

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ПРАКТИКУМ З КУРСУ  
«ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА»

Харків  
«Факт»  
2005

ББК 65.9(2)248  
П 69  
УДК 658. 382.3

Рецензенти: В. І. Тітов — начальник курсів ЦО Харківської області, полковник  
Ю. В. Петров — Харківська національна академія ім. В.В. Докучаєва

П 69 Практикум з курсу «Цивільна оборона» / М.А. Кулаков, В.О. Ляпун, Н.П. Мандрика та ін.— Х.: Факт, 2005 — 000с. ISBN 0000000000000.

У практикумі коротко подано довідковий матеріал, методику вирішення завдань з оцінки обстановки та стійкості роботи об'єктів господарювання в надзвичайних ситуаціях, варіанти задач для поглиблення знань матеріалу.

Він відповідає вимогам типової програми та проекту нової програми з курсу «Цивільна оборона».

**ББК 65.9(2)248**

ISBN 0000000000

© Кулаков М.А., Ляпун В.О.,  
Мандрика Н.П., Мягкий В.О., 2005  
© Видавництво «Факт», 2005

# 1 РОЗРАХУНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЕРЕДКІВ УРАЖЕНЬ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

З численних осередків уражень, які виникають у результаті стихійних лих, найбільш значними за масштабами наслідків є такі, що утворюються при землетрусах і повенях, а також при аваріях на АЕС та інших об'єктах атомної енергетики, на підприємствах, що мають СДОР, і виробництвах з вибуховою і пожежною технологією.

Незалежно від джерел виникнення стихійні лиха характеризуються значними масштабами і різною тривалістю від кількох секунд (землетруси, снігові лавини), до кількох годин (селі), днів (зсуви), місяців (повені).

## 1.1. Осередки уражень при землетрусі

*Землетруси* — це сейсмічні явища, які виникають унаслідок раптових зміщень і розривів у корі й більш глибоких шарах Землі або внаслідок вулканічних і обвальних явищ, коли на великій відстані передаються потужні хвилі. Ділянка землі, із якої виходять хвилі землетрусу, називається осередком (гіпоцентром) землетрусу. Точка на поверхні землі, розміщена над центром осередку землетрусу, називається епіцентром землетрусу.

Основними характеристиками землетрусів є: глибина осередку, магнітуда  $M$  й інтенсивність енергії на поверхні землі. Глибина осередку землетрусу звичайно розташовується від 30 до 60 км, а інколи й 700 км.

Магнітуда характеризує загальну енергію землетрусу й є логарифмом максимальної амплітуди зсуву ґрунту в мікронах, обмірюваної по сейсмограмі на відстані 100 км від епіцентру. Магнітуда за Ріхтером змінюється від нуля до дев'яти (найдужчий землетрус). Збільшення її на одиницю означає десятикратне зростання амплітуди коливань у ґрунті (чи зсув у ґрунті) і збільшення енергії землетрусу в 30 разів.

Інтенсивність енергії на поверхні землі вимірюється в балах. Вона залежить від глибини осередку, магнітуди, відстані епіцентру, геологічної будівлі ґрунтів та інших факторів. Для виміру енергії землетрусів у нашій країні застосовується 12-бальна шкала MSK-64. Осередок ураження при землетрусі називається територією, у межах якої відбулися масові руйнування й ушкодження

будинків, споруд та інших об'єктів, що супроводжуються ураженнями і загибеллю людей, тварин, рослин.

Осередок масового ураження виникає звичайно в районі (зоні) землетрусу, де інтенсивність його за шкалою Ріхтера складає сім-вісім балів і більше, при цьому більшість будинків і споруд мають середні і сильні руйнування.

За характером руйнувань будинків і споруд осередок ураження при землетрусі можна порівняти з осередком ядерного ураження. Тому оцінка можливих масштабів руйнувань при землетрусі може бути проведена аналогічно оцінці руйнувань при ядерному вибуху, з тією лише різницею, що як критерій береться не максимально надлишковий тиск у фронті ударної хвилі, а максимальна інтенсивність землетрусу в балах за шкалою Ріхтера.

При прогнозуванні характер і ступінь очікуваних руйнувань об'єктів можна визначати для різних дискретних значень інтенсивності в інтервалі від величин, що викликають слабкі руйнування більшості будинків і споруд, до величин, які спричиняють повне їх руйнування (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Характеристика руйнувань будинків та споруд при землетрусах за шкалою MSK

| Характеристики будинків і споруд  | Руйнування, бали (MSK) |         |        |       |
|---|------------------------|---------|--------|-------|
|   | слабкі                 | середні | сильні | повні |
| 1. Масивні промислові будинки з металевим каркасом                        | 7–8                    | 8–9     | 9–10   | 10–12 |
| 2. Будинки з легким металевим каркасом і безкаркасні конструкції          | 6–7                    | 7–8     | 8–9    | 9–12  |
| 3. Будинки зі збірного залізобетону                                       | 6–7                    | 7–8     | 8–9    | 8–11  |
| 4. Цегельні безкаркасні виробничі будинки і залізобетонні збірні елементи | 6–7                    | 7–8     | 8–9    | 9–11  |
| 5. Цегельні малоповерхові будинки (1–2 поверхи)                           | 6                      | 6–7     | 7–8    | 8–9   |
| 6. Складські цегельні будинки   | 5–6                    | 6–7     | 7–8    | 9–10  |
| 7. Трубопроводи на металевих або залізобетонних естакадах                 | 7–8                    | 8–9     | 9–10   |       |

## 1.2. Осередки ураження при повені

*Повені* — тимчасове значне затоплення місцевості в результаті підйому води в річках, водоймищах за рахунок танення снігу, зливних дощів, заторів льоду, прориву гребель ГЕС, великих морських приливів. При надзвичайних ситуаціях погрозу затоплення на Україні можуть створювати Київське, Кременчуцьке, Каховське водоймища, великі річки. За розмірами і нанесеними збитками затоплення поділяються на: невеликі, великі, значні і катастрофічні. При руйнуванні гребель ГЕС затоплення території відбувається зі швидкістю від 3 до 25 км/год, а в гірських районах до 100 км/год.

