (Rev. 1) Безпека установок ядерного паливного циклу[28];
- INSAG-10 "Поглиблений захист у сфері ядерної безпеки[29]

і домагатися їх дотримання.

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

Стандарти, які будуть розроблені робочою групою WG7, також враховуватимуть інші керівництва МАГАТЕ, що стосуються, зокрема, контрольно-вимірювальних приладів, систем управління та електроенергетичних систем: SSG-39 "Проектування систем КВПіА для АЕС; SSG-34 «Проектування електроенергетичних систем для АЕС»; SSG-37 «Системи контрольно-вимірювальних приладів і керування та програмне забезпечення, важливе для безпеки дослідницьких реакторів», але не розглядатиме детальне проектування і пов'язані з ним питання, які є сферою діяльності інших робочих груп SC45A, головним чином, РГ А3 (Системи контролю і управління) і РГ А11 (Електроенергетичні системи).

Отже, завдання РГ7, таким чином, включає в себе:

- категоризація функцій безпеки
- загальні принципи класифікації контрольно-вимірювальних приладів, систем управління та електроенергетичних систем, важливих для безпеки, та вимоги до розподілу функцій;
- глибинний захист;
- відмова в обслуговуванні при поодиноких відмовах;
- захист від відмов за загальною причиною (включаючи систематичні відмови) та впровадження таких методів, як розділення, диверсифікація та ізоляція для досягнення незалежності та захисту від внутрішніх і зовнішніх небезпек, а також від випадкових і систематичних збоїв;
- кількісна оцінка надійності, її забезпечення шляхом спостереження і перевірочних випробувань, а також обмеження шляхом врахування відмов із загальних причин і систематичних несправностей;
- методи аналізу для ідентифікації та усунення потенційних випадкових і систематичних відмов.

На національному рівні нормативне забезпечення безпеки та енергоефективності АЕС розробляється відповідно до «Енергетична стратегія України на період до 2035 року»[16] , як було зазначено вище. Основою для [16], є діючі нормативно-правові акти України, міжнародні стандарти, рекомендації МАГАТЕ, міжнародні та європейські угоди у сфері атомної енергетики, тощо.

Внаслідок укладення Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом у 2015 році, почалася реалізація завдань з адаптації законодавства ЄС в галузі безпеки використання ядерної енергії та радіаційного захисту до українського законодавства. Протягом періоду з 2017 по 2022 роки, відповідно до планів імплементації, затверджених Урядом України, Держатомрегулювання виконало значну кількість заходів з імплементації ряду актів законодавства ЄС. Зокрема, ці заходи охоплюють Директиву Ради 2013/59/Euratom, яка встановлює основні норми безпеки для захисту від іонізуючої радіації; Директиву Ради 2006/117/Euratom щодо нагляду та контролю за перевезенням радіоактивних відходів та відпрацьованого ядерного палива; і Директиву Ради 2014/87/Euratom, яка визначає основи ядерної безпеки для ядерних установок у Співтоваристві.

Ключовим етапом на шляху України до відповідності стандартам ЄС у сфері регулювання ядерної безпеки стало отримання повноправного членства в Асоціації регуляторів ядерної енергії Західної Європи (WENRA) 26 березня 2015 року через дії Державної інспекції ядерного регулювання України. Участь в WENRA дозволяє Україні гармонізувати внутрішнє законодавство у сфері ядерної безпеки з референтними рівнями, встановленими WENRA, а також активно брати участь у розробці та перегляді цих стандартів. Важливо відзначити, що Україна на сьогоднішній день, за винятком Швейцарії та Сполученого Королівства Великобританії та Північної Ірландії, які не є членами ЄС, є єдиною країною, яка досягла повноправного членства в цій асоціації.

Основоположні принципи, критерії та вимоги забезпечення безпеки АЕС викладені в загальних положеннях: НП 306.2.221-2019 «Вимоги безпеки під час поводження з ядерним паливом» [30], «Вимог з ядерної та радіаційної безпеки до інформаційних та керуючих систем,

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

важливих для безпеки атомних станцій» [31], «Положення про функціональну підсистему ядерної та радіаційної безпеки єдиної державної системи цивільного захисту» [32], НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання й трубопроводів атомних станцій» [33], «Загальних положень безпеки зняття з експлуатації ядерних установок» [34], «Вимог до кіберзахисту інформаційних та керуючих систем атомних станцій для забезпечення ядерної та радіаційної безпеки [35] та інших НД. Повний перелік НД, що діють в ядерній енергетиці України, наведено у нормативному документі ПР-Д.0.06.555-23-ІІІ «Перелік діючих нормативних документів експлуатуючої організації».

