

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ПРОМИСЛОВОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ VII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ „АВІА-2006”
25-27 вересня 2006 року

Том 2

Київ 2006

*Т.М. Голятка, аспірант, О.М. Тихенко, В.М. Криворотько, канд. техн. наук
(Національний авіаційний університет, Україна)*

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ ПРИ АВАРІЯХ НА ТОЧКОВИХ РАДІАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛАХ

Розглянуто результати моделювання аварійних ситуацій при виконанні дефектоскопічних робіт з метою проведення розрахунку дозового навантаження, проведена оцінка збитків внаслідок аварії на радіаційному джерелі.

Проблема радіаційної безпеки населення й охорони навколишнього середовища від забруднення радіоактивними речовинами є ключовою при реалізації програми розвитку, заснованої на використанні атомної енергії. Це особливо стало очевидно після аварії на Чорнобильській АЕС, коли зазначена проблема набула глобального масштабу, а її соціальні, економічні, екологічні аспекти стали предметом самого широкого і гострого обговорення на всіх рівнях сучасного суспільства. У цій проблемі важливе місце займає правильна оцінка і прогнозування доз від викидів радіоактивних речовин в атмосферу підприємствами ядерного паливного циклу. У оцінці радіологічної небезпеки основним (хоча і не єдиним) критерієм є доза для населення - по ній вчені прогнозують радіаційний ризик наслідків опромінення.

На сьогоднішній день у господарстві України широкого застосування набув комплекс методів та засобів контролю матеріалів та виробів без їх руйнування з метою виявлення дефектів, відомий як дефектоскопія. При цьому дефекти можуть бути виявлені за допомогою магнітних та електричних полів, радіохвиль, ультразвукових коливань, рентгенівських та гамма-променів.

Рентгенодефектоскопія та гамма-дефектоскопія засновані на поглинанні променів при проходженні їх через метали. Інтенсивність променів реєструється фотографічним (на плівці) або іонізаційним методами. Останній метод переважає: скорочується час на реєстрацію, знижується рівень опромінення персоналу, можливий контроль в поточній системі виробництва.

Внаслідок недосконалості технології виготовлення або в результаті експлуатації в тяжких умовах у виробі з'являються різні дефекти – порушення однорідності матеріалу, відхилення від заданого хімічного складу або структури, тощо. Дефекти змінюють фізичні властивості матеріалів (щільність, електропровідність, магнітні властивості). В основі методу дефектоскопії лежить дослідження фізичних властивостей матеріалів при дії на них рентгенівських, гамма-променів, радіохвиль тощо.

В зв'язку з цим метою роботи є моделювання процесу забруднення навколишнього середовища внаслідок аварії при роботі з дефектоскопом, що супроводжується викидом радіонукліду, з розрахунком дозового навантаження на персонал підприємства.

Для моделювання зазначеної аварії був вибраний гамма-дефектоскоп типу «Гамарид – 137/120», який використовується при проведенні дефектоскопічних робіт на Київському авіаремонтному заводі № 410. Технічними причинами аварії при роботі із зазначеним приладом згідно інструкції по експлуатації могли бути:

- самовільне відкручування ампулопроводу;
- заклинювання джерела в ампулопроводі;
- від'єднання тросу від вала-тримача джерела;
- злом гнучкого вала тощо.

В результаті аварії опроміненню може піддатися близько 500 осіб, що працюють на території заводу.

При обраному варіанті аварії доза опромінення персоналу формується за рахунок зовнішнього опромінення та інгаляційної еквівалентної дози.

Був проведений розрахунок дози зовнішнього опромінення від точкового джерела випромінювання активністю $3,7 \times 10^{12}$ Бк (100 Ки). Компактність джерела в дефектоскопі дає змогу прийняти його як точковий. Оцінку доз зовнішнього опромінення для персоналу можна здійснити по формулі [1]:

$$D = k_{\gamma} \times A \times t \times R^{-2} \quad (1)$$

де k_{γ} - дозовий коефіцієнт – гамма-постійна для різних радіонуклідів; A – активність джерела, мКи; t – час опромінення, година; R – відстані від джерела, см.

Таблиця 1

Гама-постійні деяких радіонуклідів, $P \times \text{см}^2/\text{год} \times \text{мКи}$ [2]

Радіонуклід	k_{γ}
Cs - 137	3,242
Co - 60	12,93
Ce - 75	1,88
Ir - 192	4,65

По формулі (1) проведемо розрахунок дози від точкового джерела для радіонукліду ^{137}Cs при різному часі перебування працівників у зоні опромінення ($t = 0,5$ і $0,1$ години) та при різних відстанях від джерела ($R = 1, 10, 100$ м)

Розрахункові значення дози, отриманої внаслідок зовнішнього опромінення від точкового джерела при різному часі перебування працівників у зоні опромінення та при різних відстанях наведені в табл.2.