З метою своєчасного планування проведення рятувальних робіт у зонах катастрофічного затоплення внаслідок можливого прориву гребель виконується завчасне прогнозування можливих хвиль прориву і розмірів площ катастрофічного затоплення.

Масштаби повеней залежать від висоти і тривалості стояння небезпечних рівнів води, площі затоплення, часу затоплення (навесні, улітку, узимку) тощо. Осередком ураження при повені називається територія, у межах якої сталися затоплення місцевості, ушкодження і руйнування будинків, споруд та інших об'єктів, що супроводжуються загибеллю людей, тварин і врожаю, псуванням і знищенням сировини, палива, продуктів харчування тощо.

При руйнуванні греблі утворюються хвилі проходу, що поширюються вниз за течією зі швидкістю  $V$  і висотою  $h_{\text{пр}}$ .

Вихідні дані для розв'язання задачі:

$W$  — об'єм водосховища, млн м<sup>3</sup>;

$B$  — ширина прорану, м;

$H$  — глибина води перед греблею, м;

$V$  — середня швидкість хвилі пропуску, м/с;

$R$  — відстань хвилі пропуску від греблі до об'єкта, км.

Порядок розрахунку:

1. Визначаємо параметри хвилі пропуску, год.

$$t_{\text{пр}} = \frac{R}{V \cdot 3,6}, \text{ год} \quad (1.1)$$

2. Користуючись таблицею 1.2 визначаємо висоту хвилі проходу  $h$  на заданій відстані:

Таблиця 1.2

| Параметри, R                 | Відстань від греблі до об'єкта, км |      |       |        |       |       |       |
|------------------------------|------------------------------------|------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                              | 0                                  | 25   | 50    | 100    | 150   | 200   | 250   |
| Висота хвилі пропуску, $h$ м | 0,25H                              | 0,2H | 0,15H | 0,075H | 0,05H | 0,03H | 0,02H |

3. Визначаємо час спорожнювання сховища, год.

$$T = \frac{W}{3600 \cdot B \cdot N}, \text{ год} \quad (1.2)$$

де  $W$  — обсяг водосховища,  $\text{м}^3$ ;  $B$  — ширина прорану ділянки переливу води через гребінь незруйнованої греблі, м;  $N$  — максимальна витрата води, що припадає на 1 м ширини чи прорану,  $\text{м}^3/\text{с}$  (за табл. 1.3).

Таблиця 1.3

|                              |    |    |     |     |
|------------------------------|----|----|-----|-----|
| $H$ , м                      | 5  | 10 | 25  | 50  |
| $N$ , $\text{м}^3/\text{см}$ | 10 | 30 | 125 | 350 |

4. Користуючись таблицею 1.4 визначаємо тривалість проходження хвилі на задану відстань

Таблиця 1.4

|            |     |        |        |      |      |      |
|------------|-----|--------|--------|------|------|------|
| Параметри  | 0   | 25     | 50     | 100  | 150  | 200  |
| $t$ , год. | $T$ | $1,7T$ | $2,6T$ | $4T$ | $5T$ | $6T$ |

**Приклад.** Обсяг водоймища  $W=70$  млн  $\text{м}^3$ , ширина прорану  $B=100$  м, глибина води перед греблею  $H=50$  м, середня швидкість проходження води  $V=5$   $\text{м}^3/\text{с}$ . Визначити параметри хвилі проходження на відстані 25, 50 і 100 км від греблі при її руйнуванні.

Розв'язання:

1. За формулою 1.1

$$t_{\text{пр}} = \frac{R}{V \cdot 3,6}, \text{ год}$$

де  $R$  — задана відстань від греблі до об'єкта, км.

Визначаємо час приходу хвилі на задані відстані:

$$t_{25} = 25/5 \cdot 3,6 = 1,4 \text{ год};$$

$$t_{50} = 50/5 \cdot 3,6 = 2,8 \text{ год};$$

$$t_{100} = 100/5 \cdot 3,6 = 5,6 \text{ год};$$

2. За таблицею 1.3 знаходимо висоту хвилі проходження на заданих відстанях.

$$h_{25} = 0,2 \cdot H = 0,2 \cdot 50 = 10 \text{ м};$$

$$h_{50} = 0,15 \cdot H = 0,15 \cdot 50 = 7,5 \text{ м};$$

$$h_{100} = 0,075 \cdot H = 0,075 \cdot 50 = 3,75 \text{ м};$$

3. Визначаємо тривалість проходження хвилі проходження ( $t$ ) на заданих відстанях. Для цього знаходимо час, протягом якого спорожнюється водоймище за формулою 1.2:

$$T = \frac{W}{3600 \cdot B \cdot N} = \frac{70 \cdot 10^6}{3600 \cdot 100 \cdot 350} = 0,55 \text{ год}$$

тоді

$$t_{25} = 1,7 \cdot T = 1,7 \cdot 0,55 = 1 \text{ год};$$

$$t_{50} = 2,6 \cdot T = 2,6 \cdot 0,55 = 1,5 \text{ год};$$

$$t_{100} = 4,0 \cdot T = 4,0 \cdot 0,55 = 2,2 \text{ год}.$$

**ЗАДАЧА 1.** Обсяг водоймища  $W=$  \_\_\_\_\_ млн  $\text{м}^3$ , глибина води перед греблею  $H=$  \_\_\_\_\_ м, середня швидкість руху води  $V=$  \_\_\_\_\_  $\text{м}^3/\text{с}$ , ширина прорану \_\_\_\_\_ м. Зробити висновки. Дані для розв'язання задач наведено за варіантами в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Початкові дані для розв'язання задачі 1

| Параметри                   | Варіанти |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                             | 1        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| $W$ , млн $\text{м}^3$      | 20       | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 |
| $H$ , м                     | 25       | 50  | 10  | 5   | 5   | 50  | 50  | 10  | 25  | 25  |
| $V$ , $\text{м}^3/\text{с}$ | 5        | 5   | 8   | 10  | 10  | 10  | 10  | 5   | 20  | 20  |
| $B$ , м                     | 100      | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| $R$ , км                    | 25       | 50  | 50  | 100 | 150 | 100 | 200 | 25  | 150 | 200 |

### 1.3. Осередок ураження на вибухонебезпечних об'єктах

Руйнування й ушкодження будинків, споруд, технологічного устаткування, емностей і трубопроводів на підприємствах з вибуховою і пожежною технологією може призвести до витоків газоподібних чи стислих вуглеводневих продуктів. При перемішуванні вуглеводневих продуктів з повітрям утворюються вибухо- і пожежонебезпечні суміші.

