

Практичне заняття 3

ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ ПІД ЧАС АВАРІЇ НА РАДІАЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ

Навчальною метою практичного заняття є надання студентам навичок у розв'язанні типових задач з оцінки радіаційної обстановки, формуванні висновків та визначення заходів щодо захисту людей і довкілля в разі радіаційної аварії.

Завдання виконується студентами за викладеною далі методикою (п.3) з використанням вихідних даних указанного викладачем варіанту (див. додаток 1).

Звіт виконання роботи виконується на аркушах формату А4 і складається:

а) титульний аркуш, який має назву навчального закладу, назву кафедри (кафедра охорони праці, промисловості та цивільної безпеки), назву роботи та її тему, номер варіанту, прізвище та ім'я студента, шифр навчальної групи;

б) вступ (характер впливу радіоактивного забруднення на виробничу діяльність об'єкта, мета прогнозування і оцінки радіаційної обстановки);

в) розрахункова частина: умова, вихідні дані, розв'язання типових задач з прогнозування її оцінки радіаційної обстановки, підсумкова таблиця, висновки і заходи щодо виключення або зменшення радіаційного опромінення людей при аварії на радіаційно небезпечному об'єкті.

Завдання студентам

Умова: На АЕС сталася аварія з руйнуванням ядерного реактора і викидом радіоактивних речовин у навколишнє середовище. За даними радіаційного контролю отримані дані про рівні радіації на території об'єкта на початку його зараження. Реактор ВВЕР-1000. Напрямок вітру - на об'єкт.

Завдання: Оцінити радіаційну обстановку, що може скластися в районі об'єкту та вибрати найбільш ефективний спосіб захисту робітників і службовців об'єкту. Під час оцінки обстановки розв'язати такі задані:

Задача № 1. Визначити в яку зону РЗ потрапив об'єкт.

Задача № 2. Визначити, які дози радіації отримають люди, якщо вони:

а) залишаться працювати на робочому місці;

б) укриються в захисних спорудженнях (ЗС);

в) евакуюються із зони зараження.

Задача № 3. Визначити допустиму тривалість праці на робочому місці при установленій дозі радіації.

Задача № 4. Визначити, коли об'єкт зможе почати працювати повними робочими змінами.

Методика розрахунку

Під радіаційною обстановкою (РО) розуміють радіоактивне забруднення (зараження) місцевості, водоймищ, продовольства, фуражу вище природних (допустимих) значень, в результаті аварій на радіаційно-небезпечних об'єктах, а також при застосуванні ядерної зброї (ЯЗ), яка вимагає вживання певних мір захисту населення (виробничого персоналу об'єктів господарювання).

Серед радіаційно-небезпечних об'єктів особливе місце займають атомні електростанції (АЕС). Так, у результаті аварії на Чорнобильській АЕС (26 квітня 1986 року) піддалися радіоактивному забрудненню 12 областей України, 234 міст і населених пунктів, 2 млн. га - сільськогосподарських угідь і 3 млн.га.

- лісів. Площа зони радіоактивного забруднення із щільністю 1 Кі/км² і вище, складає більше як 45 тис.км². Найбільш забрудненими нині є Житомирська (11 439 км²), Рівненська (9 508 км²), Київська (9 479 км²), Кіровоградська (2 454 км²), Чернігівська (2 349 км²) області [4].

Для того, щоб спрогнозувати ступінь радіаційної небезпеки і вжити певних мір захисту населення (виробничого персоналу об'єкту), необхідно виявити РО і її оцінити.

Суть виявлення РО полягає в нанесенні на географічну карту місцевості зон радіоактивного зараження в напрямку розповсюдження хмари зараженого радіонуклідами повітря.

РО може бути виявлена двома способами:

- спосіб, що полягає в застосуванні методу прогнозу;
- спосіб, що полягає у використанні даних радіаційної розвідки.

Прогнозування РО може бути завчасним (оперативним) і аварійним (при виникненні радіаційної аварії). Прогноз РО проводиться для прийняття негайних рішень по організації захисту виробничого персоналу об'єктів і населення на початковій фазі радіаційної аварії і полягає в наступному.

Користуючись даними існуючих таблиць, визначаються розміри прогнозованих зон зараження в залежності від категорії стійкості атмосфери (інверсія, ізотермія, конвекція), а також швидкості переносу радіоактивної хмари, які в вигляді правильних еліпсів в масштабі наносяться на карту у напрямку вітру.

Далі визначається, чи потрапляє об'єкт (населений пункт) в зону зараження. Якщо потрапляє, то визначається в яку саме зону.