Один із основних принципів щодо нормативно-правового регулювання в Україні визначає системно-ієрархічний підхід при створенні та оновленні нормативних документів для атомних електростанцій (АЕС). На практиці цей принцип втілюється через створення ієрархічної структури нормативних документів з питань ядерної та радіаційної безпеки (ЯРБ), що включає в себе документи кількох рівнів, який представлено на рис.1.

Структура включає три рівні стандартів, що діють в Україні: міжнародні, європейські та національні (рис.1), та основні організації, що розробляють стандарти на цих рівнях. Організації умовно поділено на ті, що розробляють галузеві стандарти (в галузі атомної енергетики), та ті що розробляють загальні та галузеві. Під «Загальними» стандартами (горизонтальними) розуміється нормативні документи, що застосовуються не тільки в галузі атомної енергетики, а можуть бути використані і в інших сферах діяльності. Національні стандарти, як галузеві, так і загальні розробляються на основі міжнародних та європейських стандартів та рекомендацій. Для систематизації було обрано нормативні документи, дія яких поширюється на АЕС і ядерні установки і спрямовані на забезпечення ядерної та радіаційної безпеки АЕС в цілому, стандарти, норми і правила технологічних процесів, уніфіковані методики контролю, включаючи галузеві стандарти, типові програми, згідно з якими виконується технічне обслуговування, випробування, оцінка технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу обладнання; нормативні документи, що визначають вимоги для аналізу експлуатаційної надійності та енергоефективності обладнання.

Перевагою запропонованої структури нормативних документів при розгляді питань оцінки технічного стану та продовження ресурсу обладнання полягає, перш за все, в чіткості і однозначності обраних напрямків виконання даних робіт. Стандарти, які наведені в структурі, не дозволяють в повній мірі оцінити реальний технічний стан обладнання і його залишковий ресурс, але за допомогою поділу стандартів на групи стає можливим формування єдиних класифікаційних критеріїв, яким повинно відповідати нормативне забезпечення з оцінки технічного стану та продовження ресурсу трубопроводів.

В даний час діє «Комплексна (зведена) програма підвищення безпеки енергоблоків АЕС України», яка розроблена для подальшої реалізації робіт з підвищення безпеки в рамках виконання довгострокової державної стратегії підвищення безпеки енергоблоків АЕС ДП НАЕК «Енергоатом».

Науково-технічний рівень наведених програм визначається ступенем відповідності сучасним науково-технічним досягненням. У програмах реалізовані основні принципи безпеки:

- Наявність спеціальних систем безпеки, побудованих на принципі створення паралельних каналів, які виконують однакову функцію;
- Забезпечення принципів: незалежність, резервування, обліку одиничної відмови при створенні систем безпеки;
- Високий ступінь контролю та автоматизації технологічних процесів;
- Забезпечення безпеки при зовнішніх впливах, включаючи природно і техногенні впливи;
- Забезпечення безпеки при широкому спектрі відмов, можливих помилок персоналу та додаткових впливів;
- Застосування консервативного підходу при виборі технічних рішень, що впливають на безпеку.

