

1. Большие технические системы: проектирование и управление / Л. М. Артюшин, Ю. К. Зиятдинов, И. А. Попов, А. В. Харченко / Под ред. И. А. Попова. – Харьков: Факт, 1997. – 284 с.
2. Неделько С.Н., Неделько В.Н., Дубровский Е.А. Структурно-динамический подход к представлению решений в интеллектуальных автоматизированных системах обслуживания воздушного движения // Проблемы аэронавигации: Тематич. зб. наук. праць. - Вип. III. Част. II: Моделювання та управління в аэронавигационных системах. - Кіровоград: ДЛАУ, 1998. - С. 5-12.
3. Миколайчук Р.А. Принципи побудови складних технічних систем з динамічною структурою / Миколайчук Р.А. // Збірник наукових праць ІПМ в Е ім. Г. Є. Пухова. – Вип. 63 – К. : ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова – 2012. – С. 17 – 21.
4. Кравченко Ю. В. Методология многокритериальной дискретной оптимизации сложных технических систем на матроидных структурах / Ю. В. Кравченко, В. В. Афанасьев // Збірник наукових праць ІПМ в Е ім. Г. Є. Пухова. – Вип. 22 – 1. – К. : ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова – 2003. – С. 73 – 78.
5. Кравченко Ю. В. Концептуальний підхід до синтезу складних технічних систем з динамічною структурою / Ю. В. Кравченко, Р.А. Миколайчук // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.: 2012. – №2(14). – С. 31 – 36.
6. Неділько С.М. Метод поетапного зменшення потужності бази перестановочного багатогранника в дискретній оптимізації/ Неділько С.М., Кравченко Ю.В., Миколайчук Р.А. // Моделювання та інформаційні технології. – Вип. 64 – К. : ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова – 2012. – С. 41 – 51
7. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. – М.: КноРус, 2010. – 192 с.
8. Неділько С. М. Концепція забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем на прикладі системи управління повітряним рухом України / С. М. Неділько // Проблеми транспорту: збірник наукових праць. – К.: НТУ, 2011. – Вип. 3. – С 240 – 244.

*Поступила 9.9.2013р.*

УДК 504.064.3

Ю. Л. Забулонов, І. О. Золкін, м. Київ

## **ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

*Abstract.* Basic principles of radiation safety of the nuclear fuel cycle objects are considered. The main requirements for creating of the automated system for radiation control of nuclear power facilities are presented in this article.

Екологічна ситуація, що виникла після аварії на Чорнобильській АЕС, а також велика кількість екологічно-небезпечних об'єктів ядерної енергетики

до яких належать чотири атомних електростанції, два дослідницьких реактори, шість міжобласних спецкомбінатів по захороненню радіоактивних відходів, гірничовидобувні комбінати та гідрометалургійні заводи із видобування та переробки урану та декілька тисяч установ та організацій, що використовують радіоактивні речовини, а також викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин від підприємств теплової енергетики, призвели до збільшення радіаційного фону, що робить необхідним постійний контроль радіаційного стану на території України. Даний контроль виконується за допомогою радіоекологічного моніторингу, що є складовою загального моніторингу стану навколишнього середовища.

Основне завдання проведення радіаційного контролю – ведення виробничо-технологічних процесів або вирішення наукових завдань в межах встановлених нормативів радіаційної безпеки без недопущення перевищень норм іонізуючого випромінювання. Основним джерелом інформації при проведенні радіаційного контролю є вимірювання, які виконуються за допомогою технічних засобів (систем, комплексів і окремих приладів) [1].

Контроль радіаційної обстановки на підприємствах, у виробничих приміщеннях і на робочих місцях - одне з найбільш поширених завдань, що виникають при вимірюванні іонізуючих випромінювань. Тому, одним з найважливіших компонентів обладнання підприємств ядерно-паливного циклу (ЯПЦ) являються спеціалізовані прилади для виміру іонізуючих випромінювань і стаціонарні вимірювальні комплекси, які дозволяють здійснювати контроль за рівнями іонізуючих випромінювань, спостерігати за роботою різного технологічного устаткування, прогнозувати і запобігати виникненню аварійних ситуацій і порушення нормальної радіоекологічної обстановки, проводити контроль радіаційної обстановки на підприємстві та в регіоні і забезпечувати радіаційну безпеку персоналу підприємства та населення, що проживає у прилеглому районі [2].

Для отримання якісних результатів, системи радіоекологічного моніторингу повинні бути оснащені сучасними технічними засобами радіаційної розвідки і контролю. Автоматизація процесу моніторингу допоможе спростити процес зберігання і доступу та зменшить виникнення помилок при обробці даних, позбавить від великих об'ємів рутинних обчислень і підвищить ефективність ухвалення рішень із забезпечення радіаційного захисту і безпеки. У зв'язку з вищезазначеним розробка нових автоматизованих технічних засобів для проведення радіоекологічного моніторингу є актуальною.

