

Експертиза звітів з аналізу безпеки як важлива частина ліцензування нових енергоблоків АЕС України

Описано одну з найважливіших робіт, виконаних фахівцями відділу аналізу експлуатаційної безпеки АЕС Державного науково-технічного центру з ядерної та радіаційної безпеки (ДНТЦ ЯРБ) під час введення в експлуатацію нових енергоблоків на Хмельницькій та Рівненській АЕС України.

А. І. Лігоцький, С. В. Недбай

Экспертиза отчетов по анализу безопасности как важная часть лицензирования новых проектов АЭС Украины

Описана одна из важнейших работ, выполненных специалистами отдела анализа эксплуатационной безопасности АЭС Государственного научно-технического центра по ядерной и радиационной безопасности в период ввода в эксплуатацию новых энергоблоков на Хмельницкой и Ровенской АЭС.

Звіт з аналізу безпеки є важливою складовою комплексу документів, які за Законом України «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії» [2] та Законом України «Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку» [1] необхідні для одержання ліцензії експлуатуючою організацією на діяльність на етапі життєвого циклу “експлуатація” ядерної установки.

ЗАБ містить інформацію, необхідну для розуміння та обґрунтування проектних засад енергоблока, критеріїв та принципів безпеки, закладених у проекті, питань експлуатації та забезпечення якості.

Принципова мета ЗАБ полягає в наданні інформації про призначення енергоблока, результати оцінки безпеки, результати аналізу умов на площадці АЕС, встановлених проектних характеристик технологічних систем, взаємодії систем, що мають підтвердити можливість експлуатації енергоблока без надлишкового ризику для здоров'я персоналу, населення, а також радіаційного впливу на навколишнє природне середовище понад встановлені норми в умовах нормальної експлуатації, порушень нормальної експлуатації, аварійних ситуацій, проектних аварій та можливість зменшення наслідків запроектованих аварій.

Процедура розгляду матеріалів звітів з аналізу безпеки нових енергоблоків

Відповідно до доручення Держатомрегулювання України фахівцями ДНТЦ ЯРБ виконано розгляд та експертну оцінку матеріалів попереднього ЗАБ (на стадії введення до дослідно-промислової експлуатації) та остаточного ЗАБ (на стадії введення до промислової експлуатації) нових енергоблоків на Хмельницькій та Рівненській атомних електростанціях.

Надходження матеріалів ЗАБ до ДНТЦ ЯРБ відбувалося поетапно (окремими частинами та розділами), тому Держатомрегулюванням України було встановлено таку процедуру виконання Державної експертизи ЗАБ та відповідної звітності за результатами експертизи:

виконання попередньої експертної оцінки (в міру надходження та розгляду окремих частин розділів попереднього ЗАБ на стадії введення до дослідно-промислової експлуатації);

підготовка анотаційного звіту (після завершення розгляду всіх частин окремого попереднього ЗАБ);

попередній звіт про виконання експертизи ЗАБ та висновок Державної експертизи ЯРБ (після завершення розгляду всього попереднього ЗАБ);

виконання експертної оцінки (по мірі надходження та розгляду окремих частин розділів остаточного ЗАБ на стадії введення у промислову експлуатацію) за результатами коригування ЗАБ відповідно до результатів пусконаладжувальних робіт; врахування результатів експертизи ЯРБ попереднього ЗАБ;

підготовка зведеного звіту про виконання експертизи остаточного ЗАБ та висновку Державної експертизи ЯРБ.

Під час проведення оцінки матеріалів ЗАБ енергоблоків № 2 ХАЕС та № 4 РАЕС виконано аналіз:

- загального опису атомної станції;
- характеристики району та площадки АЕС;
- розрахункового обґрунтування будівель, споруд, систем та елементів;
- опису реактора;

опису головного циркуляційного контуру;
опису систем безпеки;
опису систем керування технологічними процесами;
опису систем електропостачання;
опису допоміжних систем енергоблока;
опису паротурбінної установки;
поводження з радіоактивними відходами;
захисту від радіації;
опису експлуатації;
програми пусконаладжувальних робіт;
аналізу аварій;
опису меж та умов безпечної експлуатації;
програм забезпечення якості;
програм зняття з експлуатації;
імовірнісного аналізу безпеки та аналізу запроектних аварій;
опису систем пожежної безпеки.

Загальні підходи, застосовані для виконання оцінки матеріалів ЗАБ, полягали в оцінці повноти та достатності наданої інформації, що обґрунтовує безпеку і відповідність запропонованих проектних критеріїв фундаментальним принципам безпеки та вимогам чинних в Україні норм, правил і стандартів з ядерної та радіаційної безпеки, врахування змін та доповнень за результатами виконання пусконаладжувальних робіт, фізичного та енергетичного пусків, дослідно-промислової експлуатації.