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

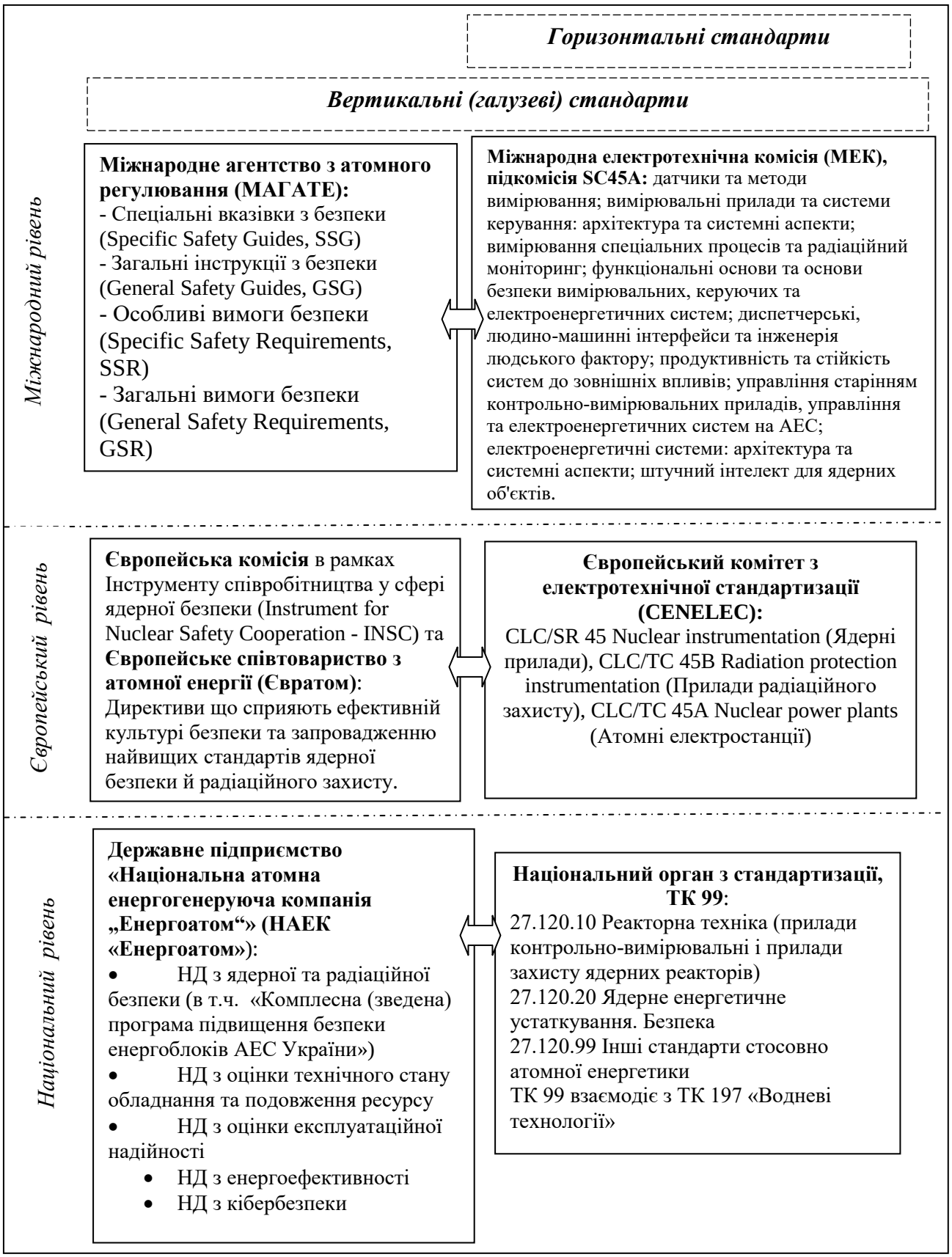

Рис. 1 - Структурно-ієрархічна система нормативного забезпечення безпеки та ефективності у сфері атомної енергетики України

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

У наведених вище стандартах стан обладнання має якісну оцінку, наприклад, «справний» або «несправне», «працездатне» або «непрацездатний», «в нормі» і т.д. Для концепції, заснованої на принципі «безпечної експлуатації за технічним станом», такий підхід є неприйнятним. Рекомендовані стандартами традиційні способи моніторингу і оцінки якості обладнання вирішують завдання поточної експлуатації, не враховуючи накопичення деградаційних змін, пов'язаних з процесами старіння обладнання за час експлуатації.

Висновки

В результаті проведеного аналізу нормативних документів стало можливим розробка структури нормативних документів для подальшого формування єдиних класифікаційних критеріїв нормативного забезпечення для вирішення проблеми оцінки технічного стану енергетичного обладнання АЕС з метою безпечної та ефективної експлуатації у позапроєктний період.

Класифікаційні критерії нормативного забезпечення дозволять провести удосконалення нормативних документів для того, щоб виявити або розширити технічні параметри, що визначають процеси деградації та зниження енергоефективності обладнання з метою подальшого обґрунтування методу оцінки його поточного технічного стану, з огляду на вимоги безпечної експлуатації АЕС.

Результати проведеного аналізу нормативного та технічного забезпечення та особливостей технічної експлуатації енергообладнання дали можливість визначити подальші напрямки дослідження: виявити взаємозв'язок між оцінкою технічного стану обладнання та його енергоефективністю та запропонувати удосконалення нормативного забезпечення з урахуванням цих критеріїв.

Список використаних джерел:

1. Кіпоренко Г. С. Оцінка технічного стану трубопровідних систем АЕС на відповідність нормативним параметрам / Г. С. Кіпоренко, М. Є. Пахалович, О. М. Хорошилов // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2016. – Вип. 4. – С. 146–152.

