УДК 621.039:65.012.12 Doi: https://doi.org/10.32918/nrs.2019.3(83).04

Досвід експлуатації арматури на атомних електростанціях України та Європейського Союзу

- **Серафин Роман Ігорович**
  ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3917-9426
  Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна
- **Лігоцький Олексій Ігорович**
  ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7487-2811
  Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна
- **Недбай Світлана Володимирівна**
  ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3870-1182
  Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна
- **Печериця Олександр Володимирович**
  ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8711-0242
  Державне підприємство «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки», м. Київ, Україна
- **Халенко Роман Вікторович**
  ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4615-7751
  Державна інспекція ядерного регулювання України, м. Київ, Україна
- **Курман Олександр Михайлович**
  ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0455-4727
  Державна інспекція ядерного регулювання України, м. Київ, Україна

Стаття містить інформацію щодо результатів аналізу порушень у роботі АЕС України та Європейського Союзу, зумовлених або пов'язаних з відмовами арматури. У першій частині статті наведено стислий огляд дослідження Європейської мережі зворотного зв›язку від досвіду експлуатації АЕС (European Clearinghouse on Operating Experience Feedback for Nuclear Power Plants) щодо експлуатаційних подій з відмовою арматури, важливої для безпеки АЕС. Під час цього дослідження було розглянуто події за період з 1997 по 2016 роки із баз даних МАГАТЕ, організацій технічної підтримки регулюючих органів Франції та Німеччини, а також інформації наданої регулюючими органами Швейцарії та Іспанії. У статті наведені основні результати зазначеного дослідження, розглянуто причини експлуатаційних подій, спричинених відмовами арматури, та зазначені технічні області, для яких розроблювались рекомендації. З використанням підходу, аналогічного до прийнятого в зазначеному вище дослідженні, у статті виконано статистичну оцінку та детальний аналіз корінних причин порушень у роботі АЕС України за період з 1998 по 2018 роки, спричинених або пов'язаних з відмовами всіх типів арматур незалежно від впливу на безпеку. В рамках статистичної оцінки виконано розподіл порушень на АЕС України, зумовлених відмовами арматури, по рокам, станціям та системам. Також наведено результати аналізу корінних причин відмов арматури за трьома групами, що стосуються обладнання, документації, персоналу та системи управління. В завершальній частині статті виконано порівняльний аналіз внеску корінних причин, отриманих за результатами виконання обох досліджень, а також визначено загальні уроки та специфічні рекомендації для подальшого їх врахування під час здійснення наглядової діяльності.

Ключові слова: аналіз порушень, досвід експлуатації, відмова арматури, статистичний аналіз, аналіз причин.

© Серафин Р. І., Лігоцький О. І., Недбай С. В., Печериця О. В., Халенко Р. В., Курман О. М., 2019

Аналіз експлуатаційних подій у роботі атомних електростанцій (АЕС) є важливим елементом врахування досвіду експлуатації. Зазначений аналіз дозволяє визначати поточний стан експлуатаційної безпеки та виявляти проблемні області, які потребують

належної уваги та своєчасного реагування. Відповідно до вимог п. 4.2.3 Загальних положень безпеки атомних станцій [1], необхідність організації врахування досвіду експлуатації визначається як один із загальних організаційно-технічних принципів забезпечення безпеки АЕС. Згідно з п. 2.4 SSG-50 [2] до основних елементів ефективного врахування експлуатаційного досвіду належать як виявлення та облік внутрішнього досвіду експлуатації, так і аналіз міжнародного досвіду експлуатації разом із визначенням та аналізом тенденцій.

Метою статті є наведення загальних результатів аналізу порушень у роботі АЕС Європейського Союзу та України, зумовлених відмовою арматури, та визначення основних уроків для їх подальшого врахування під час здійснення наглядової діяльності.

Аналіз міжнародного досвіду в частині подій з відмовою арматури. Джерелом міжнародних даних щодо потенційно важливих експлуатаційних подій є Європейська мережа зворотного зв'язку від досвіду експлуатації АЕС — «European Clearinghouse on Operating Experience Feedback for Nuclear Power Plants» (далі — Clearinghouse). Ця організація була заснована з метою обміну досвідом та поширення знань, отриманих від експлуатації АЕС, а також щодо підходів і методів виконання оцінки експлуатаційних подій [3].

До того, Clearinghouse оприлюднює результати поглиблених досліджень окремих проблем безпеки, виявлених під час комплексного аналізу експлуатаційних подій на АЕС. Основною метою таких досліджень є набуття загальних та специфічних уроків, які дозволять запобігти повторенню експлуатаційних подій у майбутньому та підвищити безпеку АЕС.