Згідно з установленою процедурою, фахівцями ДНТЦ ЯРБ було виконано експертну оцінку матеріалів ЗАБ енергоблоків № 2 ХАЕС та № 4 РАЕС. Експертні оцінки по кожному з розділів ЗАБ представлено в Держатомрегулювання України, копії експертних оцінок направлені в експлуатуючу організацію НАЕК «Енергоатом» та розробнику – ОАО «Київський науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут “Енергопроект”» (надалі – КІЕП).

Для розгляду та обговорення питань, визначених за результатами розгляду Розробником і фахівцями ХАЕС та РАЕС зауважень та коментарів експертів, було організовано та проведено кілька робочих нарад з метою пошуку спільних щодо усунення зауважень рішень – оптимальних з точки зору забезпечення досягнення кінцевого результату ЗАБ. Під час проведення нарад кожне зауваження та відповідь на нього розглядалися експертами ДНТЦ ЯРБ, Розробником (КІЕП) та представниками ХАЕС і РАЕС. У результаті виконаної роботи були визначені та узгоджені спільні рішення щодо усунення кожного зауваження в попередньому та остаточному ЗАБ та проведено їх доопрацювання.

Відповідно до встановленої процедури, за результатами доопрацювання остаточного ЗАБ енергоблоків № 2 ХАЕС та № 4 РАЕС розроблено відповідні книги змін до ОЗАБ:

- «ХАЭС – 2. Окончательный отчет по анализу безопасности. Изменения. Часть 1. Главы 1 – 6»;
- «ХАЭС – 2. Окончательный отчет по анализу безопасности. Изменения. Часть 2. Главы 7 – 12»;
- «ХАЭС – 2. Окончательный отчет по анализу безопасности. Изменения. Часть 3. Главы 13, 14, 17, 18, 20»;
- «ХАЭС – 2. Окончательный отчет по анализу безопасности. Изменения. Часть 4. Главы 15, 19»;
- «РАЭС – 4. Окончательный отчет по анализу безопасности. Изменения. Часть 1. Главы 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 16»;
- «РАЭС – 4. Окончательный отчет по анализу безопасности. Изменения. Часть 2. Главы 4, 15, 19».

Фахівцями ДНТЦ ЯРБ виконано державну експертизу ЯРБ книг змін з аналізом повноти та достатності усунення

зауважень, визначених при виконанні експертизи окремих частин остаточного ЗАБ енергоблоків № 2 Хмельницької АЕС та № 4 Рівненської АЕС, та відповідності прийнятих підходів до усунення зауважень рішенням протоколів робочих нарад.

Результати розгляду матеріалів звітів з аналізу безпеки нових енергоблоків

Представлені на розгляд ЗАБ енергоблоків № 2 ХАЕС та № 4 РАЕС, розроблено відповідно до вимог нормативного документа КНД 306.302-96 «Требования к содержанию отчета по анализу безопасности АС с реакторами типа ВВЭР на стадии выдачи разрешения на ввод в эксплуатацию» [3] та «Отчета по анализу безопасности. Состав и содержание отчета по анализу безопасности энергоблоков № 2 ХАЭС и № 4 РАЭС. 43-923.202.020.ТП00, утвержденный письмом Держатомрегулювання України № 15-348 от 12. 04. 01» [4].

ЗАБ енергоблоків № 2 ХАЕС та № 4 РАЕС не охоплюють виконання аналізу запроектних аварій, а також таких аспектів:

імовірнісний аналіз безпеки першого рівня виконано для внутрішніх вихідних подій аварій (ВПА) по відношенню до активної зони. В рамках аналізу не розглянуто інших джерел радіоактивних речовин, а також аварійних послідовностей, які призводять до наднормативного викиду. Крім того, під час виконання імовірнісного аналізу безпеки не в повній мірі враховано всі потенційні ефекти (затоплення; запарювання; биття трубопроводів та ін.);

область застосування результатів аналізу проектних аварій для категорії вихідних подій під час поведження з радіоактивними відходами та ядерним паливом є обмеженою.

Результати розгляду ЗАБ енергоблока № 2 Хмельницької АЕС

Аналіз представлених матеріалів ЗАБ показав його відповідність фундаментальним принципам та критеріям безпеки; структура інформації, надана в ЗАБ, відповідає вимогам нормативних документів.

Загальні підходи, застосовані для виконання АПА, полягають в аналізі розвитку перехідних процесів після виникнення вихідної події (ВП) з метою перевірки дотримання критеріїв прийнятності відносно:

умов охолодження (зберігання цілісності) паливних елементів;

зберігання цілісності першого контуру реакторної установки (у випадках, коли цілісність першого контуру не порушена безпосередньо виникненням вихідної події);

зберігання герметичності захисної оболонки енергоблока;

виходу радіоактивних продуктів за межі ГО.

