

5. Киселев Я.С., Киселев В.Я. Проблемы самовозгорания органических материалов. Сообщение 2. Прогноз и профилактика самовозгорания// Пожаровзрывобезопасность №2, 1992.
6. Самовозгорание и взрывы пыли натуральных топлив. В.В. Померанцев, С.Л. Шагалова, В.А. Резник и др.- Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1978.
7. ГОСТ 12.1.044-83. Пожаровзрывоопасность горючих пылей. Общие требования.
8. Баранов А.Н., Морозов А.И. Оценка количества контактов мелющих тел и частиц материала, измельчаемого в шаровых мельницах. // Науковий вісник будівництва. Вип. 26. - Харків: ХДТУБА - 2004. - С. 210-214.
9. Баранов А.Н., Морозов А.И. Оценка возникающих напряжений в измельчаемом материале при центральном соударении двух шаров// Науковий вісник будівництва. Вип. 28. - Харків: ХДТУБА - 2004. - С. 223-227.
10. Баранов А.Н., Морозов А.И. Влияние ассортимента мелющих тел в мельницах барабанного типа на эффективность разрушения измельчаемого материала при помоле. //Вісник НТУ «ХПІ». Вип.. 30. - Харків: НТУ «ХПІ» - 2006. - С. 118-122.

УДК 331.4:504

*Барбашин В.В., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ,
Чіжов В.Ф., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Пономар В.В., ад'юнкт, УЦЗУ,
Силенко Р.М., ад'юнкт, УЦЗУ*

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

(представлено д-ром техн. наук Туркіним І.Б.)

Розглянуті специфічні види ризику експлуатації ядерних енергоблоків у порівнянні з іншими енергетичними установками. Проведено аналіз можливих причин їх виникнення та запропоновані шляхи щодо їх запобігання

Постановка проблеми. Атомна електростанція (АЕС) в нормальному режимі роботи, з одного боку, є об'єктом з безпечним

Деякі аспекти проблеми підвищення рівня радіаційної безпеки при експлуатації атомних електростанцій

джерелом радіоактивного випромінювання, а з іншого боку, є об'єктом з підвищеним ризиком експлуатації і стає дуже небезпечним джерелом радіації при аваріях (руйнуваннях) ядерних енергоблоків. Тому міжнародні вимоги до рівня радіаційної безпеки АЕС постійно зростають [1].

Невід'ємною частиною радіаційного захисту на АЕС є радіаційний моніторинг, який дозволяє своєчасно отримувати необхідну інформацію для ухвалення рішень як по попередженню надзвичайних (позаштатних) ситуацій на АЕС, так і для проведення заходів щодо їх ліквідації. У плані забезпечення радіаційної безпеки АЕС проводиться оцінка ризиків експлуатації ядерних енергоблоків АЕС, результати якої використовуються для попередження надзвичайних (позаштатних) ситуацій. Тому вирішення питань запобігання специфічним видам ризиків експлуатації ядерних реакторів призводить до підвищення рівня безпеки експлуатації АЕС і є актуальним [2,3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В порівнянні з іншими установками, призначеними для вироблення енергії, ядерні реактори відрізняються двома особливими властивостями :

- скупчення в них дуже великої кількості радіоактивних речовин, від дії яких слід захистити персонал і викид яких у великих кількостях в навколишнє середовище призводить до тяжких наслідків;
- тривале виділення істотної кількості енергії, навіть після зупинки реактора, яке підтримується за рахунок ділення радіоактивних продуктів, що створюються в активній зоні реактора.

Отже, безпека ядерної енергоустановки базується на надійному захисті від джерел випромінювання і на можливості їх локалізації.

Якщо джерела радіаційної небезпеки розташовані точно в призначених для них місцях, то захист може бути забезпечений розміщенням поглинаючих екранів, виконаних із спеціальних матеріалів відповідної товщини [4].

Ускладнення виникають, головним чином, у зв'язку з можливістю виходу радіоактивних речовин за передбачені межі. Тому необхідно встановити можливі причини такого виходу.

В більшості випадків радіоактивні продукти утворюються усередині матеріалу, що ділиться (табл.1). При цьому бажано, щоб вони в нім залишалися до тих пір, поки паливо не буде перероб-

лено на спеціалізованому заводі. Для цього потрібне відповідне охолодження як самого палива, так і паливних оболонок.