Найбільше вибухові і пожежні суміші з повітрям вуглеводневих газів: метану, пропану, бутану, етилену, пропілену, бутилену тощо. Наприклад, вибух пропану можливий при наявності в 1  $\text{м}^3$  повітря 21 літра газу, а загоряння — при 9,5 літра.

При вибуху газоповітряної суміші утворюється осередок ураження з ударною хвилею, що викликає руйнування будинків, споруд, устаткування, комунально-енергетичних систем.

В осередку вибуху газоповітряної суміші прийнято виділяти три кругові зони. (див. рис. 1.1).

Зона детонаційної хвилі знаходиться в межах зони вибуху, радіус якої в метрах обчислюється за формулою 1.3:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q} \quad (1.3)$$

де  $Q$  — маса зрідженого газу, т.

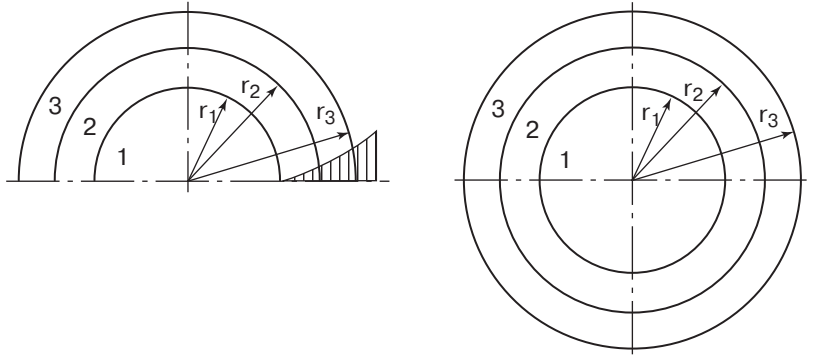


Рис. 1.1. Зони осередку вибуху газоповітряної суміші  
1 — зона детонаційної хвилі ( $r_1$ ); 2 — зона дії продуктів вибуху ( $r_2$ );  
3 — зона дії повітряної ударної хвилі ( $r_3$ )

У межах зони 1 діє надлишковий тиск  $\Delta P_1 = 1700$  кПа. Зона дії продуктів вибуху (зона 2) охоплює всю площу розльоту продуктів газоповітряної суміші в результаті її детонації. Радіус цієї зони обчислюється за формулою 1.4:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (1.4)$$

У зоні дії повітряної ударної хвилі (зона 3) формується фронт ударної хвилі.

Визначаємо відносну величину  $\varphi$  за формулою 1.5:

$$\varphi = 0,24 \cdot r_3 / r_1, \quad (1.5)$$

де  $r_1$  — радіус зони 1,  $r_3$  — відстань від центру вибуху до об'єкта, м.

При  $\varphi \leq 2$

$$\Delta P_{\max} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8 \cdot \varphi^3} - 1)}, \quad (1.6)$$

При  $\varphi > 2$

$$\Delta P_{\max} = \frac{22}{\varphi \sqrt{\lg \varphi + 0,158}}, \quad (1.7)$$

При можливому вибуху пари бензину:

1. Визначають обсяг резервуара, заповненого парами бензину за формулою 1.8:

$$V_{\text{пар.}} = V_{\text{емн.}} - V_{\text{бенз.}}, \quad (1.8)$$

де  $V_{\text{пар.}}$  — об'єм пари бензину в ємності,  $\text{м}^3$ ,  $V_{\text{емн.}}$  — об'єм ємності,  $\text{м}^3$ ,  $V_{\text{бенз.}}$  — об'єм бензину в ємності,  $\text{м}^3$ , дорівнюваний ємності, помножений на відсоток її заповнення ( $V_{\text{емн.}} \cdot \%_{\text{запов.}}$ ).

2. Визначають об'єм бензину, який перебуває в пароподібному стані за формулою 1.9:

$$V_{\text{бенз. пар}} = \frac{V_{\text{пар.}} \%}{100}, \quad (1.9)$$

де  $V_{\text{пар.}} \%$  — відсотковий вміст бензину, що перебуває в пароподібному стані

3. Розраховують масу бензину  $Q_{\text{бенз.}}$  (Т), що перебуває в пароподібному стані за формулою 1.10:

$$Q_{\text{бенз.}} = V_{\text{бенз. пар}} \cdot \rho, \quad (1.10)$$

де  $\rho$  — щільність пару бензину,  $\text{т}/\text{м}^3$  ( $\rho = 0,75 \text{т}/\text{м}^3$ ).

За діаграмою, поданою на рис. 1.2, визначають максимально можливий надлишковий тиск, роблять висновки.