Підходи та методи, які було застосовано для виконання ІАБ, полягають у кількісних оцінках сумарної частоти пошкодження активної зони (ЧПАЗ) і окремих її складових в залежності від частот внутрішніх ВПА по відношенню до активної зони з урахуванням системних, функціональних, феноменологічних залежностей та впливу дій персоналу.

Інформація, наведена в ЗАБ, підтвердила загальну відповідність рівня безпеки енергоблока № 2 Хмельницької АЕС національним вимогам та міжнародно прийнятим стандартам з ядерної та радіаційної безпеки.

Аналіз представлених матеріалів ЗАБ енергоблока № 2 Хмельницької АЕС, які було подано до Держатомрегулювання України, виявив ряд зауважень щодо повноти наданої інформації, усунення зауважень, які наведені у попередньому звіті про виконання державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки за матеріалами «Хмельницкая АЭС, энергоблок № 2. Отчет по анализу безопасности» № 2004 – ЗАБ – 3262/1 – 2ХАЕС [5], та врахування результатів ПНР під час розробки матеріалів остаточного ЗАБ енергоблока № 2 Хмельницької АЕС (детальніше див. [6]).

Після доопрацювання Розробником матеріалів остаточного ЗАБ за результатами експертних оцінок усі зауваження було усунуто за винятком наступних питань:

аналіз вихідних подій під час поводження зі свіжим та відпрацьованим паливом (пропозиції ВП ХАЕС з цього приводу наведено в листі вих. № 96-1083/7899 від 28.11.05 ВП ХАЕС);

виконання додаткових аналізів та надання відповідної додаткової інформації в остаточному ЗАБ у зв'язку з впровадженням ТВЗ-А з урахуванням зауважень Державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки.

За результатами проведення оцінки слід зробити загальний висновок про те, що результати АПА енергоблока № 2 ХАЕС підтверджують факт дотримання встановлених проектом меж безпеки після виникнення більшості з проаналізованих подій з урахуванням принципу одиначної відмови і консерватизму у виборі початкових та граничних умов.

Порівняльний аналіз основних результатів ІАБ рівня 1 для внутрішніх вихідних подій аварій (ВПА) по відношенню до активної зони енергоблока № 2 ХАЕС на потужності з результатами, отриманими для аналогічних реакторних установок, не виявив суттєвих розбіжностей.

Результати розгляду ЗАБ енергоблока № 4 Рівненської АЕС

ЗАБ містить результати всебічної оцінки безпеки енергоблока № 4 РАЕС в частині обґрунтування проектних основ енергоблока, критеріїв та принципів безпеки, закладених у проєкті, питань експлуатації та забезпечення якості, зокрема за такими аспектами:

аналіз систем енергоблока, пов'язаних загальностанційних систем/об'єктів та майданчика АЕС, який включає в себе призначення та проєктні основи систем, опис конструкції та технологічних схем, інформацію стосовно керування, контролю та випробування систем, нормальне функціонування систем та функціонування під час відмов. На підставі наведеної інформації зроблено оцінку щодо відповідності проєкту систем та майданчика встановленим вимогам, принципам та критеріям безпеки;

аналіз проєктних аварій, який включає в себе перелік вихідних подій, дані щодо розрахункових моделей, опис шляхів протікання аварій та результати аналізу. Аналіз наведеної інформації виконано в напрямку визначення можливості забезпечення дотримання меж безпечної експлуатації, які встановлені чинними в Україні нормативними документами з ядерної та радіаційної безпеки, в разі виникнення порушень нормальної експлуатації, аварійних ситуацій та проєктних аварій;

імовірнісний аналіз безпеки 1-го рівня, що включає аналіз даних з надійності обладнання, аналіз аномальних подій та випадків, ідентифікації та групування вихідних подій аварій, критерії успіху, моделювання дерев відмов, аналіз

аварійних послідовностей, аналіз надійності персоналу, результати кількісної оцінки та їх інтерпретації.

Аналіз представлених на розгляд матеріалів остаточного ЗАБ показав його відповідність фундаментальним принципам та критеріям безпеки; структура інформації, надана в остаточному ЗАБ, відповідає вимогам нормативних документів (див. [9]).

Зокрема, загальні підходи, які було застосовано для виконання АПА, полягають в аналізі розвитку перехідних процесів після виникнення вихідних подій аварій з метою перевірки дотримання критеріїв прийнятності відносно: умов охолодження (зберігання цілісності) паливних елементів;

зберігання цілісності першого контуру реакторної установки (у випадках, коли цілісність першого контуру не порушена безпосередньо виникненням вихідної події);

зберігання герметичності захисної оболонки енергоблока; виходу радіоактивних продуктів за межі ЗО.

