

## Результати аналізу порушень, які сталися протягом 2015 — першого півріччя 2016 років на АЕС України

Наведено аналіз порушень, що сталися на АЕС України протягом 2015 — першого півріччя 2016 років за рядом напрямів, які характеризують експлуатаційну безпеку. Визначено області, важливі для безпеки та здійснення інспекційного нагляду, надано рекомендації з покращення системи використання досвіду експлуатації та підвищення рівня експлуатаційної безпеки.

*Ключові слова:* АЕС, порушення в роботі АЕС, звіт, розслідування, статистична оцінка, корінна причина, коригувальні заходи.

**С. В. Недбай, Д. В. Воронцов, О. М. Горпинченко, О. В. Печериця**

### Результаты анализа нарушений, произошедших в 2015 — первом полугодии 2016 годов на АЭС Украины

Дан анализ нарушений, произошедших на АЭС Украины в 2015 — первом полугодии 2016 годов по ряду направлений, характеризующих эксплуатационную безопасность. Определены области, важные для безопасности и осуществления инспекционного надзора, даны рекомендации по улучшению системы использования опыта эксплуатации и повышению уровня эксплуатационной безопасности.

*Ключевые слова:* АЭС, нарушения в работе АЭС, отчет, расследование, статистический анализ, коренная причина, корректирующие меры.

Одним з ключових способів підвищення безпеки є врахування досвіду експлуатації, коли виконанням оцінки поточного стану експлуатаційної безпеки виявляються проблемні фактори, які потребують уваги як з боку експлуатуючої організації, так і з боку регулюючого органу. Важливою складовою національної системи врахування досвіду експлуатації є робота [1], яку, починаючи з 1993 року, виконує Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки (ДНТЦ ЯРБ) як організація науково-технічної підтримки Держатомрегулювання. Загальною метою цієї роботи є надання підтримки регулюючому органу в здійсненні нагляду за дотриманням норм і правил ЯРБ у сфері досвіду експлуатації та поточного рівня безпеки.

Для визначення тенденції результати аналізу та оцінки документів експлуатуючої організації, отриманих за звітний період, збираються та систематизуються. На підставі аналітичної обробки даних виявляються негативні тенденції, досліджуються найбільш значущі виявлені тенденції, надаються рекомендації Держатомрегулюванню в підтримку здійснення нагляду за дотриманням норм і правил ЯРБ та пропозиції щодо покращення роботи системи використання досвіду експлуатації.

Джерелом даних є звіти про розслідування порушень у роботі АЕС та інформаційна система «Порушення в роботі АЕС», яка призначена для забезпечення обліку інформації про порушення в роботі АЕС України та подальшого статистичного аналізу цієї інформації. База даних ведеться фахівцями ДНТЦ ЯРБ з 1992 року та містить інформацію про більше ніж 1300 порушень у роботі АЕС України.

**Статистична оцінка порушень.** Протягом 2015 — першого півріччя 2016 років у промисловій експлуатації перебували 15 енергоблоків АЕС, з яких 13 енергоблоків — з реакторами типу ВВЕР-1000 та два енергоблоки (№№ 1, 2 Рівненської АЕС) — з реакторами типу ВВЕР-440; на етапі зняття з експлуатації — три енергоблоки на Державному спеціалізованому підприємстві «Чорнобильська АЕС» з реакторами типу РВПК (реактор великої потужності каналний).

У 2015 році виявлено 15 порушень у роботі АЕС України, в першому півріччі 2016 року — 7 порушень. На енергоблоках Чорнобильської АЕС порушень не зафіксовано.

У 2015 році вперше за останні п'ять років кількість порушень збільшилась (у півтора рази порівняно з 2014 роком) до рівня 2011–2012 років (рис. 1), що є негативним фактором. У першому півріччі 2016 року кількість порушень (7) становить майже половину загальної кількості порушень (15) за 2015 рік та 70 % кількості порушень (10) за 2014 рік.