2. Кіпоренко Г. С. Вдосконалення методики розрахунку опору крихкому руйнуванню трубопроводів Південно-Української АЕС / Г. С. Кіпоренко, М. Є. Пахалович // Системи обробки інформації. – 2016. – Вип. 7. – С. 181–184.

3. Algorithm of technical diagnostics of the complicated damage to the continued resource of the circulation pipeline of the nuclear power plant / H. Hrinchenko, R. Trisch, V. Burdeina, S. Chelysheva // Problems of Atomic Science and Technology. Section : Physics of Radiation Effect and Radiation Materials Science. – 2019. – № 2 (120). – P. 104–110. https://doi.org/10.46813/2019-120-104.

4. Кіпоренко Г. С. Удосконалення нормативного забезпечення експлуатаційної безпеки трубопровідних систем атомних електростанцій : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02 / Г. С. Кіпоренко ; Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2010. – 20 с.

5. Уніфікація методів технічної діагностики трубопровідних систем з метою забезпечення безпечної експлуатації / Г. С. Грінченко, С. М. Артюх, В. В. Грінченко, С. С. Негодов // Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2022. – Вип. 29. – С. 62-69. DOI 10.32820/2079-1747-2022-29-62-69.

6. Підвищення якості АСУ теплових електростанцій шляхом уточнення критерія оптимальності техніко-економічних показників / Г. Грінченко, Т. Василець, О. Купріянов, О. Блізниченко, Т. Фурсова // Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2023. – Вип. 31. DOI: 10.32820/2079-1747-2023-31-71-79

7. Методологічні підходи для оцінювання якості багатопараметричних об'єктів енергетики / Буданов П. Ф., Грінченко Г. С., Нечуйвітер О. П., Цихановська І. В. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2023. – № 1. – С. 27–35. DOI: https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.04

8. Development and validation of measurement techniques according to ISO/IEC 17025:2017 / R. Trishch, O. Maletska, H. Hrinchenko [et. al.] // Proceedings of the 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (Sozopol, 6-8 September 2019). – Sozopol, 2019. – Pp. 715–720.

9. Аналізування вимог міжнародних стандартів щодо міжлабораторних та внутрішньолабораторних порівнянь результатів випробувань випробувальних (калібрувальних) лабораторій / Тріщ Р. М., Артюх С. М.,

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

Бурдейна В. М., Грінченко Г. С., Черняк О. М. // Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2021. – Вип. 27. – С. 110-116.

10. Імплементація вимог стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025: 2017 щодо невизначеності вимірювання при оцінюванні відповідності / Грінченко Г. С., Артюх С. М., Бурдейна В. М., Черняк О. М., Кіпоренко О. В. // Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2021. – Вип. 27. – С. 96-103.

11. Імплементація вимог міжнародних стандартів щодо невизначеності вимірювань в метрологічну діяльність підприємств / Тріщ Р. М., Артюх С. М., Бурдейна В. М., Грінченко Г. С., Черняк О. М. // Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2021. – Вип. 27. – С. 117-124.

12. Забезпечення експлуатаційної безпеки АЕС у понадпроектний термін в контексті переходу до циркулярної економіки: Європейський Зелений Курс / Грінченко Г. С., Ковтун О. А., Миколайко В. В., Нестеренко Р. О., Антоненко Н. С. Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2022. – Вип. 30. – С. 61-72. DOI 10.32820/2079-1747-2022-30-61-72

13. An Approach to Ensure Operational Safety for Renewable Energy Equipment / Hrinchenko H., Kupriyanov O., Khomenko V., Khomenko S., Kniazieva V. // Circular Economy for Renewable Energy. Green Energy and Technology / Koval, V., Olczak, P. (eds). – Springer, Cham, 2023. – Pp. 1-17. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_1

14. Approaches to Sustainable Energy Management in Ensuring Safety of Power Equipment Operation / Hrinchenko H., Koval V., Shmygol N., Sydorov O., Tsimoshynska O., Matuszewska D. // Energies. – 2023. – № 16. – P. 6488. DOI https://doi.org/10.3390/en16186488

15. Sustainable Energy Safety Management Utilizing an Industry-Relative Assessment of Enterprise Equipment Technical Condition / Hrinchenko H., Prokopenko O., Shmygol N., Koval V., Filipishyna L., Palii S., Cioca L.-I. // Sustainability. – 2024. – № 16. – P. 771. DOI https://doi.org/10.3390/su16020771

16. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” : Розпорядж. Каб. М-в України від 08.08.2017 р. № 605. – Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n8 (дата звернення 09.11.23).