Під оцінкою РО розуміють розв'язання задач з різних варіантів дії населення (виробничого персоналу об'єктів) на зараженій місцевості, аналіз отриманих результатів та вибір найбільш доцільного варіанту дій, при якому люди отримають найменшу експозиційну дозу випромінювання. Це можуть бути укриття людей в захисних спорудах, використання засобів індивідуального захисту, евакуація людей в безпечні райони, а також здійснення наступних захисних заходів:

- забезпечення людей чистою водою та продуктами харчування;
- ретельне виконання правил особистої гієни;
- знання допустимих норм радіонуклідів в продуктах харчування (додаток 4) [5];
- періодичне проходження медичних оглядів;
- щорічний виїзд із забрудненої зони (мінімальний термін один місяць) на відпочинок та інше.

Задача №1. Визначення зони РЗ, в яку потрапив об'єкт.

На зараженій радіоактивними речовинами місцевості виділяють п'ять зон РЗ (Мал.1):

Зона М - радіаційної небезпеки;

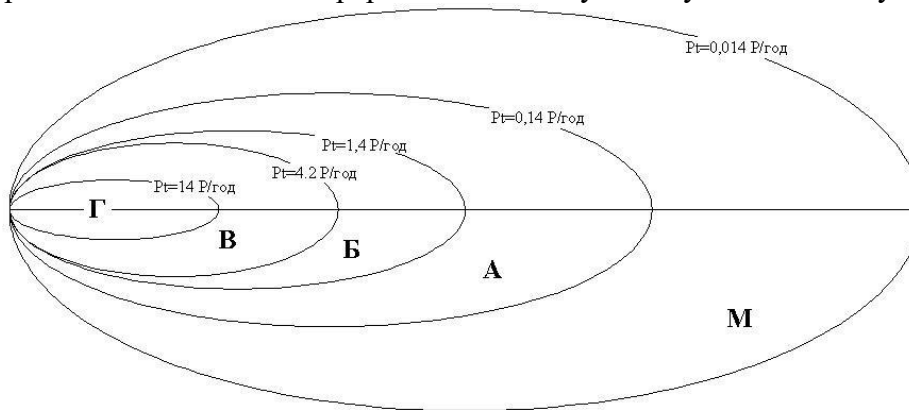
Зона А - помірного зараження;

Зона Б - сильного зараження;

Зона В — небезпечного зараження;

Зона Г - наднебезпечного зараження.

Рівні радіації на межах зон перераховані на одну годину після початку викиду (аварії).



Мал. 1 Зони РЗ після аварії на АЕС

Вихідні данні:

- R - відстань від об'єкта до АЕС, м;
- середня швидкість вітру, м/с;
- рівень радіації на об'єкті на початку його зараження, Р/год.

Алгоритм розв'язання задачі.

1. Визначається час початку зараження території об'єкта відносно часу аварії

$$t_n = \frac{R}{3600U_B}, \text{ год}$$

2. Розраховується рівень радіації на об'єкті на одну годину після аварії. Розрахунки базуються на законі спаду рівня радіації в даній точці місцевості, емпірична формула якого:

$$R_t = R_1 * t^{-\alpha}, \text{ p/год,}$$

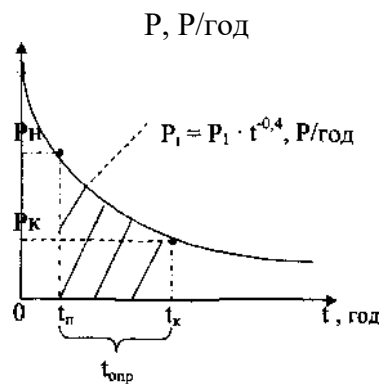
Із цього закону знаходять R_1 :

$$R_1 = R_t * t^\alpha, \text{ p/год,}$$

3. Визначається на Мал.1 зона РЗ, в яку потрапив об'єкт.

Задача №2. Визначення доз радіації, які можуть отримати люди.

Формулу для розрахунку доз радіації отримують шляхом інтегрування закону спаду рівня радіації, графічне зображення якого приведено на Мал.2.



Мал.2 Графік закону спаду рівня радіації.

$$D = \frac{1}{K_{\text{осл}}} \cdot \int_{t_n}^{t_k} P_1 \cdot t^{-0,4} dt = P_1 \cdot \frac{(t_k^{0,6} - t_n^{0,6})}{0,6 K_{\text{осл}}}, P$$

Де t_k - час закінчення перебування в зоні РЗ, год;

- коефіцієнт ослаблення радіації будівлею чи спорудою, де знаходяться люди (Додаток 2).