### ***Основні засади радіаційної безпеки об'єктів ядерно-паливного циклу.***

Джерела іонізуючих випромінювань і об'єкти ядерно-паливного циклу собою джерела особливого виду ризику, оскільки кожне з них містить певну кількість радіоактивних речовин, здатних піддати населення або навколишнє середовище впливу іонізуючих випромінювань. Безпека є результатом сукупності технічних і організаційних заходів, що реалізуються на всіх

стадіях експлуатації АЕС. Ризик, пов'язаний з умовами роботи АЕС, повинен бути мінімальним і прийнятним для обслуговуючого персоналу, населення і навколишнього середовища. Радіаційний захист та радіаційна безпека (РБ) – складова частина загальної системи ядерної та радіаційної безпеки при використанні ядерної енергії. Одним з основних принципів регулювання безпеки є пріоритет захисту людини від радіаційних впливів. Цей принцип, поряд з іншими, не менш важливими принципами, покладений в основу законодавчої бази України в галузі використання ядерної енергії.

Радіаційний контроль є невід'ємною складовою частиною всієї системи РБ як в масштабах окремих підприємств, так і галузей в цілому. Завданнями радіаційного контролю, в залежності від особливостей і масштабів практичної діяльності, є [2]:

- розрахунок поточних і прогнозних рівнів опромінення персоналу та населення, а також оперативне і довгострокове планування цих рівнів для контролю неперевиконання меж дози та / або контрольних рівнів;
- підтвердження відповідності вимогам санітарного законодавства радіаційно-гігієнічних умов на робочих місцях і виявлення тенденцій у забезпеченні РБ, у тому числі при модифікації технологій і технологічних регламентів;
- контроль якості радіаційних технологій та ефективності радіаційного захисту персоналу та населення;
- забезпечення вихідною інформацією для розрахунку доз і підтримки прийняття рішень у випадку аварійного опромінення або при нещасних випадках.

Система радіаційного контролю повинна забезпечувати вимірювання значень контрольованих параметрів, які описують радіаційний стан об'єкта і навколишнього середовища у визначеному проектом об'ємі при всіх режимах роботи, включаючи проектні та запроектні аварії, і стан об'єкта при припиненні експлуатації.

### ***Загальні принципи побудови інтелектуальних вимірювальних систем***

Вдосконалення електронно-обчислювальної техніки, розробка і виробництво універсальних і спеціалізованих ПК сприяли створенню на їх основі більш досконалої вимірювальної апаратури – локальних приладів, вимірювальних комплексів і інформаційно-вимірювальних і управляючих систем різного призначення з розвиненими обчислювально-керуючими можливостями для різних галузей науки і техніки. Такі прилади, комплекси і системи дозволили проводити вимірювання та здійснювати контроль значень фізичних величин одночасно в багатьох точках об'єкту і їх зміні в часі, прискорити реакцію апаратури на зміну цих значень, підвищити достовірність виконуваних вимірювань, виробляти різну обробку одержуваних даних, часом досить складну, представляти отриману інформацію у вигляді, найбільш зручному для оператора, архівувати накопичену інформацію, передавати її в системи більш високого рівня і т.п.

Як правило, інформаційно-вимірювальні системи та комплекси виконуються по дво- або тривірневій структурі, по якій на нижньому рівні знаходяться пристрої детектування, здійснюють перетворення вимірюваної величини в електричні сигнали, накопичення результатів вимірювань за певний час (експозицію), їх порівняння з уставками і т.п., а також деякі додаткові пристрої, в тому числі пристрої світлової та звукової сигналізації, а на верхньому рівні – пристрої, що керують роботою детекторів, їх опитуванням, перетворенням даних, отриманих від пристроїв детектування в значення фізичної величини, що здійснюють подання оператору або досліднику результатів вимірювань або передачу в системи більш високого рівня і т.д. Тобто, якщо розглядати вимірювальну апаратуру як багаторівневу або, принаймні, як дворівневу, на її нижньому рівні знаходиться вимірювальний перетворювач – технічний засіб, призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки і (або) зберігання, але не придатною для безпосереднього сприйняття спостерігачем. Перетворення, обробку та аналіз вимірювальної інформації (тобто виконання операцій, пов'язаних з використанням “інтелектуальних”, компонентів) зазвичай покладають на пристрої більш високого рівня [3].