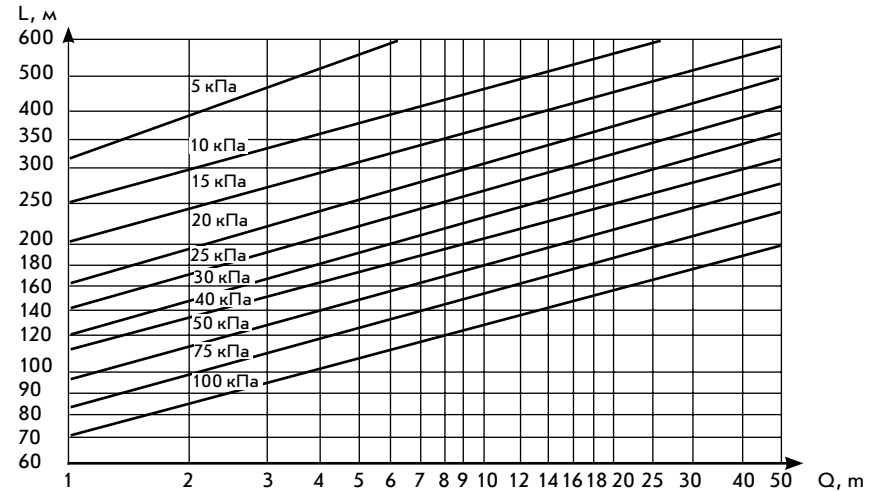


Рис. 1.2. Залежність надлишкового тиску від маси зрідженого вуглеводневого газу та відстані до об'єкта при вибуху газоповітряної суміші

Надлишковий тиск (кПа) у районі об'єкта і його елементів *при вибуху вибухових речовин (тротил, амонал тощо)* розраховується за формулою 1.11:

$$\Delta P_{\Phi} = 390 \cdot \sqrt{\frac{Q}{R^3}}, \quad (1.11)$$

де  $Q$  — маса вибухових речовин, кг;  $R$  — відстань від можливого центра вибуху до об'єкта (його елементів), м.

**ЗАДАЧА 2.** При транспортуванні ємності з пропаном масою \_\_\_\_\_ т на відстані \_\_\_\_\_ м від об'єкта відбувся вибух. Визначити максимальний надлишковий тиск, що утворився в результаті вибуху, на карту-схему заводу нанести зони руйнування. Вихідні дані наведено в табл. 1.6 за варіантами.

Таблиця 1.6

Вихідні дані до задачі 2

| Показник               | Варіанти |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        | 1        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| Ємність із пропаном, т | 20       | 15  | 30  | 40  | 50  | 75  | 100 | 150 | 10  | 15  |
| Відстань до об'єкта, м | 300      | 250 | 350 | 400 | 400 | 400 | 500 | 500 | 250 | 300 |

**ЗАДАЧА 3.** На складі підприємства трапився вибух ємності з бензином, ємність резервуара  $V_{\text{емн.}} = \dots$  м<sup>3</sup>, заповнення ємності бензином  $V_{\text{бенз.}} = \dots$  %, зміст бензину в паровій фазі,  $V_{\text{пар. бенз.}} = \dots$  %, відстань до цеху  $\dots$  м. Визначити максимальний надлишковий тиск, що утворився в результаті вибуху. Нанести на карту–схему заводу. Вихідні дані наведено в табл. 1.7 за варіантами.

Таблиця 1.7

Вихідні дані до задачі 3

| Показник                        | Варіанти |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                 | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Ємність, м <sup>3</sup>         | 1000     | 1500 | 1600 | 1000 | 1500 | 1000 | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 |
| Заповнення ємності бензином, %  | 73       | 70   | 57   | 60   | 65   | 45   | 75   | 64   | 54   | 75   |
| Вміст бензину в паровій фазі, % | 2.5      | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| Відстань до резервуару, м       | 180      | 200  | 200  | 200  | 200  | 150  | 150  | 200  | 200  | 150  |

#### 1.4. Осередок ядерного ураження, зони радіоактивного зараження (забруднення) та пожеж

Осередком ядерного ураження називається територія, у межах якої унаслідок впливу уражаючих факторів ядерного вибуху, а також вторинних факторів відбулися масові ураження людей, тварин і рослин, руйнування й uszkodження будинків і споруд.

Розміри осередку ядерного ураження залежать від потужності і виду ядерного вибуху, рельєфу місцевості, метеоумов, характеру забудов. Межа осередку ядерного ураження на рівнинній місцевості умовно обмежена радіусом з надлишковим тиском у фронті ударної хвилі 10 кПа (0.1 кГс/см<sup>2</sup>). За характером руйнувань промислових і житлових будинків, споруд, величини надлишкового тиску у фронті ударної хвилі ( $\Delta P_{\text{ф}}$ ) в осередку ядерного ураження умовно поділяється на зони: повних, сильних, середніх і слабких руйнувань. Максимальний очікуваний надлишковий тиск (кПа) у фронті ударної хвилі обчислюється за формулою 1.12.

$$\Delta P_{\text{max}} = 8,5 \frac{\sqrt[3]{q}}{R_{\text{min}}} + 2,65 \frac{\sqrt[3]{q^2}}{R_{\text{min}}^2} + 0,7 \frac{q}{R_{\text{min}}^3}, \quad (1.12)$$

$$R_{\text{min}} = R_r - 3,2E, \quad (1.13)$$

де  $q$  — потужність ядерного боєприпасу, кт;  $R_r$  — відстань від об'єкта до точки прицілювання, км;  $E$  — ймовірне відхилення боєприпасу від точки прицілювання, км.

Межа зони повних руйнувань ( $R_1$ ) дорівнює  $\Delta P = 50$  кПа (0,5 кГс/см<sup>2</sup>), характеризується: масовими безповоротними втратами серед незахищеного населення; повним руйнуванням будинків і споруд; руйнуванням комунально-енергетичних і технологічних мереж, а також частини споруд ЦО; утворенням суцільних завалів і обчислюється за формулою 1.14:

$$R_1 = (0,35 \div 0,4) \sqrt[3]{q} \quad (1.14)$$

(Тут і далі: перший коефіцієнт для повітряного вибуху, другий — для наземного.)

Площа зони складає 15% усієї площі осередку ядерного ураження.

Зона сильних руйнувань ( $R_2 - R_1$ ) з надлишковим тиском у фронті ударної хвилі  $\Delta P = 50 - 30$  кПа (0,5 ÷ 0,3 кГс/см<sup>2</sup>), характеризується масовими безповоротними втратами (до 90%) серед незахищеного населення, повним і сильним руйнуванням будинків і споруд; ушкодженням ГЕС і технологічних мереж; утворенням місцевих і суцільних завалів у населених пунктах; збереженням сховищ і більшості ПРУ підвального типу.  $R_2$  (км) обчислюється за формулою 1.15:

$$R_2 = (0,5 \div 0,55) \sqrt[3]{q} \quad (1.15)$$

Площа зони складає 10 % усієї площі осередку ядерного ураження.