Іноді дозу радіації розраховують за спрощеною формулою:

$$D = \frac{P_{\text{сєр}} \cdot t_{\text{опр}}}{K_{\text{осл}}}, P$$

Де $t_{\text{опр}}$ - тривалість опромінення ($t_{\text{опр}} = t_k - t_n$);

$P_{\text{сєр}}$ середнє значення рівня радіації за час перебування в зоні РЗ.

$$P_{\text{сєр}} = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m P_i, P/\text{год}$$

Де P_i - рівень радіації у i -тому інтервалі часу;

m - кількість інтервалів часу, що беруться до розрахунку.

Алгоритм розв'язання задачі.

1. Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди на своєму робочому місці за одну зміну ($t_p=8$ год).

$$D_{\text{буд}} = \frac{P_1(t_k^{0,6} - t_n^{0,6})}{0,6 \cdot K_{\text{осл буд}}}, P$$

Де $t_k = t_n + t_p = t_n + 8$ год.

2. Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди під час перебування у захисній споруді, протягом 24 год.

$$D_{\text{зс}} = \frac{P_1(t_k^{0,6} - t_n^{0,6})}{0,6 \cdot K_{\text{осл зс}}}, P$$

Де $t_k = t_n + t_p = t_n + 24$, год.

3. Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди під час евакуації із зони зараження (транспортм і пішими колонами).

$$D_{\text{єв}} = \frac{P_{\text{сєр}} \cdot t_{\text{єв}}}{K_{\text{осл}}}, P$$

Приміткам. Для умов виходу із зони найкоротшим шляхом беруть:

$$P_{\text{сєр}} = \frac{P_{\text{max}}}{2}, P$$

Де P_{max} - найбільший рівень радіації на маршруті руху колони. Для умов задачі вважаємо $P_{\text{max}} = P_n$.

Тривалість перебування в зоні РЗ становить:

$$t_{\text{єв}} = \frac{L}{V_{\text{рух}}}, \text{год}$$

Де L - довжина маршруту руху в зоні РЗ, км;

$V_{\text{рух}}$ - швидкість руху, км/год

Задача 3. Визначення допустимої тривалості роботи зміни у зоні РЗ при установленій

дозі радіації.

Вихідні дані:

- рівень радіації на 1 год після аварії;
- D_y - установлена доза радіації на одну зміну;
- коефіцієнт ослаблення будівлі, де працюють люди;
- час початку роботи робочої зміни.

Алгоритм розв'язання задачі:

1) Розраховується допоміжний параметр

$$a = \frac{P_1}{D_y \cdot K_{осл}}, 1/\text{год}$$

2) Визначається допустима тривалість роботи зміни:

$$T_{\text{доп}} = (t_n + \frac{0,6}{a})^{0,6} - t_n, \text{ год}$$

Примітка. Можна скористатись графіком (Додаток 3), який побудований за наведеною формулою.

Задача 4. Визначення часу початку роботи об'єкту повними робочими змінами.

Вихідні дані:

a - параметр, що розраховується в попередній задачі;

$$a = \frac{P_1}{D_y \cdot K_{осл}}, 1/\text{год}$$

- максимальна тривалість повної робочої зміни (беремо = 8 год.)

Алгоритм розв'язання задачі:

1. Визначається час початку роботи повної зміни, користуючись графіком (Додаток 3)

$$t_n = f(a, t_{p \max}),$$

Приклад. Провести прогнозування та оцінювання радіаційної обстановки на об'єкті господарювання після аварії на АЕС.

Вихідні данні:

- Відстань об'єкта господарювання від АЕС $R=10$ км
- Тип реактора ВВЕР-1000;
- Швидкість вітру $V_B=5$ м/с від АЕС, напрямом - на об'єкт;
- Рівень радіації на об'єкті на початку його зараження $P_n = 10$ р/год;
- Доза радіації, що установлюється на одну робочу зміну $D_y = 2$ р;
- Тривалість робочої зміни $t_p=8$ год;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання будівлею, де працюють люди $K_{осл.буд} = 5$;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання транспортним засобом, на якому евакуюються люди $K_{осл.тр.} = 2$;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання захисною спорудою $K_{осл.зс.}=100$;
- Довжина маршруту евакуації по зараженій місцевості $L = 10$ км
- Середня швидкість руху транспортного засобу $V_{рух.тр} = 50$ км/год
- Середня швидкість руху пішої колони $V_{рух.п} = 5$ км/год

Розв'язання задач

Задача 1. Визначення зони РЗ, в яку потрапив об'єкт.