У березні 2019 року під час щорічного засідання Технічної ради Clearinghouse було представлено технічний звіт з тематичного дослідження подій на АЕС, спричинених відмовами арматури на системах, важливих для безпеки [4]. Основною метою цього дослідження було визначення загальних та специфічних уроків, врахування яких дозволить запобігти виникненню повторення подій у майбутньому.

Дослідження [4] було зосереджено тільки на арматурі систем, важливих для безпеки АЕС, і охоплювало лише ті події, причиною виникнення яких стали, безпосередньо, відмови арматури з різним типом приводу. Події, спричинені помилками персоналу та/або організаційними недоліками, втратою зовнішніх джерел, хибним сигналом, не враховувалися під час дослідження [4].

Як основне джерело даних щодо подій з відмовою арматури було використано:

– базу даних міжнародної системи звітності з досвіду експлуатації (IRS) Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), яка обслуговується спільно з Агенцією з ядерної енергії (NEI) Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD);

– базу даних організації технічної підтримки регулюючого органу Франції (Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire (IRSN)) — для подій, які відбулися на АЕС Франції;

– базу даних організації технічної підтримки регулюючого органу Німеччини (Gesellschaft fur Anlagen und Reaktorsicherheit mbH (GRS)) — для подій, які відбулися на АЕС Німеччини.

Додатково були використані звіти про події, надані регулюючими органами Швейцарії та Іспанії.

За період з 1997 по 2016 роки, було відібрано 500 подій для подальшого розгляду під час дослідження [4]. Для відібраних подій було проведено статистичний аналіз: за категоріями та наслідками; системами, які зазнали впливу; причинами; коригувальними заходами тощо.

Виконаний аналіз показав, що:

– для реакторів з водою під тиском (PWR) близько 70 % подій були пов'язані з клапанами або арматурою в одній з чотирьох систем: основної пари, хімтехнології й контролю, аварійного охолодження активної зони та допоміжної живильної води. Для реакторів киплячого типу (BWR) аналогічний відсоток (70 %) стосувався систем аварійного охолодження активної зони, основної пари та систем очищення теплоносія реактора;

– протікання (30 %) та відмова на закриття (20 %) є двома найпоширенішими типами відмов. Також вносить значний вклад (15 %) —відмова на відкриття;

– 61 % всіх подій відбулись внаслідок механічних пошкоджень;

– 43 % корінних причин стосуються недоліків під час технічного обслуговування, опробування та обстеження. Близько 30 % корінних причин були пов'язані зі спрацюванням

ресурсу обладнання, як правило внаслідок старіння та корозії. Інші події, в рівній мірі, були зумовлені недоліками виготовлення і монтажу або недоліками конструкції;

– для 43 % подій із відмовою арматури коригувальні заходи були пов'язані з їх заміною та ремонтом. Також коригувальні заходи стосувались перегляду програм технічного обслуговування (19 %), модифікації конструкцій клапанів (11 %) та вдосконалення контролю за станом арматури (7 %);

– наслідки та значущість більшості подій для безпеки були досить низькими завдяки їх виявленню під час опробувань.

За результатами проведеного дослідження та більш детального розгляду подій було розроблено рекомендації в 12 технічних областях, які стосувалися: 1) особливостей використання зворотних клапанів для ізоляції трубопроводів низького тиску від трубопроводів високого тиску; 2) запобігання корозії компонентів арматури та трубопроводів; 3) запобігання деградації або обриву штока арматури (шляхом додаткового аналізу надійності конструкції арматури, забезпечення повноти процедур технічного обслуговування та наявності процедури моніторингу за станом штока); 4) врахування впливу вібрації та динамічних навантажень на арматуру; 5) вимог до технічного обслуговування та ремонту імпульсних клапанів; 6) врахування досвіду використання матеріалів для ущільнюючих прокладок; 7) огляду, технічного обслуговування та випробувань арматури; 8) особливостей використання мастила для змащення елементів арматури; 9) значень уставок спрацьовування запобіжних клапанів; 10) проблемних питань електричної частини; 11) впливу умов навколишнього середовища на експлуатацію арматури; 12) маркування арматури.

Аналіз порушень у роботі АЕС України, під час яких відбулася відмова арматури. Аналіз було проведено для порушень у роботі енергоблоків АЕС України, зумовлених або пов'язаних з відмовами арматури протягом 1998–2018 років. Джерелами вихідних даних для виконання аналізу були звіти з розслідування порушень у роботі АЕС України, отримані з інформаційної системи «Порушення у роботі АЕС» (база даних Держатомрегулювання) та web-версії інформаційної системи «CAESAR-i» (база даних експлуатуючої організації).