Зона середніх руйнувань ( $R_3 - R_2$ ) з надлишковим тиском у фронті ударної хвилі  $\Delta P = 50-30$  кПа ( $0,5-0,3$  кГс/см<sup>2</sup>), характеризується: безповоротними втратами серед незахищеного населення (до 20%); сильними і середніми руйнуваннями будинків і споруд, утворенням місцевих і осередкових завалів, суцільних пожеж; збереженням ГЕС, сховищ і частини ПРУ.  $R_3$  (км) обчислюється за формулою 1.16:

$$R_3 = (0,75 + 0,7)\sqrt[3]{q} \quad (1.16)$$

Площа зони складає 15 % усієї площі осередку ядерного ураження.

Зона слабких руйнувань ( $R_4 - R_3$ ) з надлишковим тиском у фронті ударної хвилі  $\Delta P = 20-10$  кПа ( $0,2-0,1$  кГс/см<sup>2</sup>), характеризується: слабкими і середніми руйнуваннями будинків і споруд,  $R_4$  (км) обчислюється за формулою 1.17:

$$R_3 = (1,4 + 1,0)\sqrt[3]{q} \quad (1.17)$$

Площа зони складає 60% усієї площі осередку ядерного вибуху. За межами зони слабких руйнувань можливі непрямі ураження при надлишковому тиску  $\Delta P = 30$  кПа ( $0,03$  кГс/см<sup>2</sup>).

## 1.5. Зони пожеж

Осередок ядерного ураження характеризується складною пожежною обстановкою. У ньому виділяються три основні зони пожеж: зона пожеж у завалах, зона суцільних пожеж і зона окремих пожеж.

Зона пожеж у завалах охоплює всю зону повних і частину зони сильних руйнувань. На зовнішньому її кордоні величина світлового імпульсу складає: при повітряному вибуху  $U_{cb} = 2400-4000$  кДж/м<sup>2</sup>, при наземному  $U_{cb} = 700-1700$  кДж/м<sup>2</sup>,  $R = 0,4\sqrt[3]{q}$ , (км),  $q$  — кт.

Зона характеризується тривалим горінням у завалах з виділенням продуктів неповного згоряння і токсичних речовин, а також сильним задимленням. Унаслідок цього виникає небезпека ураження людей, що перебувають у захисних спорудах і беруть участь у проведенні рятувних та інших невідкладних робіт.

Зона суцільних пожеж охоплює велику частину зони сильних руйнувань, усю зону середніх (при наземному вибуху тільки частина її) і частину зони слабких руйнувань. На зовнішньому кордоні її  $U_{cb} = 400-600$  кДж/м<sup>2</sup>,  $\Delta P_{\phi} = 15$  кПа і  $R = \sqrt[3]{q}$ , км при повітряному і  $R = 0,6\sqrt[3]{q}$ , (км) при наземному вибуху.

Пожежі виникають у більше ніж 50% будинків і споруд, і через 1—2 год вогонь поширюється на інші будинки. Перетворення окремих пожеж у суцільні значною мірою залежить від ступеня вогнестійкості будинків і споруд, категорії пожежної небезпеки виробництва і щільності забудови.

Зона окремих пожеж охоплює частину зони середніх руйнувань (при наземному вибуху), усю зону слабких руйнувань і поширюється за межі осередку ядерного ураження. На зовнішньому кордоні її  $U_{cb} = 100-200$  кДж/м<sup>2</sup>,  $\Delta P_{\phi} = 7,5$  кПа і  $R = 1,75\sqrt[3]{q}$ , км при повітряному і  $\Delta P_{\phi} = 9,0$  кПа і  $R = 1,2\sqrt[3]{q}$ , км — при наземному вибуху.

**ЗАДАЧА 4.** По залізничній станції м. Павловська нанесений наземний ядерний вибух потужністю  $q = \dots$  кт на відстані  $R_{min} = \dots$  км. Визначити зони руйнувань і зони пожеж за вихідними даними, наведеними в табл. 1.8

Таблиця 1.8

Вихідні дані для задачі 4

| Найменування                         | Варіанти |     |    |     |      |     |     |     |     |     |
|--------------------------------------|----------|-----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                      | 1        | 2   | 3  | 4   | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| Потужність наземного вибуху $q$ , кТ | 200      | 100 | 50 | 500 | 2000 | 500 | 200 | 100 | 500 | 300 |
| Відстань $R_{min}$ , км              | 3        | 2.5 | 3  | 4   | 6.3  | 5   | 4   | 3   | 4.5 | 4   |

## 1.6. Радіоактивне зараження (забруднення)

Основним джерелом радіоактивного зараження місцевості й атмосфери, що відбувається при наземних і підземних ядерних вибухах, є продукти розподілу ядерного заряду, змішаного з ґрунтом. При цьому утворюється велика кількість радіоактивних речовин, що піднімаються у вигляді грибоподібної хмари на велику висоту і переміщуються на значні відстані під дією вітру. В міру просування хмари з неї випадають радіоактивні опади, залишаючи на поверхні землі слід радіоактивного зараження (забруднення). Цей слід — витягнута за напрямком вітру смуга, формою схожа на еліпс.

Розміри сліду радіоактивного зараження залежать від потужності вибуху, швидкості вітру, характеру місцевості й інших факторів. Люди і тварини, які перебувають на території, зараженій радіоактивними речовинами (РР), піддаються зовнішньому гамма-випромінюванню, впливу бета-, альфа-випромінювань, зараженню РР при потраплянні в організм людини разом із зараженими повітрям, їжею і водою.

На радіоактивно зараженій місцевості джерелами радіоактивного випромінювання є: сколки ядер розподілу ядерної вибухової речовини, наведена активність у ґрунті й інших матеріалах, та частина ядерного заряду, що не розділилася.

Наведена активність у ґрунті зумовлена утворенням під дією нейтронів і гамма-променів радіоактивних ізотопів таких, як алюміній-28, натрій-24, марганець-56 тощо.