1. Визначається час початку зараження території об'єкту за формулою

$$t_n = \frac{R}{V_B} = \frac{10000}{3600 \cdot 5} = 0,55 \text{ год.}$$

2. Розраховується рівень радіації на 1 год після аварії за формулою

$$P_1 = P_n \cdot t_n^{0,4} = 10 \cdot 0,55^{0,4} = 7,78 \frac{P}{\text{год}}$$

Висновок: згідно з мал. 1 об'єкт потрапив в зону В – небезпечного зараження

Задача 2. Визначення доз радіації, які можуть отримати люди.

1. Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди на своєму робочому місці за повну робочу зміну ($t_p=8$ год), якщо почнуть роботу з початку зараження об'єкту (це найгірший випадок з можливих) за формулою

$$D_{\text{буд}} = \frac{P_1(t_k^{0,6} - t_n^{0,6})}{0,6 \cdot K_{\text{осл.буд.}}} = \frac{7,78(8,55^{0,6} - 0,55^{0,6})}{0,6 \cdot 5} = 7,56 P.$$

2. Визначається доза радіації, яку можуть люди отримати під час перебування у захисній споруді, протягом 24 год за формулою

$$D_{\text{зс}} = \frac{P_1(t_k^{0,6} - t_n^{0,6})}{0,6 \cdot K_{\text{осл.зс.}}} = \frac{7,78(24,55^{0,6} - 0,55^{0,6})}{0,6 \cdot 100} = 0,648 P$$

3. Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди під час евакуації, якщо вони почнуть рух з моменту початку зараження об'єкту за формулою

а) під час маршу пішої колони

$$D_{\text{ев.п.}} = \frac{P_{\text{сер}} \cdot t_{\text{ев}}}{K_{\text{осл}}} = \frac{P_n \cdot L}{2 \cdot K_{\text{осл}} \cdot V_{\text{рухп.}}} = \frac{10 \cdot 10}{2 \cdot 1 \cdot 5} = 10 P.$$

б) під час маршу авто колони

$$D_{\text{ев.тр.}} = \frac{10 \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 50} = 0,5 P.$$

Задача 3. Визначення допустимої тривалості роботи зміни у зоні РЗ при установленій дозі радіації.

1. Визначається допоміжний параметр за формулою

$$a = \frac{P_1}{D_y \cdot K_{\text{осл.буд.}}} = \frac{7,78}{2 \cdot 5} = 0,778 \text{ 1/год.}$$

2. Визначається допустима тривалість робочої зміни у будинку за формулою.

$$T_{\text{доп}} = (t_n + \frac{1}{a})^{0,6} - t_n = (0,55 + \frac{1}{0,778})^{0,6} - 0,55 = 1,4 \text{ год.}$$

Задача 4. Визначення часу початку роботи об'єкту повними робочими змінами ($t_p=8$ год).

1. Користуючись графіком (Додаток 3), для $t_{p,\text{макс}}=8$ год і $a=0,778$ 1/год, знаходимо $t_n=90$ год

Підсумкова таблиця

P_1 P/год	Доза радіації, P				$T_{\text{доп}}$ год	Початок роботи у звичайному режимі, год
	$D_{\text{буд}}$	$D_{\text{зс}}$	$D_{\text{ев.п.}}$	$D_{\text{ев.тр.}}$		
7,78	7,56	0,648	10	0,5	1,4	90

Висновки

1. Об'єкт господарювання потрапив у зону небезпечного зараження (зона В)
2. Відповідно до Закону України «Про забезпечення захисту населення в умовах радіаційного зараження» від 27.02.1991 виробничий персонал об'єкту підлягає обов'язковій евакуації в безпечний район, оскільки рівень радіації на об'єкті набагато більше 150 мкР/год.

3. Доцільним способом проведення евакуації є евакуація з використанням транспортних засобів, оскільки отримана доза радіації при цьому буде на порядок менше, ніж при евакуації пішим порядком.

4. До початку евакуації потрібно здійснювати такі заходи захисту : укрити людей у захисних спорудах, йодну профілактику, обмежити перебування на відкритій місцевості.

5. Об'єкти з безперервним циклом виробництва за рішенням Уряду можуть продовжувати роботу при умові, якщо тривалість роботи зміни не буде перевищувати $T_{\text{доп}}=1,4$ год .

6. Потрібно розраховувати режим роботи об'єкту скороченими змінами.

7. Об'єкт може почати працювати повними змінами ($t_p=8$ год) через 90 годин після аварії на АЕС

8. Для зменшення рівня випромінювання, на об'єкті потрібно провести дезактивацію будинків, території, технологічного обладнання.