Вимірювальна система являє собою сукупність засобів вимірювань (у тому числі, вимірювальних перетворювачів, пристроїв, що виконують обробку та аналіз вимірювальної інформації, вимірювальних приладів і допоміжних пристроїв), з'єднаних між собою каналами зв'язку, яка виробляє сигнали вимірювальної інформації у формі, зручній для автоматичної обробки, передачі та (або) використання в автоматичних системах управління, а також безпосереднього сприйняття спостерігачем.

### ***Побудова систем для контролю радіаційного стану АЕС***

В залежності від спектра розв'язуваних задач і розмірів контролюваного ареалу засоби радіаційного моніторингу (ЗРМ) можна розділити на локальні (контроль зони радіусом до 50 км навколо АЕС), регіональні (контроль регіону, що містить декілька груп об'єктів атомної енергетики і охоплює площу від декількох десятків до сотень тисяч квадратних кілометрів), національні та міжнародні. На локальні (або об'єктові) засоби радіаційного моніторингу, які є основою або одним з компонентів будь-яких типів ЗРМ, зазвичай покладаються такі завдання [4]:

- безперервний контроль за викидами і скидами за допомогою технічних засобів, встановлених безпосередньо на проммайданчику АЕС, в тому числі контроль викидів через вентиляційну трубу, контроль радіаційного стану (РС) в місцях можливих витоків, контроль РС на території проммайданчика;

- безперервний контроль РС за допомогою технічних засобів, встановлених на постах зовнішньої дозиметрії, які розташовуються за

межами промайданчика навколо ядерного об'єкта на відстані декількох кілометрів від джерел викиду;

- порівняння вимірних показників радіаційного забруднення середовища зі встановленими пороговими значеннями і ініціація сигналізації в разі їх перевищення, додаткових процедур моніторингу, а також переключення. діапазонів вимірювань і зміна частоти і порядку опитування постів контролю за РС;

- оцінка параметрів джерела аномального або аварійного викиду, прогнозування викликаної ним зміни радіаційного забруднення середовища в зоні спостереження навколо АЕС з урахуванням гідрометеофакторів і видача рекомендацій (в разі необхідності) з метою мінімізації наслідків аварійного викиду;

- періодична реєстрація даних радіаційного стану, а також реєстрація всіх змін показників РС з виділенням тих даних, які перевищують встановлені порогові значення.

Реальні локальні системи радіаційного моніторингу, як правило, реалізують в тій чи іншій мірі лише частину з перерахованих вище завдань, причому деякі з них виконуються автоматично, а інші – за допомогою ручних процедур. Широкий діапазон використовуваних приладів, архітектури ЗРМ, методів аналізу та оцінки радіаційного стану, моделей, алгоритмів. Ця різноманітність відображає категорію контрольованого об'єкту, рівень розвитку техніки і технології, ступінь розуміння завдань радіаційного моніторингу, характер зв'язків та інформаційного обміну, а також принципів функціонування організаційних систем управління.

Апаратура для вимірювання характеристик радіаційних потоків має певну специфіку в порівнянні з вимірювальною апаратурою, яка використовується в інших галузях науки і техніки. Це визначається особливостями взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною, статистичним розподілом з'являються сигналів у часі і необхідністю накопичення цих сигналів за певний час (нерідко, досить значна), різноманітністю фізичних величин і протяжністю діапазонів значень величин, що підлягають вимірюванню, необхідністю вимірювати певні види випромінювань або випромінювання в певних інтервалах енергії на тлі інших (“заважаючих”) випромінювань. На основі промислових комп'ютерів був виконаний ряд інформаційно-вимірювальних систем контролю радіаційної безпеки підприємств, на яких здійснюється переробка діляться матеріалів, використовуються техногенні джерела іонізуючих випромінювань і т.п. Виключно важлива потенційна небезпека іонізуючих випромінювань для персоналу, населення, навколишнього середовища і технічних засобів, що примушує скорочувати запізнювання реакції вимірювальних пристроїв (пристроїв контролю) на зміну рівня радіації. Аварія на Чорнобильській АЕС підкреслила важливість створення надійних і ефективних систем контролю радіаційної обстановки та необхідність робіт, спрямованих на їх удосконалення.

Специфіка вимірювань іонізуючих випромінювань, обумовлена статистичною природою ядерних явищ, полягає, зокрема, в тому, що вимірювання одиночної події або характеристики однієї частинки або кванта дають явно недостатню інформацію. Для достовірного опису явищ необхідно накопичити і провести статистичний аналіз певного (іноді, значного) числа подій. Тому, при вимірюваннях за допомогою імпульсних детекторів таких фізичних величин як щільність потоку частинок або квантів, активність радіонукліда, поверхнева, об'ємна активність, потужність переданої дози і т.п., в процесі перетворення вимірюваної фізичної величини в електричний сигнал накопичується число імпульсів, вироблених за фіксований час (експозицію) детектором [5]. Хоча накопичення даних в такій формі може бути здійснено і в пристрої більш високого рівня, цю функцію, як правило, виконує будь-який, в тому числі звичайний (“не інтелектуальний”) вимірювальний перетворювач. Те ж відноситься до зміни вручну (оператором) режиму роботи, і структури вимірювального перетворювача та зміни його характеристик.