На відміну від дослідження [4], під час аналізу порушень на АЕС України була врахована відмова всієї арматури незалежно від виконуваної функції та впливу на безпеку. Під час виконання аналізу, як і в дослідженні [4], не враховувались порушення, зумовлені втратою джерел електропостачання, хибним сигналом, відмовою сервопривода, недоліками системи управління арматурою (наприклад — відмови кінцевих вимикачів), помилковими діями персоналу тощо.

Відповідно до встановлених критеріїв для подальшого поглибленого аналізу було відібрано 81 порушення.

Результати статистичного аналізу. Загальний розподіл порушень, що відбулися на АЕС України за період з 1998 по 2018 роки, зумовлених відмовою арматури, наведено на рис. 1.

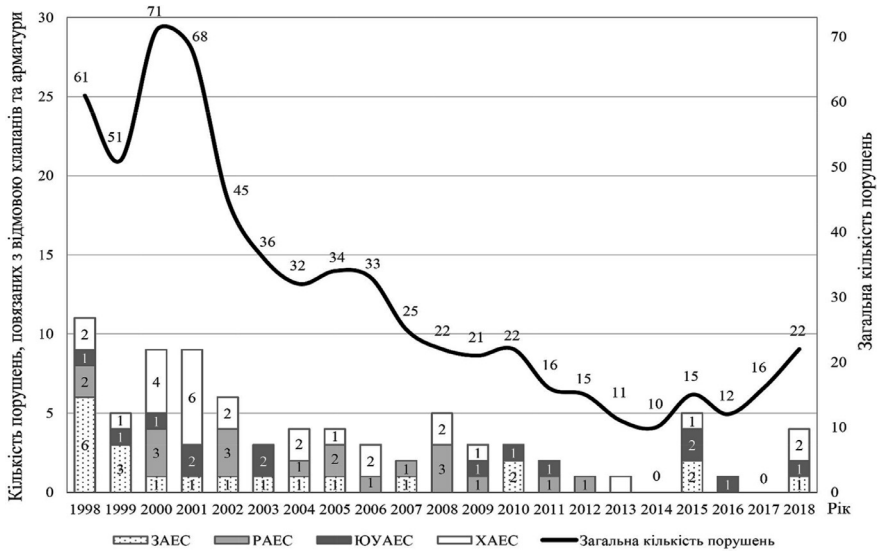


Рисунок 1 — Розподіл порушень на АЕС України, зумовлених відмовою арматури

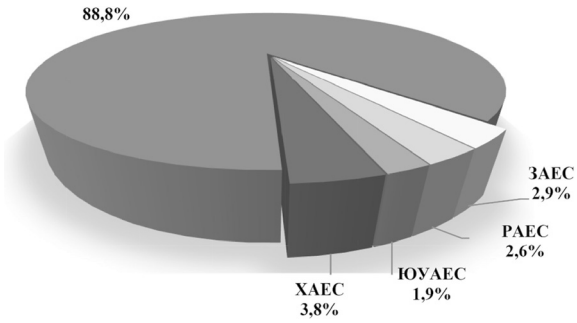


Рисунок 2 — Частка порушень, зумовлених відмовою арматури, від усіх порушень у роботі АЕС України

Зауважимо, що у 2014 та 2017 роках не було зафіксовано порушень, які відбулись внаслідок відмов арматури. Починаючи з 2003 року, за винятком 2008, 2015 та 2018 років, спостерігаються одиничні порушення, зумовлені відмовою арматури.

Частка порушень, зумовлених відмовою арматури, становить 11 % від загальної кількості всіх порушень, які відбулись на енергоблоках АЕС України за період з 1998 по 2018 роки (див. рис. 2).

Найбільше порушень, зумовлених відмовою арматури, за встановлений період відбулось на енергоблоках Хмельницької АЕС — 3,8 %, майже однаковий відсоток — на енергоблоках Запорізької АЕС (2,9 %) та Рівненської АЕС (2,6 %), і найменший — на енергоблоках Южно-Української АЕС (1,9 %).