17. Комплаєнс-політика ДП «НАЕК «Енергоатом» ПЛ-С.014.150-21 від 13.07.2021 р. – Режим доступу : https://old.energoatom.com.ua/parts/pdf-file/compliance-policy/compliance-policy.pdf (дата звернення 09.11.23).

18. Ageing Management for Research Reactors. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, 2023, No. SSG-10. (Rev. 1), STI/PUB/2050, 978-92-0-103023-8, 55 p.

19. Ageing Management for Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, 2009, No. NS-G-2.12, STI/PUB/1373 ¦ 978-92-0-112408-1, 48 p.

20. Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, 2018, No. SSG-48, STI/PUB/1814, 978-92-0-104318-4, 65 p.

21. Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series,2013, No. SSG-25, STI/PUB/1588 ¦ 978-92-0-137410-3, 106 p.

22. Advanced Control Systems to Improve Nuclear Power Plant Reliability and Efficiency. (1997) IAEA-TECDOC-952, 186 p.

23. Fundamental Safety Principles IAEA. Safety Standards Series No. SF-1, STI/PUB/1273 (21 pp.; 2006).

24. IEC 60231:1967 «General principles of nuclear reactor instrumentation» by IEC TC/SC 45A, 42 p.

25. IEC 60568:2006 «Nuclear power plants - Instrumentation important to safety - In-core instrumentation for neutron fluence rate (flux) measurements in power reactors», TC 45/SC 45A, 31 p.

26. Safety of nuclear power plants : design / International Atomic Energy Agency. Description: Vienna : International Atomic Energy Agency, 2016. Series: IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X ; no. SSR-2/1 (Rev. 1), 99 p.

27. Safety of research reactors : safety requirements. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2005.— (Safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. NS-R-4), 137 p.

28. Safety of nuclear fuel cycle facilities. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014. - (IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X ;no. NS-R-5 (Rev. 1), STI/PUB/1641, 123 p.

29. Defence in depth in nuclear safety : INSAG-10 / a report by the International Nuclear Safety Advisory group. - Vienna : International Atomic Energy Agency, 1996. (INSAG series, ISSN 1025-2169), STI/PUB/1013, 48 p.

30. Про затвердження Вимог безпеки під час поводження з ядерним паливом : Наказ Держатомрегулювання від 21.06.2019 р. № 269, зареєстрований у Мін'юсті 30.07.2019 р. за № 833/33804. - Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0833-19#Text (дата звернення 09.11.23).

31. Про внесення змін до Вимог з ядерної та радіаційної безпеки до інформаційних та керуючих систем, важливих для безпеки атомних станцій : Наказ Держатомрегулювання від 25.11.2019 р. № 508 зареєстрований у Мін'юсті 24.12.2019 р. за № 1280/34251. - Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1280-19#Text (дата звернення 09.11.23).

32. Про затвердження Положення про функціональну підсистему ядерної та радіаційної безпеки єдиної державної системи цивільного захисту : Наказ Держатомрегулювання від 14.02.2020 № 57, зареєстрований у Мін'юсті 13.04.2020 р. за № 340/34623. - Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0340-20#Text (дата звернення 09.11.23).

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

33. Про затвердження Загальних вимог безпеки до улаштування та експлуатації обладнання й трубопроводів атомних станцій : Наказ Держатомрегулювання від 04.08.2020 № 319, зареєстрований у Мін'юсті 30.09.2020 р. за № 955/35238. - Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0955-20#Text (дата звернення 09.11.23).

34. Про затвердження Загальних положень безпеки зняття з експлуатації ядерних установок : Наказ Держатомрегулювання від 28.10.2020 р. № 440, зареєстрований у Мін'юсті 30.12.2020 р. за № 1311/35594;12. - Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1311-20#Text (дата звернення 09.11.23).

35. Про затвердження Вимог до кіберзахисту інформаційних та керуючих систем атомних станцій для забезпечення ядерної та радіаційної безпеки : Наказ Держатомрегулювання від 22.03.2022 р. № 223, зареєстрований в Мін'юсті 07.04.2022 р. за №395/37731. - Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0395-22#Text (дата звернення 09.11.23).

References:

1. Kiporenko, HS, Pakhalovych, MYe & Khoroshylov, OM 2016, 'Otsinka tekhnichnoho stanu truboprovidnykh system AES na vidpovidnist normatyvnym parametram' *[Assessment of the technical condition of the pipeline systems of nuclear power plants for compliance with regulatory parameters]*, *Systemy upravlinnya, navihatsii ta zviazku*, iss. 4, pp. 146-152.