Підходи та методи, які було застосовано для виконання ІАБ, полягають у кількісних оцінках сумарної ЧПАЗ і окремих її складових в залежності від частот внутрішніх ВПА по відношенню до активної зони з урахуванням системних, функціональних, феноменологічних залежностей та впливу дій персоналу.

Інформація, наведена в остаточному ЗАБ, підтвердила загальну відповідність рівня безпеки енергоблока № 4 Рівненської АЕС національним вимогам та міжнародно прийнятим стандартам з ядерної та радіаційної безпеки.

Обсяг наданого звіту з аналізу безпеки відповідає умовам п. 3.9.2 ліцензії ЕО № 000197 «на введення в експлуатацію ядерної установки енергоблока № 4 Рівненської АЕС» та охоплює результати аналізу основних аспектів безпеки.

Кількісний показник безпеки, який визначено за результатами виконання ІАБ, а саме значення сумарної ЧПАЗ реактора, становить 4,23 Е-5, що відповідає прийнятим міжнародним критеріям, досвіду експлуатації аналогічних енергоблоків в інших країнах і є нижчим, ніж значення цього цільового показника безпеки, встановленого в «Загальних положеннях забезпечення безпеки атомних станцій. НП 306.1.02/1.034-2000».

Разом з тим зроблено окремі зауваження до остаточного ЗАБ, що мають бути усунуті на етапі життєвого циклу «експлуатація ядерної установки» за окремими графіками, узгодженими Держатомрегулюванням України, а саме:

надання в розділі 4 «Реактор» ОЗАБ енергоблока № 4 Рівненської АЕС інформації про властивості поглинача ПС СУЗ;

виконання аналізу вихідних подій під час поводження зі свіжим та відпрацьованим паливом та надання відповідної додаткової інформації у розділі 15 ОЗАБ енергоблока № 4 Рівненської АЕС;

виконання додаткових імовірнісних аналізів та аналізу за проєктних аварій в обсязі відповідно до умов п. 3.9.2.1 ліцензії ЕО № 000197 та надання відповідної додаткової інформації у розділі 19 ОЗАБ енергоблока № 4 Рівненської АЕС.

Висновки

Аналіз матеріалів ЗАБ є одною з найважливіших робіт під час прийняття рішення про можливість введення нових енергоблоків до експлуатації.

Результати аналізу ЗАБ нових енергоблоків № 2 Хмельницької та № 4 Рівненської АЕС показали їх відповідність фундаментальним принципам та критеріям безпеки і вимогам нормативних документів, що діють у сфері використання ядерної енергії.

Інформація, наведена в остаточному ЗАБ, підтвердила загальну відповідність рівня безпеки нових енергоблоків № 2 Хмельницької та № 4 Рівненської АЕС національним вимогам та міжнародно прийнятим стандартам з ядерної та радіаційної безпеки.

Література

1. Закон України "Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку".
2. Закон України "Про дозвільну діяльність".
3. Требования к содержанию отчета по анализу безопасности АС с реакторами типа ВВЭР на стадии выдачи разрешения на ввод в эксплуатацию: КНД 306.302-96 / Минэкобезопасности Украины, Администрация ядерного регулирования. — К., 1996.

4. Отчет по анализу безопасности. Состав и содержание отчета по анализу безопасности энергоблоков № 2 ХАЭС и № 4 РАЭС. 43-923.202.020.ТП00, утвержденный письмом Госатомрегулирования Украины № 15-348 от 12.04.01.

5. Попередній звіт про виконання державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки за матеріалами "Хмельницькая АЭС, энергоблок № 2. Отчет по анализу безопасности". № 2004 — ЗАБ — 3262/1 — 2ХАЭС.

6. Звіт про виконання державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки за матеріалами "Хмельницькая АЭС, энергоблок № 2. Окончательный отчет по анализу безопасности". № 05-09-3782.

7. Звіт про виконання державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки за матеріалами "Дополнительные материалы к главам 4 и 15 ОАБ блока № 2 Хмельницкой АЭС в связи с внедрением ТВСА".

8. Попередній звіт про виконання державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки за матеріалами "Ровенская АЭС, энергоблок № 4. Отчет по анализу безопасности". № 2004 — ЗАБ — 3262/1 — 4РАЭС.

9. Звіт про виконання державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки за матеріалами "Ровенская АЭС, энергоблок № 4. Окончательный отчет по анализу безопасности". № 05-09-3873.