Розподіл подій із відмовою арматури за системами наведено на рис. 3:

– 27 % відмов арматури відбулося на технологічних системах другого контуру турбінного відділення (здебільшого — система живильної води (10 %), система паропроводів (5 %) та система основного конденсату (5 %));

– 22 % відмов арматури відбулося на технологічних системах першого контуру реакторного відділення (здебільшого — система компенсації тиску (10 %), система циркуляції теплоносія (4 %) та система планового розхолоджування першого контуру (4 %));

– 19 % відмов арматури відбулося на захисних системах безпеки (здебільшого — система аварійної подачі поглинача в реактор (6 %), система аварійного охолоджування активної зони (4 %), система захисту паропроводів від перевищення тиску (4 %));

– 14 % відмов арматури відбулося на забезпечуючих системах безпеки (здебільшого на системі технічної води відповідальних споживачів (9 %));

– 9 % відмов арматури відбулося на допоміжних системах забезпечення працездатності обладнання основних систем (здебільшого на маслосистемі (4 %));

– 6 % відмов арматури відбулося на технологічних системах загальноблочного призначення (здебільшого на системі технічної води відповідальних споживачів групи «А» (4 %));

– 2 % відмов арматури відбулося на локалізуючих системах безпеки;

– 1 % відмов арматури відбувся на системах контролю.

Загалом розподіл систем, в яких відбулася відмова арматури, співпадає з інформацією, наведеною в дослідженні [4].

Загальні результати аналізу корінних причин. Корінні причини за своїм характером відповідно до НП 306.2.100–2004 [5] розподіляються на три основні групи:

Рисунок 3 — Розподіл порушень, зумовлених відмовою арматури, за системами

ISSN 2073-6231. Ядерна та радіаційна безпека 3(83).2019
SSTC NRS ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЦЕНТР З ЯДЕРНОЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

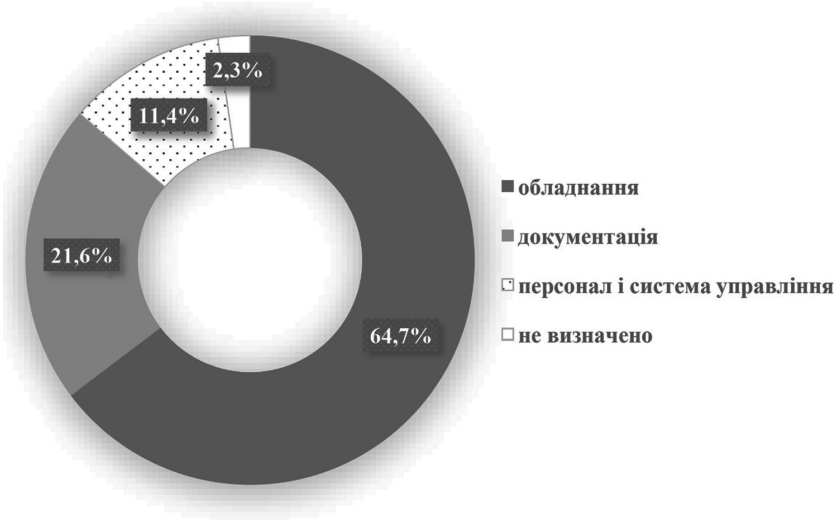


Рисунок 4 — Розподіл корінних причин порушень, зумовлених відмовою арматури

– корінні причини, що пов'язані з обладнанням;

– корінні причини, що пов'язані з документацією;

– корінні причини, що пов'язані з персоналом та системою управління.

Крім того, до окремої групи були віднесені події, корінні причини яких не були встановлені під час розслідування.

Загалом для відмов арматури у відібраних порушеннях було визначено 88 корінних причин. На рис. 4 зображено внесок кожної групи корінних причин за встановлений період.

Розподіл корінних причин, пов'язаних з арматурою, наведено на рис. 5.

Серед причин, пов'язаних з арматурою, найбільшу частку мають недоліки конструювання — 26,1 % від загальної кількості корінних причин, недоліки ремонту — 20,5 %, недоліки проектування — 9,1 % та недоліки виготовлення — 5,7 %. П'ята частина корінних причин сталася через недоліки ремонту і була спричинена:

– установкою деталей з несертифікованих матеріалів;

– відсутністю контролю (або його недостатністю) за виконанням технологічних операцій під час збирання обладнання та прийманням обладнання (арматури) після ремонту;