2. Kiporenko, HS & Pakhalovych, MYe 2016, 'Vdoskonalennia metodyky rozrakhunku oporu krykhkomu ruinuvanniu truboprovodiv Pivdenno-Ukrainskoi AES' *[Improvement of the methodology for calculating the resistance to brittle fracture of pipelines at the South Ukrainian Nuclear Power Plant]*, *Systemy obrobky informatsii*, iss. 7, pp. 181-184.

3. Hrinchenko, H, Trisch, R, Burdeina, V & Chelysheva, S 2019, 'Algorithm of technical diagnostics of the complicated damage to the continued resource of the circulation pipeline of the nuclear power plant' [*Algorithm of technical diagnostics of the complicated damage to the continued resource of the circulation pipeline of the nuclear power plant*], *Problems of Atomic Science and Technology, Section Physics of Radiation Effect and Radiation Materials Science*, no. 2 (120), pp. 104-110.

4. Kiporenko, HS 2010, 'Udoskonalennia normatyvnoho zabezpechennia ekspluatatsiinoi bezpeky truboprovidnykh system atomnykh elektrostantsii' *[Improvement of the regulatory framework for operational safety assurance of pipeline systems at nuclear power plants]*, Kand.tehn.n. abstract, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia, Kharkiv.

5. Hrinchenko, HS, Artiukh, SM, Hrinchenko, VV & Nehodov, SS 2022, 'Unifikatsiia metodiv tekhnichnoi diahnostyky truboprovidnykh system z metoiu zabezpechennia bezpechnoi ekspluatatsii' *[Standardization of methods for technical diagnostics of pipeline systems to ensure safe operation]*, *Mashynobuduvannia*, iss 29, Pp. 62-69. DOI 10.32820/2079-1747-2022-29-62-69.

6. Hrinchenko, H., Vasylets, T., Kupriianov, O., Bliznychenko, O., & Fursova, T. 2023, 'Pidvyshchennia yakosti ASU teplovykh elektrostantsii shliakhom utochnennia kryteriia optymalnosti tekhniko-ekonomichnykh pokaznykiv' *[Improving the quality of the automation control systems of thermal power plants by refining the criterion of optimality for technical and economic indicators]*, *Mashynobuduvannia*, iss 31, DOI 10.32820/2079-1747-2023-31-71-79.

7. Budanov, PF, Hrinchenko, HS, Nechuiviter, OP, Tsykhanovska, IV 2023, 'Metodolohichni pidkhody dlia otsiniuvannia yakosti bahatoparametrychnykh obiektiv enerhetyky' *[Methodological approaches for evaluating the quality of multi-parameter objects in the energy sector]*, *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Seriia: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiak*, no 1, Pp. 27–35, DOI https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.04

8. Trishch, R, Maletska, O, Hrinchenko, H [et. al.] 2019, 'Development and validation of measurement techniques according to ISO/IEC 17025:2017' *Proceedings of the 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (Sozopol, 6-8 September 2019)*, Sozopol, Pp. 715–720.

9. Trishch, RM, Artiukh, SM, Burdeina, VM, Hrinchenko, HS & Cherniak, OM 2021, 'Analizuvannia vymoh mizhnarodnykh standartiv shchodo mizhlaboratornykh ta vnutrishnolaboratornykh porivnian rezultativ vyprobuvan vyprobuvalnykh (kalibruvalnykh) laboratorii' *[Analysis of requirements from international standards regarding inter-laboratory and intra-laboratory comparisons of testing (calibration) laboratory test results]*, *Mashynobuduvannia*, iss. 27, Pp. 110-116.

10. Hrinchenko, HS, Artiukh, SM, Burdeina, VM, Cherniak, OM & Kiporenko, OV 2021, 'Implementatsiia vymoh standartu DSTU ISO/IEC 17025: 2017 shchodo nevyznachenosti vymiriuvannia pry otsiniuvanni vidpovidnosti' [*Implementation of the requirements of the DSTU ISO/IEC 17025:2017 standard regarding measurement uncertainty in conformity assessment*], *Mashynobuduvannia*, iss 27, Pp. 96-103.

11. Trishch, RM, Artiukh, SM, Burdeina, VM, Hrinchenko, HS & Cherniak, OM 2021, 'Implementatsiia vymoh mizhnarodnykh standartiv shchodo nevyznachenosti vymiriuvan v metrolohichnu diialnist pidpryiemstv' [*Implementation of international standards requirements on measurement uncertainty into the metrological activities of enterprises*], *Mashynobuduvannia*, iss 27, Pp. 117-124.