Таблиця 1 - Максимальна активність деяких основних продуктів ділення в ТБк*

	Активна зона, через 2 години після зупинки	Відпрацювавши паливо	Перший контур	Газоподібні відходи
Інертні гази	10^7	10^6	$3 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$
Йоди	$2 \cdot 10^7$	10^6	20	
Цезій	10^7	$2 \cdot 10^4$		

* 1 ТБк = 10^{12} Бк = 27 Кі. Реактор 900 МВт, максимальна ступінь вигорання 33 000 МВт.доб/т урана.

Разом з тим:

- в нормальних умовах експлуатації ядерний реактор не володіє «властивим» рівнем потужності. Насправді, щоб забезпечити його роботу протягом одного року і більш без заміни палива і компенсувати різні фізичні ефекти, пов'язані з роботою на потужності, необхідно, щоб активна зона містила кількість речовини, що ділилася, яка значно перевищує критичну масу в холодному стані. Отже, потужність, що виробляється таким чином, залежить від поєднання цілого ряду параметрів, які повинні регулюватися ззовні;

- в деяких випадках, енергія, що виділяється в ядерному реакторі, може наростати дуже швидкими, неконтрольованими темпами і обмежуватися тільки за рахунок дії негативних ефектів реактивності, пов'язаних з підвищенням температури або розсіянням палива в результаті дезінтеграції;

- виділення енергії паливом, що брало участь в ланцюговій реакції, вже не може бути припинено на пізнішому етапі, навіть після припинення реакції. Дійсно, перш ніж досягти стабільного стану, продукти ділення повинні самі, через свою радіоактивність, виділити певну енергію, що вони і роблять з періодом розпаду, властивим кожному радіоактивному елементу. Причому цей період може бути дуже коротким (менше однієї секунди), середній три-

Деякі аспекти проблеми підвищення рівня радіаційної безпеки при експлуатації атомних електростанцій

валості (близько декілька місяців або років), або дуже тривалим (у декілька сотень або тисяч років). Ця залишкова потужність, хоча і убуває, але протягом довгого часу залишається достатньо істотною, що вимагає подальшого охолодження палива (табл.2).

Таблиця 2 - Залишкова потужність, викликана радіоактивністю*

Термін з моменту припинення реакції	Доля початкової теплової потужності	Виділена теплова потужність в МВт
1 секунда	17 %	500
1 хвилина	5 %	150
1 година	1,5 %	45
1 день	0,5 %	15
1 тиждень	0,3 %	9
1 місяць	0,15 %	4,5
1 рік	0,03 %	1
10 років	0,003 %	0,1
100 років	0,001 %	0,03
1000 років	0,0002 %	0,006

* Реактор 3000 МВт, тобто приблизно 1000 МВт в кінці циклу. При завантаженні ураном, максимальний коефіцієнт вигорання палива складає 33 000 МВт.доб/т.

Постановка завдання та його вирішення. Зазначені вище фактори визначають специфічні види ризиків експлуатації ядерних енергетичних установок, запобігання яким в значній мірі підвищує безпечність експлуатації АЕС в цілому. В зв'язку з цим метою роботи є визначення можливих шляхів запобігання специфічним видам ризиків при експлуатації ядерних енергоблоків АЕС.

Згідно визначення МАГАТЕ ризик – це багатофакторна величина, яка виражає небезпеку, загрозу або ймовірність шкоди або шкідливих наслідків, пов'язаних з дійсною або потенційною незахищеністю. Він пов'язаний з такими величинами як вірогідність виникнення особливо шкідливих наслідків, а також зі значеннями та характером цих наслідків [5].

Для визначення ризику необхідно розглянути формування сценаріїв які описують що може статися з джерелом надзвичайної ситуації.

Нехай $S \in S = \{ S_1, \dots, S_n \}$ – кінцева множина сценаріїв. Позначимо через S_0 сценарій успіху або «як і було заплановано». Далі позначимо через $p_i, i = \overline{1, n}$ ймовірність сценарію S_i , w_i – втрати (фізичний збиток, фінансові збитки, фатальні наслідки, погіршення стану навколишнього середовища), які можуть виникнути в результаті реалізації S_i -го сценарію.

При кількісній оцінці ризику потрібно розглянути всі можливі сценарії із множин S . Тоді повна множина триплетів може бути прийнята за формальне визначення ризику

$$R = \{ \langle S_i, p_i, w_i \rangle \}_s. \quad (1)$$

При такому визначенні ризику небезпеку можна визначити як множину пар $\{S_i, w_i\}$ і тоді небезпека буде формально визначатись як

$$H = \{ \langle S_i, w_i \rangle \}_s.$$

Надійність систем є окремим випадком (1) і може бути визначена як

$$Rel = \{ \langle S_i, p_i, w_i \rangle \}_{\bar{S}}.$$

де \bar{S} - множина сценаріїв, пов'язаних з можливими наслідками відмови системи.