Під час 22 порушень, які сталися протягом 2015 — першого півріччя 2016 років на діючих АЕС, зафіксовано 29 аномальних подій (відхилення від нормального режиму експлуатації, що може бути спричинено відмовою обладнання, зовнішнім впливом, помилкою персоналу або недоліками процедур) [2]. Корінні причини аномальних подій за своїм характером розподіляються, відповідно до [2], на три основні групи:

- корінні причини, що пов'язані з обладнанням;
- корінні причини, що пов'язані з документацією;
- корінні причини, що пов'язані з персоналом та системою управління.

У 2015 — першому півріччі 2016 років для 29 аномальних подій було визначено 42 корінні причини. Внесок кожної групи корінних причин у загальну кількість порушень протягом зазначеного періоду зображено на рис. 2.

Найбільший внесок дають причини, пов'язані з відмовами обладнання (52 %). Доволі високий відсоток причин припадає на помилки персоналу (24 %) та недоліки

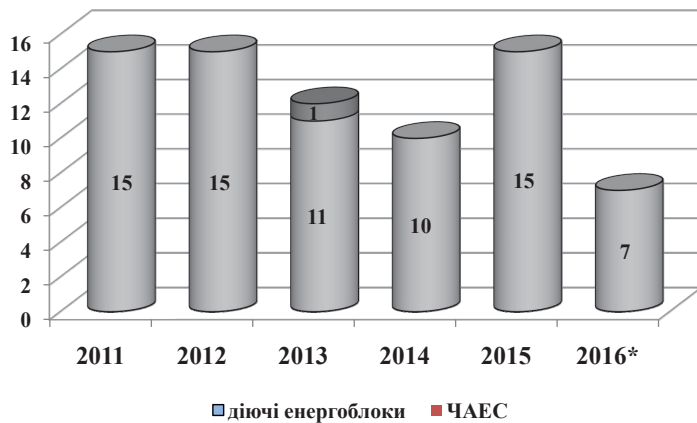


Рис. 1. Кількість порушень у роботі АЕС України в 2011—2016 роках (на 30.06.2016)

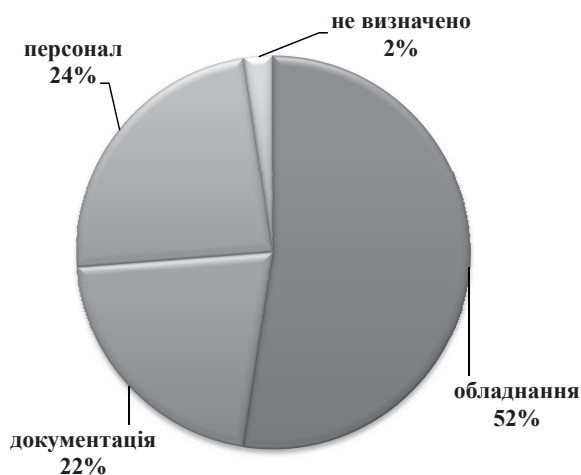


Рис. 2. Розподіл корінних причин виникнення аномальних подій

документації (22 %). У 2015 році одна корінна причина не була визначена під час розслідування, оскільки для її встановлення потрібні додаткові детальні обстеження та комісійний огляд, які можна провести лише під час чергового планово-попереджувального ремонту (ППР) енергоблока (подія сталася на енергоблоці № 1 Хмельницької АЕС).

Основними корінними причинами аномальних подій за період, що розглядається, були:

недоліки проектування (включаючи зміни) — 8 причин (19 %);

недоліки конструювання (включаючи зміни) — 5 причин (12 %);

невідповідність процедур виконання робіт та контролю їх результатів — 4 причини (9,5 %).

Протягом березня — квітня 2016 року на енергоблоках АЕС України 5 подій спричинили зупинення енергоблоків через дефекти обладнання систем нормальної експлуатації енергоблоків. Це обладнання, відповідно до НП 306.2.141-2008, належить до 4-го класу безпеки, тобто не впливає на ядерну та радіаційну безпеку. Такі події не відносяться до порушень у роботі АЕС, класифікуються як технологічні порушення в роботі АЕС і розслідуються згідно з «Інструкцією про розслідування і облік технологічних порушень на об'єктах електроенергетики і в об'єднаній енергетичній системі України»

СОУ Н МПЕ40.1.08.551:2009. Незважаючи на те що ці події не є важливими для безпеки, вони потребували зупинення енергоблоків для проведення ремонту, що призводило до додаткового навантаження на персонал та основне обладнання; отже, такі події потенційно є важливими для безпеки. Беручи до уваги, що останніми роками кількість подібних подій постійно зростає, контроль за ними повинен проводитись не тільки на рівні експлуатуючої організації, а й на рівні Держатомрегулювання. Тому постає необхідність перегляду регулюючих вимог до порядку розслідування та обліку порушень у роботі АЕС, викладеного в [2], з метою врахування досвіду експлуатації та сучасних міжнародних підходів.