Таблиця 2

Розрахункові значення дози, отриманої внаслідок зовнішнього опромінення від точкового джерела

Радіонуклід	A , мКи	t , год	k_{γ}	$R=1$, доза, Зв	$R=10$ доза, Зв	$R=100$ доза, Зв
^{137}Cs	10^5	0,5	3,242	16,21	0,1621	0,001621
		0,1		3,242	0,03242	0,0003242

Для розрахунку і оцінки еквівалентної дози опромінення використовують прийняті Міжнародною комісією радіаційного захисту (МКРЗ) таблиці дозових цін різних радіонуклідів — поглинених доз внаслідок потрапляння певного радіонукліда активністю 1 Бк в організм людини при диханні чи проковтуванні. Згідно таблиці дозова ціна для ^{137}Cs у випадку вдихання становить 1×10^{-8} Зв/Бк [3].

Розрахунок і оцінка інгаляційної еквівалентної дози випромінювання потребують знання чи оцінки активності вмісту радіонуклідів у повітрі, що вдихається за певний період роботи. Потрібно також знати середньодобовий об'єм споживаного людиною повітря [3].

Знаючи активність певного радіонукліда у повітрі, що вдихається протягом певного часу, надходження його інгаляційним шляхом в організм дорослої людини можна обчислити за формулою:

$$D_{\text{інг}} = \text{ДЦ} \times \text{РН}_i \quad (2)$$

де $D_{\text{інг}}$ – інгаляційна доза опромінення; ДЦ — дозова ціна певного (і-го) радіонукліда; РН_i — надходження певного радіонукліда через органи дихання.

Середній вміст ^{137}Cs в повітрі складе:

$$C_{\text{п}} = 3,7 \times 10^{12} \text{ Бк/м}^2 \times 10^{-8} \text{ м}^{-1} = 3,7 \times 10^4 \text{ Бк/м}^3$$

В умовах професійної діяльності доросла людина споживає $9,6 \text{ м}^3$ повітря за 8 годин роботи, тобто за одну годину цей показник становитиме $1,2 \text{ м}^3$, а отже, щогодинне надходження радіонукліда ^{137}Cs до організму з повітрям складе:

$$PH_n = 3,7 \times 10^4 \text{ Бк/м}^3 \times 1,2 \text{ м}^3/\text{год} = 4,44 \times 10^4 \text{ Бк/год}$$

Середня інгаляційна складова еквівалентної дози опромінення для працівників цеху при цьому складі:

$$D_{\text{інг}} = C_n \times PH_n = 4,44 \times 10^4 \text{ Бк/год} \times (1 \times 10^{-8} \text{ Зв/Бк}) = 4,44 \times 10^{-4} \text{ Зв/год}$$

Підсумовуючи дози, отримані від зовнішнього та внутрішнього опромінення ^{137}Cs , можна приблизно обчислити середню індивідуальну еквівалентну дозу опромінення для працівника цеху, з урахуванням часу та відстані опромінення:

	t, год	R=1, доза, Зв	R=10 доза, Зв	R=100 доза, Зв
D _c	0,5	16,210444	0,162544	0,002065
	0,1	3,2424444	0,034644	0,000786

За літературними даними, хронічна променева хвороба може розвинути за потужності еквівалентної дози опромінення 0,001 – 0,005 Зв/добу (0,1 – 0,5 бер/добу) і сумарних доз 0,7 – 1,0 Зв (70 – 100 бер) і вище [3].

Розрахунки показали, що дози, які будуть отримані персоналом на відстані 1 м від джерела випромінювання, будуть смертельними.

Відповідно до статті 19 Закону України „Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань”, компенсація за перевищення річної основної дозової межі опромінення встановлюється у розмірі 1,2 неоподаткованого мінімуму доходів громадян за кожний мілізіверт перевищення допустимої межі опромінення, тобто ціна 1 люд.-Зв становить 20400 грн.

Таким чином, аварія дефектоскопа на 410 авіаремонтному заводі, за умови перебування персоналу протягом 30 хвилин на відстані 1 метра від джерела аварії завдасть збитків на суму понад 330 тис. грн.

Це свідчить про доцільність моделювання гіпотетичних аварійних ситуацій на радіаційних джерелах з метою запобігання підвищеного рівня опромінення персоналу на об'єктах, що використовують радіонуклідну дефектоскопію, а також з метою оцінки рівня екологічної безпеки при потраплянні радіонуклідного забруднення в навколишнє середовище, обчислення їх можливих наслідків та збитків.

Список літератури

1. *Беляев С.Т.* Радиоактивные выбросы в биосфере. – М.: Атомиздат, 1991.-256 с.
2. *Козлов В.Ф.* Довідник по радіаційній безпеці. – К.: Вища школа, 1987. – 374 с.
3. *Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К.* Основи радіоекології: Учбовий посібник. – К.: Вища школа, 2003. – 420 с.