При створенні апаратури для вимірювання іонізуючого випромінювання (ІВ), і зокрема, інформаційно-вимірювальних комплексів і систем, виникає необхідність вирішення значного кола завдань, які можна об'єднати як проблему поліпшення вимірювальних характеристик цієї апаратури. Для інформаційно-вимірювальних систем та вимірювальних комплексів ефективним шляхом вирішення зазначеної проблеми, що призводить до якісного поліпшення характеристик вимірювальної апаратури, є виконання пристроїв детектування пристроїв нижнього рівня - первинних вимірювальних перетворювачів і пов'язаних з ними додаткових пристроїв програмно-керованими, тобто побудова їх з вбудованим “інтелектом”, а самих інформаційно-вимірювальних систем та вимірювальних комплексів – з “розподіленим інтелектом” між пристроями нижнього і верхнього рівня.

Детектори ІВ є чутливими елементами вимірювальних систем, до складу яких входить ряд електронних блоків для посилення, кондиціонування (нормалізації) і перетворення вихідних сигналів детекторів, їх попередньої обробки, запам'ятовування, відображення, передачі по каналах зв'язку. Крім того, до складу вимірювальних систем входить і ряд інших блоків і пристроїв. Аналізуючи існуючі системи радіаційного моніторингу та тенденції розвитку таких систем можна сформулювати деякі основні вимоги, яким вони повинні задовольняти для успішного і ефективного використання:

- 1) Засоби контролю радіаційного стану повинні забезпечуватися вбудованими АЦП, буферною пам'яттю, постійними запам'ятовуючими пристроями для зберігання програм, мікропроцесорами, контролерами для управління вимірювальними процедурами і для зв'язку з системами більш високого рівня ієрархії, блоками контролю стану. Вся ця вбудована апаратура повинна мати невисоку вартість, малі масу і габарити, незначне споживання енергії і вельми високу надійність.

2) Програмне забезпечення вбудованих мікропроцесорів і мікроконтролерів повинно реалізовувати попередню обробку (в тому числі і фільтрацію завад) вихідних даних детекторів, їх оцінку, проведення додаткових вимірювань (або зміну процедури вимірювань) за результатами попередньої обробки та оцінки, автоматичну зміну діапазонів вимірювань або підключення до тракту вимірювань інших типів детекторів, періодичну (або по команді блоку контролю стану або зовнішнього пристрою) перевірку, тарування і калібрування показань детекторів, обчислення поправок з метою компенсації або мінімізації інструментальних, методичних та інших видів похибок, аналіз вимірюваних параметрів з точки зору близькості або перевищення порогових уставок, а також з точки зору динамічних характеристик вимірюваних параметрів.

3) З метою забезпечення надійності функціонування і підвищення ступеня вірогідності, одержуваних даних вимірювальна апаратура радіаційного контролю повинна будуватися з використанням методів введення проектної надмірності (апаратної, інформаційної та процедурної).

4) Структура, архітектура і конструктиви автоматизованої системи контролю радіаційного стану не повинні залежати від значень контрольованих параметрів і від самих параметрів. Вони повинні допускати можливість створення широкого спектру автоматизованих систем контролю, мати модульну структуру і допускати можливість модифікації функціональних можливостей, як самих цих засобів, так і систем, реалізованих на їх основі.

1. *Ястребинский М.А., Васильченко В.Н., Виноградская С.В. и др.* Безопасность атомных станций: Информационные и управляющие системы. Под. ред. Ястребинского М.А. – К.: Техніка, 2004. – 472 с.
2. *Носовский А.В., Васильченко В.Н., Павленко А.А. и др.* Безопасность атомных станций: Введение в безопасность ядерных технологий. Под. ред. Носовского А.В. – К.: Техніка, 2006. – 360 с.
3. *Горн Л.С., Хазанов Б.И.* Современные приборы для измерения ионизирующих излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 232 с.
4. *Еремеев И.С.* Автоматизированные системы радиационного мониторинга окружающей среды. – К.: Наукова думка, 1990. – 256 с.
5. *Волков Н.Г., Христофоров В.А., Ушакова Н.П.* Методы ядерной спектрометрии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
6. *Гринёв Б.В., Рижиков В.Д., Семиноженко В.П.* Сцинтилляционные детекторы и системы контроля радиации на их основе. – К.: Наукова думка, 2007. – 446 с.

*Поступила 18.9.2013р.*