При оцінці видів ризиків, пов'язаних з експлуатацією ядерного енергоблока, слідує, як і для будь-якої промислової установки, розрізняти ризик потенційний, якого слід побоюватися за відсутності яких-небудь захисних заходів, і ризик залишковий, не зниклий, не дивлячись на заходи, які були прийняті як для запобігання аваріям, так і для пом'якшення їх наслідків у разі виникнення. Саме на досягнення цих двох цілей і направлено забезпечення безпеки.

Оскільки потенційний ризик чітко визначений і оцінюється по кількості і природі присутніх радіоактивних речовин, вся труд-

ність полягає в оцінці залишкових видів ризиків, оскільки ніколи не можна претендувати на те, що цей ризик можна звести до нуля.

При підході до проблем безпеки поняття вірогідності виникає цілком природним чином. Цілком логічно і природно прикладати всі зусилля до того, щоб виникнення аварії стало тим менш вірогідним, чим серйозніше її наслідок для навколишнього середовища. Очевидно, необхідно прагнути до того, щоб найважча аварія з велими серйозними наслідками могла розглядатися як надзвичайно маловірогідна [6].

Це не означає, проте, що ситуації з нижчою вірогідністю не заслуговують уваги. Тому всі аварії, виникнення яких вважається за можливе, повинні бути враховані і вивчені при проведенні аналізу аварій, а захисні системи і системи безпеки повинні запобігати їх розвитку або обмежувати їх наслідки, тобто дійсно забезпечувати ефективне досягнення заданого рівня безпеки [7,8].

Таким чином для запобігання специфічним видам ризиків потрібні:

- ефективний контроль за ланцюговою ядерною реакцією, а, отже, і за потужністю;
- підтримання теплогідравлічних умов, здатних забезпечити необхідне охолодження палива з метою збереження герметичності оболонок твелів і, отже, збереження першого бар'єру безпеки;
- утримання радіоактивних продуктів, що містяться не тільки в паливі, але і в теплоносії першого контуру, в реакторній будівлі, що становить захисну оболонку, і в інших приміщеннях блоку.

Ці заходи складають ті три основні функції безпеки, на забезпеченні яких і ґрунтується вся безпека експлуатації ядерних енергетичних установок.

Висновки. При оцінці рівня радіаційної небезпеки експлуатації ядерних реакторів необхідно враховувати сукупність специфічних факторів ризику, що можуть призвести до позаштатних (аварійних) ситуацій на АЕС. В цих випадках ці види ризиків підлягають подвійній оцінці: по ступеню ймовірності виникнення аварії (надзвичайної ситуації) радіаційного характеру і по ступеню важкості її наслідків.

Для попередження специфічних видів ризику при експлуатації ядерних енергоблоків для підвищення загального рівня безпеки АЕС необхідна поступова розробка ряду принципів і методик

щодо оцінки рівнів ризику, які повинні використовуватись як на етапі проектування, так і на етапах будівництва та експлуатації АЕС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стан природно-техногенної безпеки України та основні напрямки підвищення її рівня. /МНС, НАНУ.-К.: Надзвичайна ситуація 2/2001 додаток.-95с.
2. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2005 році. /Державний комітет ядерного регулювання України.-Київ, 2005.-52с.
3. Общие положения об обеспечении безопасности атомных станций (ОПБ 88) ПН АЭ Г-1-011-8.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) / МОЗ України.-К., 1997. -122с.
5. Заславский В.А. и др. Методологические аспекты обеспечения безопасности сложных технических объектов в условиях ограниченных ресурсов/ Ядерная и радиационная безопасность.-2000.- №4.- С.26-29.
6. Комаров Ю.А., Шевченко А.Э. Статистический анализ данных о нарушениях и от казах в оборудовании АЭС. //Труды Одес. Политехн. Ун-та. – 1999. –Вып 2 (8), ст.. 106-108.
7. Еременко В.А. Пути обеспечения безопасного управления атомными энергетическими установками.-К: Техника,1988.-256 с.
8. Диплом Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем: Пер. С англ.. –М: Мир, 1984. – 318 с.