**Аналіз порушень у роботі АЕС України.** Аналіз порушень у роботі АЕС України виконується для виявлення загальних ознак та тенденцій, які свідчать про наявність (або відсутність) недоліків під час проведення розслідування порушень і надають інформацію стосовно поточного рівня безпеки енергоблоків АЕС.

За результатами оперативного аналізу всіх звітів з порушень за 2015 рік 80 % звітів було рекомендовано направити на дорозслідування або доопрацювання.

Основні недоліки розслідування порушень:

- неправильно встановлюються категорії порушень;
- не визначаються (або не аналізуються) всі аномальні події, які відбуваються під час порушень;
- неправильно визначаються та неточно формулюються причини порушень;

- розробляються неповні коригувальні заходи та встановлюються неадекватні терміни їх виконання;

- підходи до призначення термінів виконання коригувальних заходів не враховують необхідність підвищення пріоритету розроблених заходів щодо проведення заміни або модернізації обладнання на підставі виникнення порушення в роботі АЕС;

- не розглядаються (або не аналізуються) додаткові недоліки, які виявлені під час розслідування порушень;

- наводиться неповна хронологія подій під час порушення, не враховуються початкові неправильні дії;

- проводиться неповна оцінка впливу порушення на безпеку.

У першому півріччі 2016 року, порівняно з попередніми роками, треба відзначити задовільну якість звітів з розслідування порушень у роботі АЕС України: на дорозслідування відправлено 30 % звітів.

Для виявлення причин негативних факторів проведено детальний аналіз безпосередніх та корінних причин аномальних подій, що сталися під час порушень на АЕС України по кожному майданчику окремо.

На *Запорізькій АЕС* у 2015 році зафіксовано 8 порушень, що вдвічі перевищує показник 2014 року і є максимальним за останні п'ять років (2011—2015). 50 % аномальних подій на ЗАЕС були пов'язані з недоліками процедур та помилками персоналу, що вказує на систематичні недоліки організаційно-технічних факторів у діяльності ЗАЕС.

Безпосередні й корінні причини трьох порушень пов'язані з персоналом та системою управління. Так, 26.05.2015 на енергоблоці № 5 порушення сталася через множинні помилки персоналу, зокрема:

- невиконання персоналом своїх посадових вимог, вимог виробничої документації та інструкцій;
- невиконання оперативним персоналом своїх обов'язків з контролю за діями підлеглого персоналу;
- прийняття помилкових рішень;

порушення принципів комунікації;  
низький рівень дисципліни;  
недостатній контроль за зміненням технологічних параметрів і станом обладнання.

Порушення від 16.05.2015 на енергоблоці № 4 зумовили помилки ремонтного персоналу під час техобслуговування, що призвели до встановлення непроектного елемента й спричинили відключення енергоблока від мережі. Це свідчить про недоліки функціонування системи якості в цеху теплової автоматики та вимірювань. 17.11.2015 на енергоблоці № 6 через неправильну організацію робіт з виявлення несправності на запірній арматурі ТХ50S10 помилки оперативного персоналу (ПІУР, НЗС) призвели до зупинення реакторної установки дією АЗ.

