

УДК 621.311.25

*А.Б. Тарнавський, к.т.н., доцент, Ю.Е. Павлюк, к.т.н., доцент, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Шляхи зменшення часу перевантаження ядерного палива на реакторах типу ВВЕР-1000

Закон України “Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку” дає визначення ядерної безпеки як дотримання норм, правил, стандартів і умов використання ядерних матеріалів, які забезпечують радіаційну безпеку, тобто дотримання допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення і навколишнє середовище встановлених нормами, правилами і стандартами по безпеці. У системі заходів, що направлені на недопущення опромінення людей та природного навколишнього середовища радіоактивними матеріалами важлива роль відводиться розробці ефективних методів і засобів здійснення процесу перевантаження ядерного палива на енергетичних ядерних реакторах. Перевантаження ядерного палива на реакторах типу ВВЕР-1000 здійснюється, як правило, один раз на рік і є одним із відповідальних етапів експлуатації АЕС в частині виконання правил ядерної безпеки, оскільки, по-перше, у процесі перевантаження виконуються операції по зміні геометрії активної зони і, по-друге, ліквідовуються два бар’єра безпеки – розгерметизовується перший контур і відкривається гермозона.

Забезпечення безпеки системи перевантаження палива повинно базуватися на принципах системності, відкритості, сумісності, уніфікації, стандартизації і ефективності, в основу яких закладається концепція безумовного забезпечення пріоритету безпеки при експлуатації АЕС. Ці принципи повинні відображатися у діючій науково-технічній документації по безпеці в ядерній енергетиці.

При проектуванні пристроїв перевантаження ядерного палива в активній зоні реактора повинні забезпечуватися заходи, що спрямовані на запобігання пошкодженню, деформації, руйнуванню або падінню тепловиділяючих збірок (ТВЗ), а також докладанню неприпустимих зусиль при виведенні чи встановленні ТВЗ. Використання непроекtnих пристроїв для перевантаження забороняється.

При проектуванні пристроїв перевантаження слід передбачати, щоб припинення енергопостачання не призводило до падіння ТВЗ. Під час проектування нового обладнання необхідно встановлювати і обґрунтовувати допустимі швидкості переміщення ТВЗ перевантажувальними пристроями. Також потрібно передбачати

захисні пристрої, що забезпечують переміщення пристроїв перевантаження у допустимих межах.

У пристроях перевантаження передбачаються пульти (панелі) для представлення інформації про положення, переміщення та орієнтацію ТВЗ і їх захоплювачів. Передбачаються блокування для запобігання переміщенню пристроїв перевантаження при перебуванні ТВЗ у непроєктному положенні, система промислового спостереження для контролю за процесом перевантаження палива.

Для випадків відмов або порушень умов експлуатації пристроїв перевантаження повинно бути встановлене обладнання, у тому числі з ручним приводом, для надійного переміщення ТВЗ у конкретно визначені місця з використанням вимог ядерної безпеки.

Одним із основних параметрів, що визначає економічність роботи АЕС, є коефіцієнт використання встановленої потужності. В останні роки коефіцієнт використання встановленої потужності українських АЕС знаходиться на рівні 0,67 при проектному значенні 0,74, хоча на АЕС аналогічних радянських проектів у країнах Східної Європи цей показник становить 0,9.

Одним із напрямків підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності АЕС та зменшення ймовірності виникнення аварійних ситуацій під час перевантаження ядерного палива є мінімізація часу проведення перевантаження ядерного палива і скорочення продовження проведення контролю герметичності оболонки, що сумарно займає до 30 % часу середнього ремонту. Так, наприклад, середній ремонт блоку № 4 Запорізької АЕС триває 69 діб, а перевантаження палива займає 16 діб (8 – вивантаження, 8 – завантаження); крім того у мережевому графіку ремонту після перевантаження слідує операція проведення контролю герметичності оболонки тривалістю 5 діб і 8 годин.

В цілому, час перевантаження однієї ТВЗ становить від 40 до 69 хв, а час, що затрачується на перестановку одного кластера, – від 48 до 77 хв. Різниця обумовлюється кваліфікацією оператора, станом технічних засобів перевантаження і станом перевантажувальних виробів. Продуктивність може бути зниженою у випадку виникнення нестандартних ситуацій. Наприклад, тертя витягаючої ТВЗ до сусідньої (у випадку її вигину) буде більше допустимого, і переміщення ТВЗ буде заблоковано. Час перестановки кластерів може збільшитися за рахунок того, що захват кластера не зчепився з кластером за першим разом або кластер не увійшов повністю у ТВЗ в результаті її згину. Враховуючи максимальний час, одержується сім перестановок у зміну для ТВЗ і 6,25 перестановок для кластера. Проте операції максимальної тривалості разом не зустрічаються і найбільш очікуваний час перевантаження для ТВЗ складає приблизно 55 хв, що

відповідає продуктивності 8,7 ТВЗ за зміну, а для кластеру – приблизно 60 хвилин або 8 перестановок за зміну.

Досвід робіт у Одеському державному політехнічному університеті по розробці, виготовленню і впровадженню програмно-технічних комплексів для управління перевантажувальними машинами на АЕС дозволяє зробити висновок про те, що тривалість перевантажувальних операцій може бути знижена за рахунок впровадження наступних заходів:

- максимально можливого скорочення кількості погоджень з різними службами нестандартних ситуацій;
- максимально продуктивного використання часу роботи перевантажувальної машини;
- підвищення кваліфікації операторів і їх тренування – скорочення нестандартних ситуацій і часу їх дозволу;
- введення істотної матеріальної зацікавленості операторів за перевантаження ТВЗ.

У зв'язку з цим рекомендується замінити проведення певних операцій обслуговуючим персоналом на аналогічні операції, які керуються програмно-технічним комплексом зі сучасним комп'ютерним програмним забезпеченням.

Порівняння тривалості переміщення ядерного палива штатними і запропонованими алгоритмами однозначно дозволяють скоротити час однієї технологічної операції майже у два рази. За рахунок впровадження нових програмно-технічних заходів і уніфікованих алгоритмів перестановки ТВЗ можна скоротити час перевантаження і контролю герметичності оболонок.

Також слід відзначити, що модернізацію технічних заходів перевантаження необхідно проводити з урахуванням мінімізації часу перевантажувальної компанії. Реконструкція механічної частини перевантажувального обладнання повинна бути направлена до приведення її у відповідності до науково-технічній документації по безпеці і можливості переміщення ядерного палива з проектними швидкостями.

Література

1. Закон України № 40/95-ВР від 8.02.1995 р. “Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку”.
2. Проект углубленного анализа безопасности энергоблока № 5 ЗАЭС. База данных по ядерной паропроизводящей установке. 10044DL12R. – НАЭК “Энергоатом”, ОП Запорожская АЭС, 2000.
3. Технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблока № 3 ЮУАЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320). РГ.3.3810.0009. – Южноукраинск, 2004.