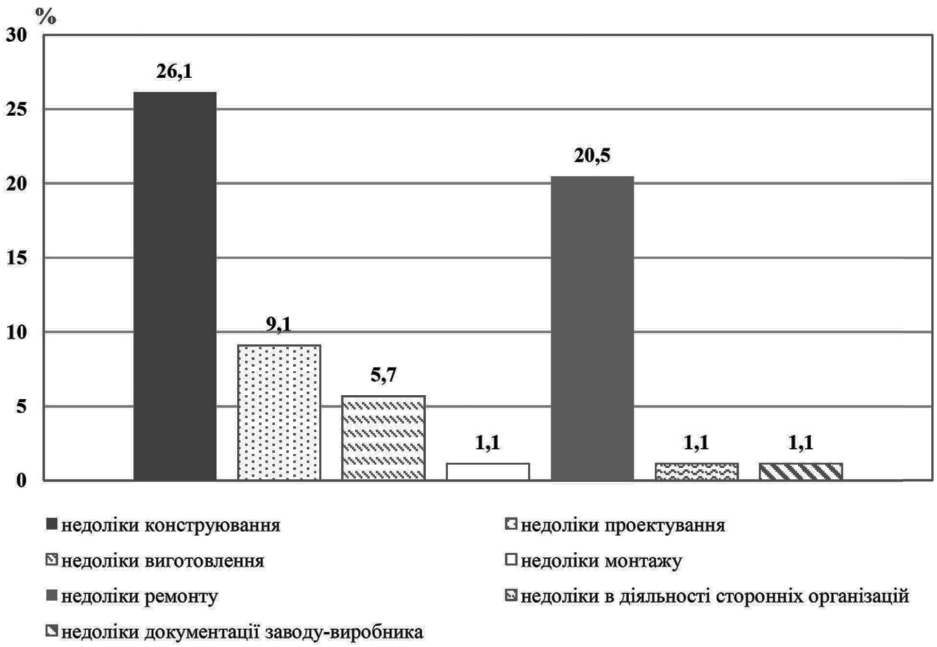


Рисунок 5 — Розподіл корінних причин, пов'язаних з арматурою

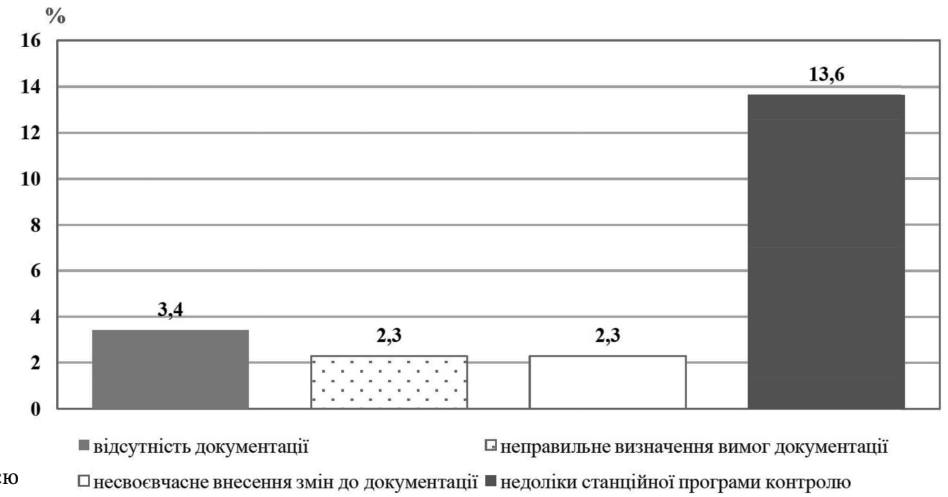


Рисунок 6 — Розподіл корінних причин, зумовлених документацією

– невикористанням здобутих уроків з досвіду експлуатації.

Розподіл корінних причин, зумовлених документацією, наведено на рис. 6.

Переважна більшість причин, зумовлених документацією, стосувалася недоліків станційної програми контролю за виявленням та усуненням непрацездатності систем і виявленням й усуненням недоліків експлуатаційної документації. Це порушення, які сталися через недостатній встановлений обсяг робіт, недоліки процедур технологічних процесів під час капітального ремонту арматури. Також корінними причинами порушень, зумовлених відмовою арматури, були відсутність вимог у документації або їх неоднозначне визначення, несвоєчасне внесення змін.

Розподіл кількості корінних причин, зумовлених персоналом і системою управління, наведено на рис. 7.