У 2015 році на ЗАЕС неодноразово виникали порушення внаслідок утворення (дефект) свищів трубопроводів (звіти №№ 53АП-П08-05-07-15д та ІЗАП-П08-07-07-15). Корінною причиною порушення на енергоблоці № 5 була наявність концентратора напружень у вигляді мікропластичної деформації металу і пошкодження поверхневих шарів внутрішньої поверхні трубопроводу під час формування зварного шва в поєднанні із зовнішнім механічним впливом (колізія трубопроводу з відбортовкою площадки обслуговування). На енергоблоці № 1 корінною причиною було визначено порушення технології зварювання під час монтажу трубопроводу імпульсної лінії на етапі монтажу обладнання енергоблока. Призначено коригувальні заходи ЗАЕС щодо розробки робочих програм з додаткового контролю основного металу, зварних з'єднань обладнання та трубопроводів реакторного відділення, а також заходи (щодо організації захисних огорожень, перехідних містків, усунення колізій тощо), спрямовані на запобігання зовнішньому механічному впливу.

У першому півріччі 2016 року на ЗАЕС сталося два порушення. Аномальна подія від 05.02.2016 на енергоблоці № 4 призвела до непрацездатності каналу СБ через втрату напруги на секції ВХ надійного живлення 6 кВ від аварійного джерела ДГ-3 внаслідок відмови силового діода. Супутнім фактором, що призвів до порушення, визнано організаційні недоліки раніше визначених коригувальних заходів щодо встановлення причин відмов діодів та невиконання запланованої заміни (реконструкції) вузла блоків обертових діодів, що призвело до повторення події.

Зазначимо, що всі відмови систем електропостачання в першому півріччі 2016 року зафіксовано саме на майданчику ЗАЕС. Так, 18.05.2016 сталося відключення від мережі енергоблока № 4 ЗАЕС через тривале потрапляння вологи у верхню частину розрядника по порушеному ущільненню та електричний пробій по створеному цією вологою каналу. За корінну причину порушення визначено заводський дефект нижньої запобіжної мембрани обмежувача перенапруги. Однак проведений під час розслідування порушення аналіз по процесах управління як бар'єрів, котрі мають попереджувати виникнення порушень у роботі ЗАЕС, виявив невідповідності в процесі техобслуговування і ремонту. Для запобігання повторенню аналогічних порушень розроблено коригувальні заходи в частині перегляду процедури з ТО обмежувачів перенапруги типів ОПН-750 та ОПН-330.

На Рівненській АЕС у 2015 році порушень не зафіксовано, а в першому півріччі 2016 року сталося одне порушення на енергоблоці № 3: «Отключение энергоблока № 3 от сети технологической защитой по повышению давления в конденсаторе ТА-5 при несанкционированном отключении секции 6 кВ ЗВД», під час якого відбулися три аномальні події. Корінні причини порушення — недоліки проектних рішень

і схем, множинні помилки ремонтного персоналу через низький рівень культури безпеки та інші супутні фактори. Результати аналізу причин події показали необхідність:

постійної підтримки та підвищення кваліфікації ремонтного персоналу;

мінімізації впливу людського фактора для унеможливлення несанкціонованого вимкнення обладнання;

розробки та реалізації додаткових комутаційних пристроїв у ланцюзі відключення вимикачів робочих вводів секцій від технологічних захистів ГЦН;

своєчасного усунення малозначущих подій як превентивних заходів запобігання значущим подіям.

На Хмельницькій АЕС у 2015 році сталося чотири порушення, що, як і на ЗАЕС, удвічі перевищує показник 2014 року. На енергоблоці № 1 ХАЕС зафіксовано найбільшу кількість порушень (три), що більше ніж у 3 рази перевищує середнє значення кількості порушень на енергоблок по галузі (0,88 порушення на енергоблок) за останні п'ять років (2011—2015).

04.05.2015 енергоблок № 1 ХАЕС розвантажився більш як на 25 % через відмову реле типу РТЗ-51 в ланцюзі захисту електродвигуна головного циркуляційного насоса. На АЕС України порушення та відхилення з відмовою реле типу РТЗ-51 відповідальних з'єднань, відмова яких призводить до розвантаження енергоблока, є неодноразовими (10 подій за 1989—2015 роки). До того ж подібні аномальні події повторилися двічі в 2015 році (на Хмельницькій АЕС та Южно-Українській АЕС), що свідчить про недостатню ефективність раніше вжитих коригувальних заходів або їх невчасне виконання. Так, у коригувальних заходах неодноразово вказувалось на потребу заміни реле РТЗ-51, в першу чергу такого, що вистало свій ресурс. Це підтверджує й надані Южно-Українській АЕС, де відмова реле РТЗ-51 з перевищенням терміном служби призвела до розвантаження енергоблока № 3 (звіт з ЮУК-004/2-02-05-15), рекомендації заводу-виробника щодо заміни реле РТЗ-51, середній термін служби яких перевищує встановлений (12 років). До порушення в роботі ХАЕС призвела саме відмова обладнання, встановлений термін служби якого дорівнює 12 рокам, а експлуатувалося воно з 1987 року (28 років) й потребувало заміни або модернізації.