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

12. Hrinchenko, HS, Kovtun, OA, Mykolaiko, VV, Nesterenko, RO, Antonenko, NS 2022, 'Zabezpechennia ekspluatatsiinoi bezpeky AES u ponadproektnyi termin v konteksti perekhodu do tsyrkuliarnoi ekonomiky: Yevropeiskyi Zelenyi Kurs' *[Ensuring operational safety of nuclear power plants beyond project lifespan in the context of transitioning to a circular economy: The European Green Deal]*, *Mashynobuduvannia*, iss 30, Pp. 61-72. DOI 10.32820/2079-1747-2022-30-61-72

13. Hrinchenko, H, Kupriyanov, O, Khomenko, V, Khomenko, S & Kniazieva, V 2023, An Approach to Ensure Operational Safety for Renewable Energy Equipment, In: Koval, V., Olczak, P. (eds) Circular Economy for Renewable Energy. Green Energy and Technology, Springer, Cham, Pp. 1-17, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_1

14. Hrinchenko, H, Koval, V, Shmygol, N, Sydorov, O, Tsimoshynska, O & Matuszewska, D 2023, 'Approaches to Sustainable Energy Management in Ensuring Safety of Power Equipment Operation', *Energies*, iss 16, 6488, DOI https://doi.org/10.3390/en16186488

15. Hrinchenko, H, Prokopenko, O, Shmygol, N, Koval, V, Filipishyna, L, Palii, S & Cioca, L.-I 2024, 'Sustainable Energy Safety Management Utilizing an Industry-Relative Assessment of Enterprise Equipment Technical Condition', *Sustainability*, no 16, 771, DOI https://doi.org/10.3390/su16020771

16. Kabinet Ministriv Ukrainy 2017, Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2035 roku "Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist": Rozporiadzhennia vid 08.08.2017 №605 *[On approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 'Security, Energy Efficiency, Competitiveness': Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 8, 2017, No. 605]*, viewed 9 November 2023 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n8>

17. NAEK «Enerhoatom» 2021, Komplaiens-polityka DP «NAEK «Enerhoatom» PL-S.014.150-21 vid 13.07.2021 r. *[Compliance Policy of State Enterprise 'Nuclear Power Generation Company 'Energoatom' PL-S.014.150-21 dated July 13, 2021]*, 9 November 2023 <https://old.energoatom.com.ua/parts/pdf-file/compliance-policy/compliance-policy.pdf>

18. IAEA 2023, Ageing Management for Research Reactors. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, No. SSG-10. (Rev. 1), STI/PUB/2050, 978-92-0-103023-8, 55 p.

19. IAEA 2009, Ageing Management for Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, No. NS-G-2.12, STI/PUB/1373 ¦ 978-92-0-112408-1, 48 p.

20. IAEA 2018, Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, No. SSG-48, STI/PUB/1814, 978-92-0-104318-4, 65 p.

21. IAEA 2013, Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, No. SSG-25, STI/PUB/1588 ¦ 978-92-0-137410-3, 106 p.

22. IAEA 1997, Advanced Control Systems to Improve Nuclear Power Plant Reliability and Efficiency. IAEA-TECDOC-952, 186 p.

23. IAEA 2006, Fundamental Safety Principles IAEA. Safety Standards Series No. SF-1, STI/PUB/1273, 21 p.

24. IEC 60231:1967 «General principles of nuclear reactor instrumentation» by IEC TC/SC 45A, 42 p.

25. IEC 60568:2006 «Nuclear power plants - Instrumentation important to safety - In-core instrumentation for neutron fluence rate (flux) measurements in power reactors», TC 45/SC 45A, 31 p.

26. Safety of nuclear power plants : design / International Atomic Energy Agency. Description: Vienna : International Atomic Energy Agency, 2016. Series: IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X ; no. SSR-2/1 (Rev. 1), 99 pp.

27. Safety of research reactors : safety requirements. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2005.— (Safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. NS-R-4), 137 p.

28. Safety of nuclear fuel cycle facilities. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014. - (IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X ;no. NS-R-5 (Rev. 1), STI/PUB/1641, 123 p.

29. Defence in depth in nuclear safety : INSAG-10 / a report by the International Nuclear Safety Advisory group. - Vienna : International Atomic Energy Agency, 1996. (INSAG series, ISSN 1025-2169), STI/PUB/1013, 48 p.