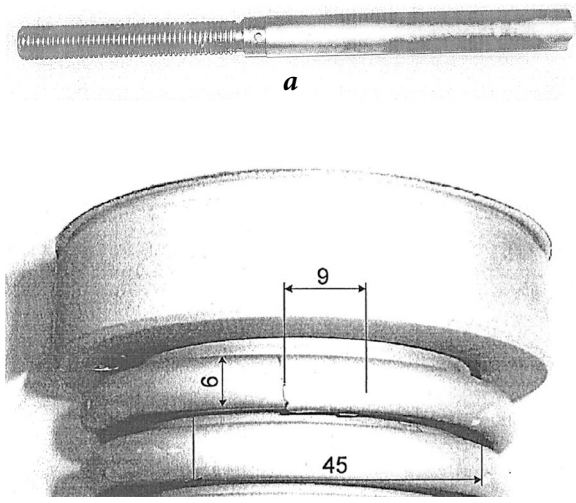
Кількість корінних причин, зумовлених персоналом, які спричинили порушення з відмовою арматури, була невеликою — 11,4 % від загальної кількості корінних причин. Половина з них сталася через невідповідність існуючого порядку планування та забезпечення ресурсів, а саме — несвоєчасної заміни обладнання з вичерпаним ресурсом. Також причинами відмов були недоліки в організації експлуатації, технічного обслуговування й ремонту.

Приклади виявлених дефектів арматури наведені на рис. 8.

Зокрема, на рис. 8а наведено зруйнований шток плунжера арматури. Руйнування штока відбулося внаслідок стомленості металу через вплив підвищеної вібрації плунжера, яка стала можливою через недосконалість конструкції арматури в частині фіксації втулки направляючої у корпусі плунжера. На рис. 8б

Рисунок 7 — Розподіл корінних причин, зумовлених персоналом і системою управління

ISSN 2073-6231. Ядерна та радіаційна безпека 3(83).2019
SSTC NRS ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЦЕНТР З ЯДЕРНОЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ



а

б

Рисунок 8 — Приклади дефектів елементів арматури:
а — руйнування штока плунжера;
б — тріщина металу сильфона

наведено тріщину металу сильфона внаслідок втомного руйнування через недостатній обсяг контролю стану елементів арматури під час проведення капітального ремонту.

У порівнянні з даними, отриманими під час дослідження [4], корінні причини порушень є подібними, але відрізняється їх розподіл (див. рис. 9).

У дослідженні [4] оцінюється внесок для 4 груп корінних причин. До першої групи, із внеском 43 %, належать недоліки технічного обслуговування і ремонту, опробувань та обстежень. Найбільш близькі за змістом групи корінних причин для АЕС України (недоліки ремонту та станційної програми контролю) мають внесок 34,1 %. Друга група корінних причин відмов арматури в дослідженні [4] стосується технічного стану обладнання (старіння, експлуатація в понадпроектний строк тощо) та має внесок 28 %. Для АЕС України найбільш близькою групою є «Невідповідність існуючого порядку планування та забезпечення ресурсів», внесок якої у загальну кількість виявлених корінних причин становить 5,7 %. Третя група у дослідженні [4] містить корінні причини, викликані недоліками технічних умов на обладнання або недоліками виготовлення та монтажу, та має внесок 15 %. Сумарне значення для відповідних груп корінних причин для українських АЕС (недоліки документації заводу-виробника, виготовлення та монтажу) становить 7,9 %. Вклад четвертої групи корінних причин у дослідженні [4], зумовлені недоліками конфігурації та аналізу проекту арматури (невдалий підбір матеріалів, недостатня якість аналізу конструкції, низька якість розробки та оцінки модифікацій тощо), становить 14 %. Відповідний внесок найбільш близьких груп корінних причин на АЕС України (недоліки конструювання та проектування) становить 35,2 %.

Висновки

За результатами оцінки дослідження [4] та аналізу порушень у роботі АЕС України можуть бути визначені такі загальні уроки та рекомендації:

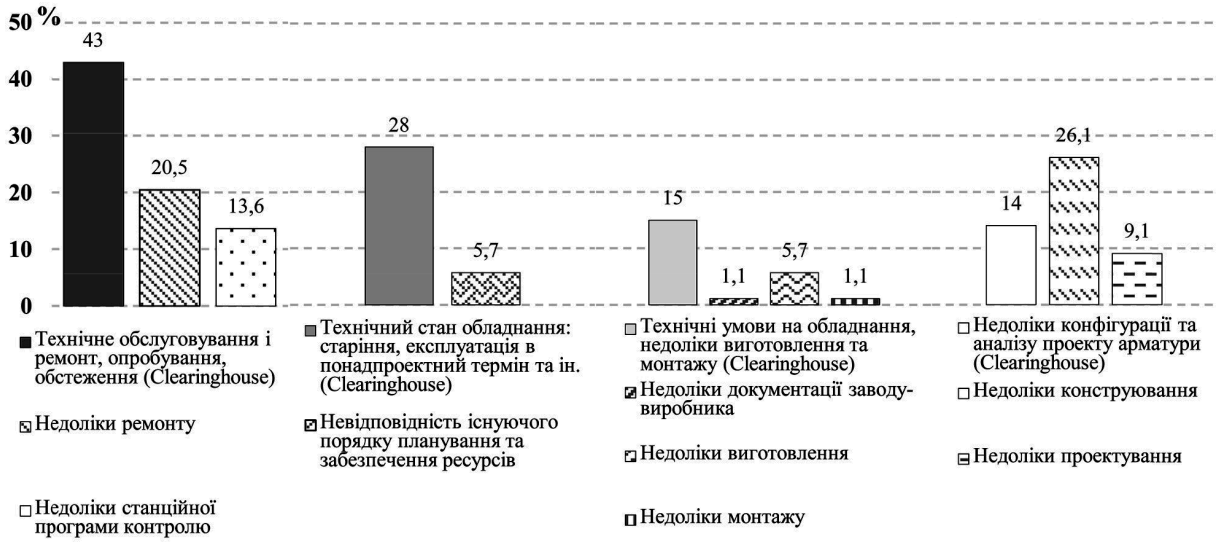


Рисунок 9 — Порівняльна оцінка внеску корінних причин

1) процедури з обслуговування мають бути максимально повними та точними й містити всі необхідні дані для мінімізації потенційних помилок;

2) ліцензіати повинні забезпечити реалізацію заходів із запобігання контакту агресивних рідин (вологостійкі мастила, очищуючі розчини) із внутрішніми елементами клапанів;

3) методи, частота та обсяги технічного обслуговування та перевірок арматури мають забезпечувати своєчасне виявлення деградації її компонентів.

Крім того, під час аналізу подій на АЕС України було виявлено, що:

1) серед причин, що пов'язані з обладнанням, найбільшу кількість складають недоліки конструювання. Отже, існує необхідність підвищення ефективності співробітництва експлуатуючої організації з виробниками в частині усунення недоліків конструювання;

2) під час виконання технічного обслуговування та ремонту слід забезпечити належний контроль за використанням деталей із сертифікованих матеріалів. Зокрема, через внесення відповідних вимог до документації з проведення технічного обслуговування та ремонтів, введення звітності, перевірки дотримання вимог технічних умов, підвищення рівня культури безпеки, належну підготовку персоналу, проведення інструктажів, реалізацію належного матеріально-технічного забезпечення тощо;

3) повинен бути реалізований на належному рівні контроль за виконанням технологічних операцій під час збирання обладнання та прийманням обладнання після ремонту;

4) існує необхідність підвищення ефективності використання здобутих уроків з досвіду експлуатації, зокрема щодо забезпечення повноти розроблених заходів за результатами врахування уроків з подій на інших енергоблоках і своєчасного їх впровадження;

5) зміни до експлуатаційної документації повинні вноситися своєчасно та відображати актуальний стан обладнання;

6) вимоги в експлуатаційних процедурах повинні бути сформовані так, щоб уникати двозначного трактування, що можливо забезпечити через виконання їх верифікації/валідації або проведення відповідних перевірок під час погодження.

Зазначені уроки з досвіду експлуатації АЕС Європи, включно з Україною, та відповідні рекомендації можуть бути використані під час планування та здійснення наглядової діяльності, передусім інспекційних перевірок на майданчиках АЕС України.

Список використаної літератури

1. Загальні положення безпеки атомних станцій (НП 306.2.141-2008), затверджені наказом Держатомрегулювання України від 19.11.2007 № 162, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 25.01.2008 за № 56/14747.

2. IAEA Safety Standards Operating Experience Feedback for Nuclear Installations. Specific Safety Guide No. SSG-50 — Vienna: IAEA, 2018.

3. Clearinghouse on Operating Experience Feedback : веб-сайт. URL: https://clearinghouse-oef.jrc.ec.europa.eu (дата звернення: 17.07.2019).

4. JRC Technical Report. Operating experience with valves related to safety at nuclear power plants. — European Commission. Joint Research Center, 2019.

5. Положення про порядок розслідування та обліку порушень в роботі атомних станцій (НП 306.2.100-2004), затверджене наказом Держатомрегулювання України від 01.12.2004 № 184, зареєстроване в Міністерстві юстиції України від 17.12.2004 за № 1594/10193.

References

1. General Safety Provisions for Nuclear Power Plants (NP 306.2.141-2008), approved by the Order of the State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine No. 162 of 19 November 2007 and Registered in the Ministry of Justice of Ukraine under No. 56/14747 of 25 January 2008.

2. IAEA Safety Standards Operating Experience Feedback for Nuclear Installations Specific Safety Guide No. SSG-50 — Vienna: IAEA, 2018.