75 % порушень на ХАЕС припадає на час ремонту або на етап виходу на потужність після ППР. Характерними причинами порушень є недоліки організаційно-технічного характеру. Особливої уваги потребує якість організації робіт під час ТО, ремонтів, на що треба звернути увагу експлуатуючій організації. Під час ТО та ремонту є обов'язковим нагляд за їх виконанням по контрольних точках (етапах), таких як підготовка до роботи, документація, виконання, обробка даних й завершення роботи, інша цінна інформація.

У першому півріччі 2016 року порушень на енергоблоках ХАЕС не було.

На Южно-Українській АЕС в 2015 році сталося три порушення, під час яких зафіксовано чотири аномальні події. Всі системи, що відмовили або зазнали впливу, належать до допоміжних систем забезпечення працездатності обладнання. Проте їх відмови спричинили вимкнення або розвантаження енергоблоків, що призводить до зменшення залишкового проектного ресурсу обладнання СВБ та зниження регламентованої кількості циклів навантаження елементів РУ.

У першому півріччі 2016 року на ЮУАЕС сталося найбільше порушень (чотири) серед усіх майданчиків АЕС, і цей показник перевищує минулорічний. Серед них дві відмови

ГЦН зафіксовані на енергоблоці № 2 через недосконалість процедур з ремонту ГЦН та непоширення позитивного досвіду з ремонту та техобслуговування ГЦН в галузі.

Зауважимо, що з дев'яти корінних причин, визначених під час розслідування порушень на енергоблоках ЮУАЕС, шість (67 %) були пов'язані з документацією та персоналом: відсутність у технічній документації певних вимог або їх невнесення, недостатній рівень практичної підготовки персоналу та керівників, недостатній аналіз ефективності й достатності раніше прийнятих рішень щодо заміни обладнання, помилкові дії персоналу ЦТАВ у виконанні операцій внаслідок втрати самоконтролю. Усі перелічені причини порушень свідчать про недоліки забезпечення культури безпеки — одного з фундаментальних принципів безпеки атомних станцій.

**Аналіз порушень зі спільними характеристиками.** Аналіз попередніх аналогічних порушень (тобто порушень, які мають хоча б одну аномальну подію з такими самими безпосередньою й корінною причинами [2]) виконується під час розслідування порушення. Але важливо проводити й аналіз подій, які мають спільні характеристики (наприклад, відмови однотипного обладнання через різні причини), що допоможе впровадженню превентивних заходів для запобігання повторенню подій. ДНТЦ ЯРБ під час виконання аналізу порушень розроблено критерії для визначення подій зі спільними характеристиками. Розглянемо далі результати аналізу за цими критеріями.

Події, які сталися в 2015 — першому півріччі 2016 років, порівнювалися з подіями, які сталися на АЕС України з 2011 року. Для аналізу використовувалася інформація зі звітів з порушень у роботі АЕС України та з інформаційної системи «Порушення в роботі АЕС».

Аналіз порушень показав, що за зазначений період (2011 — перше півріччя 2016 років) у низці подій є спільні ознаки [1]. На АЕС України неодноразово відбувались:

порушення та відхилення з відмовою реле типу РТЗ-51 відповідальних з'єднань, відключення яких призводить до розвантаження енергоблока;

порушення з відмовами кабелю контрольного, шинки управління, контролю, сигналізації, з'єднувального проводу через механічні uszkodження обладнання внаслідок недотримання вимог документів, невиконання виробничих та посадових інструкцій або недоліків програм обстеження; відмови запірної арматури, корінні причини яких визначені як недоліки експлуатаційної документації, що регламентує порядок проведення ТО обладнання;

відмови контрольного кабелю через приховані дефекти, що призвели до вимкнення ГЦН та розвантаження енергоблока;

аномальні події, які пов'язані з виникненням свища на трубопроводах через порушення технології зварювання;

три відмови 2ГЦН-1 на енергоблоці № 2 ЮУАЕС: у двох випадках однією з корінних причин аномальної події визнано недостатній обсяг контролю та приймання ОТК, а також незадовільна якість технічної документації на ремонт ГЦН; корінні причини збільшення вібраційної швидкості електродвигуна не встановлено;

порушення з відмовами нарізних втулок на регулюючих клапанах.