Частина ядерного заряду, що не розділилася — це альфа-активні ізотопи плутонію-239, урану-235, урану-238.

Слід радіоактивної хмари відповідно до потужності експозиційної дози до повного розпаду РР прийнято умовно поділяти на п'ять зон. Характеристики зон наведені в табл. 1.9 та показані на рис. 1.3.

Таблиця 1.9

Характеристики зон радіоактивного зараження при ядерному вибуху та аваріях на АЕС із викидом радіоактивних речовин

| Зона | Доза випромінювання                |        |                   |        | Рівень радіації     |        |                   |        | Колір кордону зони |            |
|------|------------------------------------|--------|-------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|--------------------|------------|
|      | при ядерному вибуху                |        | при аварії на АЕС |        | при ядерному вибуху |        | при аварії на АЕС |        |                    |            |
|      | зовн.                              | внутр. | зовн.             | внутр. | зовн.               | внутр. | зовн.             | внутр. |                    |            |
| М    | Радіаційної небезпеки              | —      | —                 | 5      | 50                  | —      | —                 | 0,014  | 0,14               | червоний   |
| А    | Помірного зараження                | 40     | 400               | 50     | 500                 | 8      | 80                | 0,14   | 1,4                | синій      |
| Б    | Сильного зараження                 | 400    | 1200              | 500    | 1500                | 80     | 240               | 1,4    | 4,2                | зелений    |
| В    | Небезпечного зараження             | 1200   | 4000              | 1500   | 5000                | 240    | 800               | 4,2    | 14                 | коричневий |
| Г    | Надзвичайно небезпечного зараження | 4000   | >                 | 5000   | >                   | 800    | >                 | 14     | >                  | чорний     |

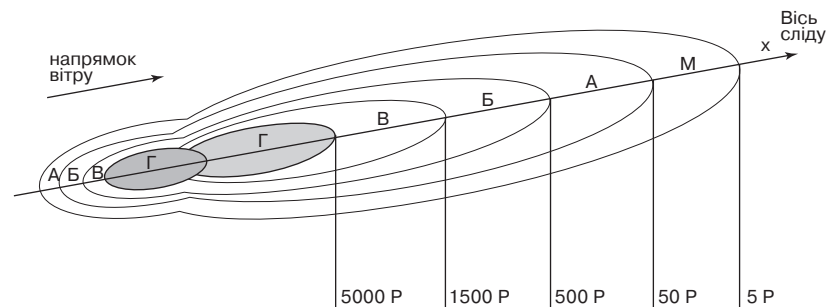
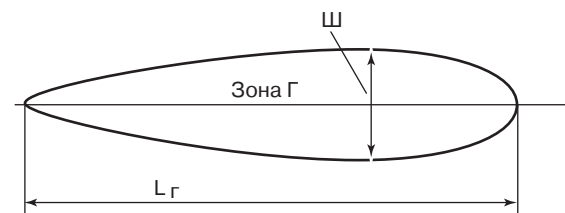


Рис. 1.3. Зони радіоактивного зараження при ядерному вибуху та аваріях на АЕС із викидом радіоактивних речовин

Розміри зон радіоактивного зараження на сліді при наземному ядерному вибуху і реакторі на АЕС можна орієнтовно визначити за формулами (1.18), (1.19), (1.20), (1.21).



$$\Gamma - L_{\Gamma} \approx \sqrt{q}, (\text{км}); q - \text{тис. т.} \quad (1.18)$$

$$B - L_b = 2,5L_{\Gamma}; \quad (1.19)$$

$$B - L_b = 5L_{\Gamma}; \quad (1.20)$$

$$A - L_a = 16L_{\Gamma}. \quad (1.21)$$

Максимальна ширина сліду дорівнює  $0,1L$  — при швидкості вітру  $V = 100$  км/год;  $0,2L$  — при  $V = 50-75$  км/год;  $0,4L$  — при  $V = 25$  км/год.

Кордони зон радіоактивного зараження на схемах і картах позначають: зона М — червоним, зона А — синім, зона Б — зеленим; зона В — коричневим; зона Г — чорним кольором.

● **ЗАДАЧА 5.** За даними задачі 4 розрахувати зони радіоактивного зараження, нанести кордони на карту Павловської області.



# 2 ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ

Таблиця 2.1

Залежність коефіцієнта послаблення від місця перебування людини

| Місце перебування людей        | $K_{\text{посл}}$ |
|--------------------------------|-------------------|
| На відкритій місцевості        | 1,0               |
| <i>Транспортні засоби</i>      |                   |
| Автомобілі, трамваї, автобуси  | 2,0               |
| Локомотиви, пасажирські вагони | 3,0               |
| <i>Промислові споруди</i>      |                   |
| Одноповерхові будівлі          | 7,0               |
| Багатоповерхові будівлі        | 6,0               |
| <i>Житлові споруди</i>         |                   |
| Одноповерхові                  | 10,0              |
| Підвал                         | 40,0              |
| Триповерхові                   | 20,0              |
| Підвал                         | 400,0             |

Під радіаційною обстановкою розуміють розміри, величину та характер радіаційного забруднення території. Радіаційну обстановку можна оцінювати методом прогнозування та за результатами радіаційної розвідки.

Знаючи радіаційну обстановку на об'єкті або території (нанесений на карту) розв'язуються такі практичні (типові) задачі з різних варіантів дій формувань Ц.О., виробничої діяльності на об'єкті та захисту населення.

## 2.1. Визначення доз опромінення за час перебування на забрудненій території.

Визначення допустимої тривалості перебування людей на забрудненій території позначається буквою  $T$  (год) та обчислюється за формулою 2.1:

$$T = t_k - t_n; \quad (2.1)$$

де  $t_n$  — час початку робіт,  $t_k$  — час закінчення робіт.

На практиці вирішуються і ряд інших задач.

Вихідними даними, для вирішення задач є:

1. Рівень радіації  $P$  (Р/год);

2. Коефіцієнт послаблення  $K_{\text{посл}}$ , (для відкритої місцевості він дорівнює 1.0), в інших випадках його знаходять за табл. 2.1.