30. Derzhatomrehuliuvannia 2019, Pro zatverdzhennia Vymoh bezpeky pid chas povodzhennia z yadernym palyvom: Nakaz Derzhatomrehuliuvannia vid 21.06.2019 № 269, zareiestrovanyi u Miniusti 30.07.2019 za № 833/33804 *[On approval of Safety Requirements for Nuclear Fuel Handling: Order of the State Nuclear Regulatory Inspectorate dated June 21, 2019, No. 269, registered with the Ministry of Justice on July 30, 2019, under No. 833/33804]*, viewed 9 November 2023 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0833-19#Text>

31. Derzhatomrehuliuvannia 2019, Pro vnesennia zmin do Vymoh z yadernoi ta radiatsiinoi bezpeky do informatsiinykh ta keruiuchykh system, vazhlyvykh dlia bezpeky atomnykh stantsii: Nakaz Derzhatomrehuliuvannia vid 25.11.2019 № 508 zareiestrovanyi u Miniusti 24.12.2019 za № 1280/34251 *[Regarding Amendments to the Requirements for Nuclear and Radiation Safety of Information and Control Systems Vital for the Safety of Nuclear Power Plants: Order of the State Nuclear Regulatory Inspectorate dated November 25, 2019, No. 508, registered with the Ministry of Justice on December 24, 2019, under No. 1280/34251]*, viewed 9 November 2023 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1280-19#Text>

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023

32. Derzhatomrehuliuvannia 2020, Pro zatverdzhennia Polozhennia pro funktsionalnu pidsystemu yadernoi ta radiatsiinoi bezpeky yedynoi derzhavnoi systemy tsyvilnoho zakhystu: Nakaz Derzhatomrehuliuvannia vid 14.02.2020 № 57, zareiestrovanyi u Miniusti 13.04.2020 za № 340/34623 *[Regarding the Approval of the Regulations on the Functional Subsystem of Nuclear and Radiation Safety of the Unified State System of Civil Protection: Order of the State Nuclear Regulatory Inspectorate dated February 14, 2020, No. 57, registered with the Ministry of Justice on April 13, 2020, under No. 340/34623]*, viewed 9 November 2023 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0340-20#Text>

33. Derzhatomrehuliuvannia 2020, Pro zatverdzhennia Zahalnykh vymoh bezpeky do ulashtuvannia ta ekspluatatsii obladnannia y truboprovodiv atomnykh stantsii: Nakaz Derzhatomrehuliuvannia vid 04.08.2020 № 319, zareiestrovanyi u Miniusti 30.09.2020 za № 955/35238 *[Regarding the Approval of General Safety Requirements for* the Design and Operation of Equipment and Pipelines at Nuclear Power Plants: Order of the State Nuclear Regulatory *Inspectorate dated August 4, 2020, No. 319, registered with the Ministry of Justice on September 30, 2020, under No. 955/35238]*, viewed 9 November 2023 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0955-20#Text>

34. Derzhatomrehuliuvannia 2020, Pro zatverdzhennia Zahalnykh polozhen bezpeky zniattia z ekspluatatsii yadernykh ustanovok: Nakaz Derzhatomrehuliuvannia vid 28.10.2020 № 440, zareiestrovanyi u Miniusti 30.12.2020 za № 1311/35594;12 *[Regarding the Approval of General Safety Provisions for Decommissioning of Nuclear Installations: Order of the State Nuclear Regulatory Inspectorate dated October 28, 2020, No. 440, registered with the Ministry of Justice on December 30, 2020, under No. 1311/35594;12]*, viewed 9 November 2023 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1311-20#Text>

35. Derzhatomrehuliuvannia 2022, Pro zatverdzhennia Vymoh do kiberzakhystu informatsiinykh ta keruiuchykh system atomnykh stantsii dlia zabezpechennia yadernoi ta radiatsiinoi bezpeky: Nakaz Derzhatomrehuliuvannia vid 22.03.2022 № 223, zareiestrovanyi v Miniusti 07.04.2022 za №395/37731 *[Regarding the Approval of Requirements for Cybersecurity of Information and Control Systems of Nuclear Power Plants to Ensure Nuclear and Radiation Safety: Order of the State Nuclear Regulatory Inspectorate dated March 22, 2022, No. 223, registered with the Ministry of Justice on April 7, 2022, under No. 395/37731]*, viewed 9 November 2023 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0395-22#Text>

Стаття надійшла до редакції 30 січня 2024 року.

© О.О. Овчаров, А.Я. Лисенко, 2023