Аналіз подій зі спільними характеристиками дає важливі результати, які корисні для всієї галузі. Під час чергового перегляду нормативного документа з розслідування порушень [2] потрібно переглянути та розширити термін «аналогічні порушення» для пошуку та аналізу порушень зі спільними характеристиками.

## Висновки

У 2015 році вперше за останні п'ять років кількість порушень зросла до рівня 2011-2012 років. У першому півріччі 2016 року кількість порушень (7) становить майже половину загальної кількості порушень (15) за 2015 рік та 70 % кількості порушень (10) за 2014 рік.

У 2015 році відзначалася низька якість розслідування порушень; у першому півріччі 2016 року така тенденція не спостерігається, на дорозслідування було направлено 30 % звітів проти 80 % у 2015 році.

Четверта частина всіх корінних причин протягом 2015 — першого півріччя 2016 років була пов'язана з помилками персоналу, що потребує приділення більшої уваги підготовці персоналу, який бере участь у експлуатації та ремонті РУ, та підвищенню рівня культури безпеки персоналу всіх рівнів. Держатомрегулюванню під час інспекційних перевірок рекомендуємо звернути увагу на стан організації системи підбору, підготовки та підтримання кваліфікації персоналу, а також на впровадження заходів з формування культури безпеки та дотримання порядку технічного обслуговування, ремонту, періодичності та обсягу випробувань систем (елементів), важливих для безпеки ядерних установок.

Аналіз усіх порушень, що сталися у 2015 — першому півріччі 2016 років, показав, що більшість з них спричинена недоліками організаційно-технічних факторів, які попереджають виникнення відмов, та недоліками у забезпеченні культури безпеки, на що треба звернути особливу увагу ДП НАЕК «Енергоатом».

Потребують перегляду регулюючі вимоги до порядку розслідування та обліку порушень у роботі АЕС НП 306.2.100-2004 [2] з метою врахування досвіду експлуатації та сучасних міжнародних підходів.

## Список використаної літератури

1. Звіт про науково-дослідну роботу : Оперативний та технологічний аналіз порушень у роботі АЕС України за 2015 рік / ДНТЦ ЯРБ; керівник Д. В. Воронцов; викон. С. В. Недбай, О. І. Лігоцький, М. С. Бережний, Р. І. Серафін, А. В. Оксюта. — К., 2016. — 121 с. — № держреєстрації 0116U004916.

2. Положення про порядок розслідування та обліку порушень в роботі атомних станцій : НП 306.2.100-2004 // Офіційний вісник України. — 2004. — № 51. — Стор. 187, ст. 3382. — Код акту 31072/2004.

## References

1. Nedbay, S.V., Vorontsov, D.V., Ligotsky, O.I., Berezhnyy, M.S., Serafyn, R.I., Oksiuta, A.V. (2016), "Report on R&D Prompt and Technological Analysis of Operational Events at Ukrainian Nuclear Power Plants for 2015" [Zvit pro naukovo-doslidnu robotu: Operatyvnyi ta tekhnolohichniy analiz porushen' u roboti AES Ukrainy za 2015 rik], SSTC NRS, Kyiv, 121 p., State Registration No. 0116U004916. (Ukr)

2. NP 306.2.100-2004. Provision on Investigation and Accounting of Operational Events at NPPs [Polozhennia pro poriadok rozsliduvannia ta obliku porushen v roboti atomnykh stantsii: NP 306.2.100-2004], Official Bulletin of Ukraine, 2004, No. 51, p. 187, Art. 3382. Act code: 31072/2004. (Ukr)

Отримано 25.07.2016.