Додаток 1

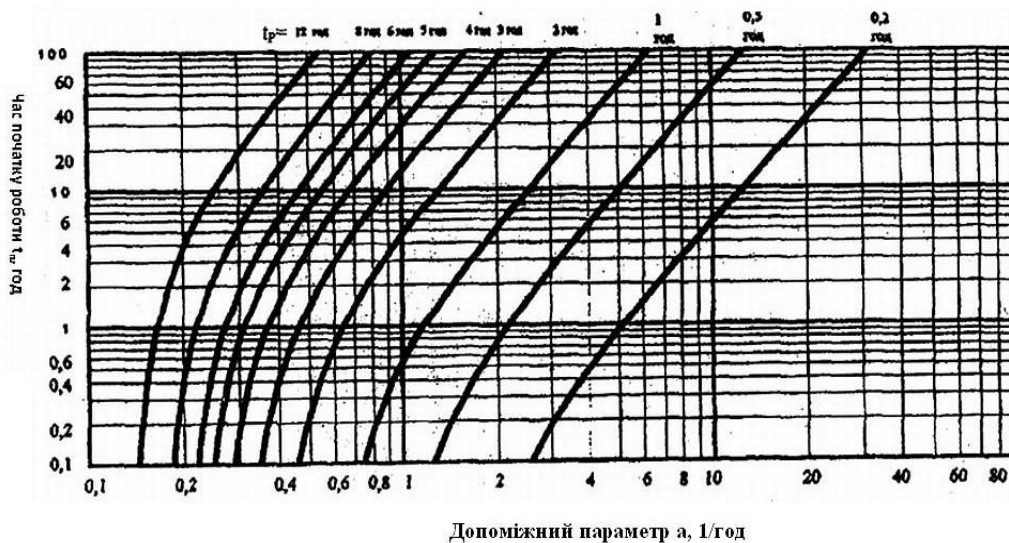
Вихідні дані до роботи

Вар	Відстань до АЕС км	Швидкість вітру м/с	Перший вимір рівня радіації (P_n), Р/год	Коефіцієнт ослаблення захисних споруд	Довжина маршруту в зоні РЗ, км	Середня швидкість автоколони км/год	Установлена доза радіації, Р
1	10	1	9	100	5	40	3
2	12	2	8	120	7	50	2,5
3	14	3	7	140	9	60	2
4	16	4	6	160	11	70	1,5
5	18	1	2	180	13	40	1
6	20	2	1,5	100	15	50	0,5
7	22	3	10	120	5	60	3
8	24	4	8	140	7	70	2,5
9	10	1	6	160	9	40	2
10	12	2	4,5	180	11	50	1,5
11	14	3	3,5	100	13	60	1
12	16	4	9	120	15	70	0,5
13	18	1	8	140	5	40	3
14	20	2	7	160	7	50	2,5
15	22	3	6	180	9	60	2
16	24	4	4	100	11	70	1,5
17	10	1	10	120	13	40	1
18	12	2	9	140	15	50	0,5
19	14	3	8	160	5	60	3
20	16	4	6	180	7	70	2,5
21	18	1	3,5	100	9	40	2
22	20	2	9	120	11	50	1,5
23	22	3	8	140	13	60	1
24	24	4	7	160	15	70	0,5

Постійні значення: $K_{\text{ослтр}} = 2$, $K_{\text{ослбудівля}} = 6$, $V_{\text{рухп}} = 4 \text{ км/год}$

Коефіцієнти ослаблення доз радіації $k_{осл}$

Будівлі, споруди, транспортні	$k_{осл}$
Відкрита місцевість	1
Виробнича одноповерхова будівля цеху	7
Виробнича, адміністративна триповерхова будівля	6
Житлова кам'яна одноповерхова	10
Підвал	40
Житлова дерев'яна одноповерхова	2
Підвал	7
Житлова кам'яна триповерхова	20
Підвал	400
Відкрита щілина, траншея	3...4
Перекрита щілина	40...50
Протирадіаційне укриття ПРУ	150...500
Сховище	>1000
Автомобілі, автобуси, вантажна вагони	2
Кабіни бульдозерів, екскаваторів	4



P_1 - рівень радіації на 1 годину після аварії, Р/год;

D_y - величина установленної дози радіації, Р;

$$a = \frac{P_1}{D_y \cdot K_{осл} буд}, 1/год$$

$K_{осл}$ - коефіцієнт ослаблення радіації будівлею, спорудою і т.і.