Дані величини пов'язані між собою наступним чином:

$$D = \frac{P \cdot T}{K_{\text{посл}}}, \quad (2.2)$$

де  $D$  — доза опромінення організму за час перебування на забрудненій території.

Якщо доза опромінення лімітована (установлена), то час перебування на забрудненій території визначається так:

$$T = \frac{D_y \cdot K_{\text{п}}}{P}, \quad (2.3)$$

а якщо час  $T_y$  нормований, а достатній коефіцієнт послаблення необхідно розраховувати, то використовуємо таку формулу:

$$K_{\text{п}} = \frac{T_y \cdot P}{D_y}. \quad (2.4)$$

Зазначмо, що задачі при оцінці радіаційної обстановки можна розв'язувати аналітичним, графічним та табличним способами (методами).

Складність задач полягає у тому, що величина  $P$  — рівень радіації не є постійною, а зменшується з часом. Як при ядерному вибуху, так і при аварії на АЕС створюється велика кількість різноманітних радіоізотопів (радіонуклідів), які мають свій період напіврозпаду. Теоретично доведено і практично перевірено, що рівень радіації з часом зменшується по експоненційній залежності, наведеній на рис. 2.1 та визначається за формулою 2.5:

$$P_t = P_1 t^{-a}, \quad (2.5)$$

де  $P_t$  — рівень радіації на будь-який час  $t$ ,  $P_1$  — базовий рівень радіації через 1 годину після вибуху або аварії,  $a$  — коефіцієнт, який при ядерному вибуху дорівнює — 1,2, при аварії на АЕС дорівнює 0,35.

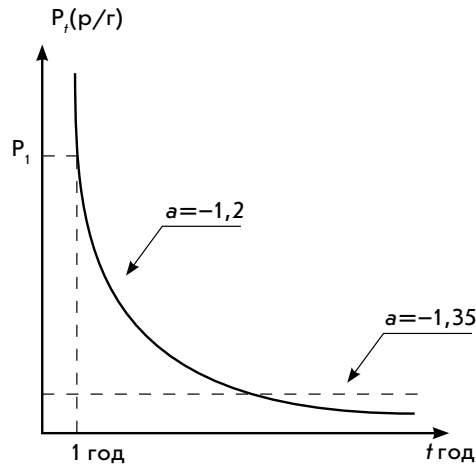


Рис. 2.1. Експоненціальна залежність зміни рівня радіації з часом

Таким чином, базовими рівняннями при оцінці радіаційної обстановки є залежності:

$$P_t = P_1 t^{-1,2}, \quad (2.6)$$

$$P_t = P_1 t^{-0,35}. \quad (2.7)$$

Для ядерного вибуху чи аварії на АЕС оцінка радіаційної обстановки визначається аналогічно.

**Приклад 1.** Як визначити величину дози опромінення за час від  $t_n$  до  $t_k$ .

За допомогою графіка, поданого на рис. 2.2 визначимо дозу Д.

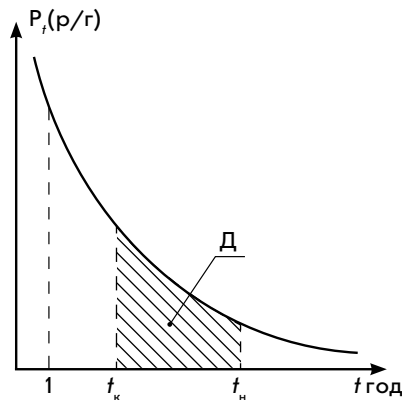


Рис. 2.2. Величина дози опромінення за час від  $t_n$  до  $t_k$

У цьому випадку величину дози опромінювання при ядерному вибуху розраховують за формулою 2.8:

$$D = \int_{t_n}^{t_k} P_1 \cdot t^{-1,2} \cdot dt = 5P_1(t_n^{-0,2} - t_k^{-0,2}). \quad (2.8)$$

При аварії на АЕС використовують залежність 2.9:

$$D = \int_{t_n}^{t_k} P_1 \cdot t^{-0,35} \cdot dt = \frac{5P_1(t_k^{0,65} - t_n^{0,65})}{0,65}. \quad (2.9)$$

Формули 2.8 та 2.9 наведені для відкритої місцевості, тобто  $K_{\text{пос}} = 1$ . В інших випадках ми його враховуємо.

Формули 2.8 та 2.9 дають змогу вирішувати усі види практичних задач при оцінці радіаційної обстановки. Приблизні значення функції  $t^{-0,2}$  та  $t^{0,65}$  наведені в табл. 2.2, а проміжні значення знаходять методом інтерполяції.

Таблиця 2.2

Значення функції  $f(t^x)$

| $t$ | $t^{0,65}$ | $t^{-0,2}$ | $t$ | $t^{0,65}$ | $t^{-0,2}$ |
|-----|------------|------------|-----|------------|------------|
| 0.5 | 0.64       | 1.15       | 12  | 5.22       | 0.61       |
| 1   | 1.0        | 1.0        | 14  | 5.8        | 0.59       |
| 1.5 | 1.31       | 0.92       | 16  | 6.32       | 0.57       |
| 2   | 1.58       | 0.87       | 18  | 6.9        | 0.56       |
| 2.5 | 1.85       | 0.83       | 20  | 7.4        | 0.55       |
| 3   | 2.08       | 0.8        | 24  | 8.4        | 0.53       |
| 3.5 | 2.32       | 0.78       | 30  | 9.7        | 0.51       |
| 4   | 2.54       | 0.76       | 36  | 10.9       | 0.49       |
| 5   | 2.94       | 0.72       | 48  | 13.4       | 0.46       |
| 6   | 3.3        | 0.7        | 60  | 15.5       | 0.44       |
| 8   | 4          | 0.66       | 72  | 17.5       | 0.42       |
| 10  | 4.64       | 0.63       | 96  | 21         | 0.4        |

## 2.2. Визначення зони радіаційного забруднення

Вихідними даними для визначення зони радіаційного забруднення є: час аварії, вибуху та рівень радіації на місцевості на час його заміру.

