

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Мазурок О.С.

аспірант,

Одеський національний політехнічний університет

МЕТОДИКА ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНКИ КРИХКОЇ МІЦНОСТІ В РАМКАХ РОБІТ ПО ПРОДОВЖЕННЮ РЕСУРСУ КОРПУСІВ РЕАКТОРІВ АЕС УКРАЇНИ

На даний момент Україна і ряд інших країн реалізують програму з продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний термін. При цьому, особлива увага приділяється оцінці технічного стану та продовження терміну експлуатації корпусу реактора (КР). Також реалізовується програма управління старінням після продовження терміну та можуть бути реалізовані заходи з підвищення теплової потужності реактору. При цьому, як під час управління старінням, так і при підвищенні потужності є обов'язковим виконання оцінки технічного стану, включаючи КР.

Для цього, зокрема, для теплогідравлічного аналізу (ТГА) в світі та Україні застосовуються спеціальні методики, зокрема, наведені у [1-5], які мають дефіцити та потребують оптимізації.

У цій роботі представлено удосконалену методику проведення ТГА PTS-TN-VVER-2020 з метою оцінки міцності та ресурсу КР, що базується на вітчизняній та міжнародній технічній і нормативній базі, а також, на досвіді робіт для АЕС України, погоджених ДП «НАЕК «Енергоатом» та Держатомрегулювання України.

Удосконалена методика відрізняється від попередніх тим, що:

- враховує сучасний стан енергоблоків та накопичений вітчизняний досвід по результатам виконання аналогічних розрахунків;
- дозволяє обґрунтовано скоротити перелік розрахункових сценаріїв та зменшити об'єм документування, а відповідно, підвищити ефективність ТГА;

– застосовує розроблені допоміжні програмні засоби, що дозволяють спростити розробку розрахункових моделей, запобігти помилок користувача та зменшити час моделювання;

– при підготовці бази даних для проведення ТГА виділено універсальну частину для всіх типових блоків, в якій в результаті аналізу виділені технологічні системи, що впливають на можливість виникнення термоудару, та індивідуальну частину, що вміщує особливості енергоблоку.

Слід додати, що основною та кінцевою метою ТГА є отримання граничних умов, необхідних для оцінки міцності та ресурсу КР, а саме, залежності змін параметрів у часі в опускній ділянці реактора (ОДР) в ході протікання перехідного процесу: тиску теплоносія у першому контурі, розподілення температури теплоносія або температури на внутрішній поверхні стінки КР, розподілення коефіцієнтів тепловіддачі між теплоносієм першого контура та стінкою КР.

ТГА є комплексним завданням, що складається з детерміністичного та імовірнісного аналізів, при виконанні яких застосовують інженерні оцінки та спеціальні розрахункові коди.

ТГА передбачає виконання наступних основних етапів:

- збір та аналіз вихідних даних;
- розробка/адаптація розрахункових моделей для розрахункових кодів та допоміжних програмних засобів;
- вибір сценаріїв (групування) для проведення ТГА зі застосуванням імовірнісного (кількісного) та детерміністичного (інженерна оцінка) підходів;
- виконання ТГА представницьких сценаріїв, обраних на попередньому етапі;
- аналіз та документування результатів;
- підготовка граничних умов, необхідних для оцінки міцності та ресурсу КР.

Для ТГА, зокрема, для розробки розрахункових моделей та вибору сценаріїв, є потреба у зборі та аналізі вихідних даних для енергоблоку, що досліджується. Об'єм вихідних даних повинен бути достатнім для ТГА та обмежуватись обладнанням і системами, які входять в межі моделювання. Розробка окремих баз даних для ТГА не вимагається. Водночас, при розробці матеріалів ТГА має забезпечуватися простежуваність всіх використаних вхідних даних, яка полягає у представленні чітких посилань на застосовану документацію (із вказуванням конкретних рисунків, таблиць, пунктів чи розділів або сторінок документів).

Розрахунковий аналіз виконується з використанням розрахункових кодів, які включені до «Переліку дозволених до використання в ДП «НАЕК «Енергоатом» розрахункових кодів для обґрунтування безпеки ядерних установок», актуального на момент виконання робіт.

Для вибору сценаріїв для кількісного ТГА застосовується два взаємодоповнюючих підходи: детерміністичний (інженерна оцінка) та імовірнісний. Застосування обох підходів є обов'язковими.

ТГА виконується у 2 етапи:

– отримання розподілу усереднених теплогідравлічних параметрів (граничних умов) у ОДР (застосування інтегрального коду з «усередненими» параметрами у гідравлічних об'ємах ОДР) для вибору представницьких сценаріїв для розрахунку уточнених параметрів за результатами розрахунку на міцність;

– отримання розподілу уточнених теплогідравлічних параметрів (граничних умов) на внутрішній поверхні КР (з застосування коду перемішування) для обраних на першому етапі представницьких сценаріїв.

У результаті розрахунку на міцність з застосуванням уточнених граничних умов визначається запас крихкої міцності та сценарій (вихідна подія), що визначає ресурс КР. У разі необхідності (отриманні недостатнього запасу крихкої міцності) ТГА може бути уточнений шляхом моделювання дій оперативного персоналу, передбачених інструкціями по ліквідації аварійних ситуацій для обґрунтованого зниження надмірного консерватизму розрахунків.

Список використаних джерел:

1. Technical basis for revision of the pressurized thermal shock (PTS) screening limit in the PTS rule (10CFR50. 61) / EricksonKirk, Mark T., et al. 2005.
2. Guidelines on pressurized thermal shock analysis for WWER Nuclear Power Plants. Vienna : IAEA, 2006. (IAEA-EBP-WWER-08/Rev. 1).
3. Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in VVER NPPs «VERLIFE», ver. 2008, Report Number: COVERS-WP4-D4.10, Project COVERS of 6th Framework Programme of EU, Contract N°12727 (FI60). Workpackage: WP4 Material and Equipment Ageing. Řež. 2008.
4. Pressurized Thermal Shock in Nuclear Power Plants: Good Practices for Assessment. Deterministic Evaluation for the Integrity of Reactor Pressure Vessel. Vienna : IAEA, 2010. (IAEA-TECDOC-1627).
5. СОУ НАЕК 177:2019. Методика оценки хрупкой прочности корпусов реакторов ВВЭР. ГП «НАЭК «Энергоатом». Киев, 2019. 49 с.