3. Clearinghouse on Operating Experience Feedback. Retrieved from https://clearinghouse-oef.jrc.ec.europa.eu.

4. JRC Technical Report. Operating experience with valves related to safety at nuclear power plants. — European Commission. Joint Research Center, 2019.

5. Provisions on the Procedure for Investigation and Accounting of Operational Events at Nuclear Power Plants (NP 306.2.100-2004), approved by the Order of the State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine No. 184 of 01 December 2004 and Registered in the Ministry of Justice of Ukraine under No. 1594/10193 of 17 December 2004.

Operating Experience for Valves at the Nuclear Power Plants of Ukraine and the European Union

Serafyn R.[1], Ligotskyy O[1]., Nedbay S.[1], Pecherytsia O.[1], Khalenko R.[2], Kurman O. [2]

[1] State Enterprise "State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety", Kyiv, Ukraine

[2] State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The paper presents information on the results of analyzing operational events at nuclear power plants (NPP) of Ukraine and the European Union that were caused or related to the failures of valves. The first part of the paper provides a brief overview of the European Clearinghouse on Operational Feedback for Nuclear Power Plants study on operational events with failure of the valves important to NPP safety. The abovementioned study considered events for the period from 1997 to 2016, which were taken from the IAEA database, databases of technical support organizations of France and Germany, as well as those provided by the Swiss and Spanish regulatory authorities. The main results of the study were presented in the paper, and the main causes of operational events caused by valve failures were observed. In addition, technical areas that required the development of recommendations were indicated. The paper includes a statistical assessment and a detailed analysis of the root causes of operational events at Ukrainian NPPs caused by or related to the failure of valves of all types, regardless of the effect on safety, for the period from 1998 to 2018. The approach for the analysis of operational events at Ukrainian NPPs is similar to that used in the above-mentioned study. Within the framework of the statistical analysis, the distribution of operational events at Ukrainian NPPs related to the failure of valves by years, nuclear power plants and systems was presented. The results of the analysis of the root causes of valve failures was presented within three groups referring to equipment, documentation, personnel and management system. In the final part of the paper, a comparative analysis of the contribution of the root causes obtained from the results of both studies was carried out, and the general lessons and specific recommendations for further consideration during the oversight activity are presented.

K e y w o r d s: operational event analysis, operating experience, valve failure, statistical analysis, analysis of causes.

Опыт эксплуатации арматуры на атомных электростанциях Украины и Европейского Союза

Серафин Р. И.[1], Лигоцкий А. И.[1], Недбай С. В.[1], Печерица А. В.[1], Халенко Р. В.[2], Курман А. М.[2]

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

2 Государственная инспекция ядерного регулирования Украины, г. Киев, Украина

Статья содержит информацию о результатах анализа нарушений в работе АЭС Украины и Европейского Союза, вызванные или связанные с отказами арматуры. В первой части статьи приведен краткий обзор исследования Европейской сети обратной связи от опыта эксплуатации АЭС (European Clearinghouse on Operating Experience Feedback for Nuclear Power Plants) по эксплуатационным событиям с отказом арматуры, важной для безопасности АЭС. В рамках указанного исследования были рассмотрены события за период с 1997 по 2016 годы из баз данных МАГАТЭ, организаций технической поддержки регулирующих органов Франции и Германии, а также информации, предоставленной регулирующими органами Швейцарии и Испании. В статье представлены основные результаты указанного исследования, рассмотрены причины эксплуатационных событий, вызванных отказами арматуры, и указаны технические области, для которых разрабатывались рекомендации. С использованием подхода, аналогичного принятому в указанном выше исследовании, в статье выполнены статистическая оценка и детальный анализ коренных причин нарушений в работе АЭС Украины за период с 1998 по 2018 годы, вызванных или связанных с отказами всех типов арматуры в независимости от влияния на безопасность. В рамках статистической оценки представлено распределение нарушений на АЭС Украины, связанных с отказом арматуры, по годам, станциям и системам. Также приведены результаты анализа коренных причин отказов арматуры по трем группам, относящимся к оборудованию, документации, персоналу и системе управления. В заключительной части статьи выполнен сравнительный анализ вклада коренных причин, полученных по результатам выполнения обоих исследований, а также определены общие уроки и специфические рекомендации для дальнейшего их учета при осуществлении надзорной деятельности.

К л ю ч е в ы е с л о в а: анализ нарушений, опыт эксплуатации, отказ арматуры, статистический анализ, анализ причин.

Отримано: 27.06.2019