Кількісні характеристики цих зон наведені в табл. 1.8. (розд. 1). Для визначення зони забруднення необхідно знати рівень радіації на 1 годину після аварії або вибуху  $P_1$ . Так, наприклад,  $P_1 = 14$  Р/год при аварії на АЕС, а при ядерному вибуху (ЯВ)  $P_1 = 800$  Р/год для зони Г, така велика різниця. А об'єднує їх? Доза опромінення. Для зон зараження після аварії на АЕС — за рік, а при ЯВ — до повного розпаду.

**Приклад 2.** Як визначити рівень радіації на 1 год, якщо реально його заміряно в будь-який час.

Рівень радіації, заміряний після аварії на АЕС через 10 годин  $P_{10} = 5$  Р/год. Визначити, в якій зоні радіоактивного забруднення знаходиться об'єкт та який рівень радіації очікується на об'єкті через дві доби після аварії.

Розв'язання цієї задачі, як і всіх наступних, почнімо зі знаходження  $P_1$ . Для цього звернемося до формули 2.7. Звідки маємо:

$$P_1 = \frac{t}{t^{0,35}} = P_t \cdot t^{0,35} = P_{10} \cdot 10^{0,35} = 5 \cdot 2,238 = 11,4 \text{ Р/год.}$$

Таким чином, об'єкт перебуває в зоні В — небезпечного забруднення.

Рівень радіації через 2 доби. За табл. 2.4 знайдемо:

$$K_{\text{табл}} = \frac{P_1}{P_t} = 3,88,$$

звідки:

$$P_t = \frac{P_1}{K_{\text{табл}}} = \frac{11,4}{3,88} = 2,9 \text{ Р/год.}$$

Таблиця 2.4.

Коефіцієнти перерахунку рівнів радіації на 1год ( $t_1$ ) після аварії на АЕС

| Час після аварії, год | $K_{\text{табл}} = \frac{P_1}{P_t}$ | Час після аварії, год | $K_{\text{табл}} = \frac{P_1}{P_t}$ | Час після аварії, год | $K_{\text{табл}} = \frac{P_1}{P_t}$ |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 1                     | 1                                   | 3,0                   | 1,47                                | 48 (2 доб.)           | 3,88                                |
| 1,25                  | 1,08                                | 3,5                   | 1,55                                | 96 (4 доб.)           | 4,94                                |
| 1,5                   | 1,15                                | 4                     | 1,62                                | 144 (6 діб)           | 5,69                                |
| 1,75                  | 1,22                                | 5                     | 1,76                                | 240 (10 діб)          | 6,8                                 |
| 2,0                   | 1,27                                | 6                     | 1,87                                | 360 (15 діб)          | 7,85                                |
| 2,25                  | 1,33                                | 10                    | 2,24                                | 720 (1 міс.)          | 10,0                                |
| 2,5                   | 1,38                                | 18                    | 2,75                                | 1440 (2 міс.)         | 12,74                               |
| 2,75                  | 1,42                                | 24 (1 доб.)           | 3,04                                | 2160 (3 міс.)         | 14,7                                |

Таблиця 2.5.

Коефіцієнти перерахунку рівнів радіації на 1 год ( $t$ ) після ядерного вибуху

| Час після вибуху, год | $K_{\text{табл}} = \frac{P_1}{P_t}$ | Час після вибуху, год | $K_{\text{табл}} = \frac{P_1}{P_t}$ | Час після вибуху, год | $K_{\text{табл}} = \frac{P_1}{P_t}$ |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 0,5                   | 0,43                                | 2,5                   | 3                                   | 12                    | 19,72                               |
| 0,75                  | 0,71                                | 3,0                   | 3,74                                | 18                    | 32,08                               |
| 1                     | 1                                   | 3,5                   | 4,5                                 | 24 (1 доб.)           | 45,31                               |
| 1,25                  | 1,31                                | 4                     | 5,28                                | 48 (2 доб.)           | 104,1                               |
| 1,5                   | 1,63                                | 5                     | 6,9                                 | 96 (4 доб.)           | 239,2                               |
| 1,75                  | 1,96                                | 6                     | 8,59                                | 144 (6 діб)           | 389                                 |
| 2,0                   | 2,3                                 | 8                     | 12,13                               | 240 (10 діб)          | 718                                 |
| 2,25                  | 2,65                                | 10                    | 15,85                               | 360 (15 діб)          | 1168                                |

**Приклад 3.** Визначити дозу опромінення ( $D$ ) за 8 годин проведення рятувальних робіт в кабінах техніки (автомобілях), якщо рівень радіації через 5 годин після аварії на АЕС дорівнював 4,5 Р/год. До роботи приступили через 7 годин після аварії.

Тобто  $P_5 = 4,5$  Р/год,  $T_H = 7$  год,  $T_K = 15$  год.

Розв'язання. Визначимо за табл. 2.1.  $K_{\text{посл}} = 2$

Знайдемо  $P_1$ :

$$P_1 = P_5 \cdot K_5 = 4,5 \cdot 1,756 = 7,9 \text{ Р/год.}$$

Доза опромінення:

$$D = \frac{P_1(t_K^{0,65} - t_H^{0,65})}{0,65 \cdot K_H} = \frac{7,9(15^{0,65} - 7^{0,65})}{0,65 \cdot 2} = 13,78 \text{ Р}$$

Перевірка:

За табл. 2.6  $D = 13,03$ , тобто задачу розв'язано правильно. Отримана доза  $\approx 13$  Р перевищує допустиму для мирного часу (для категорії «А»  $D_y = 5$  Р/рік).

Таблиця 2.6

Дози опромінювання, отримані на відкритій місцевості при рівні радіації 1 Р/год на 1 год після аварії на АЕС

| Час початку опромінювання з моменту аварії, год | Час перебування Т, год |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |  |
|---|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--|--|
|   | 1                      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 8    | 10   | 12   | 18   | 24    | 48    |  |  |
| 1   | 0,88                   | 1,61 | 2,25 | 2,85 | 3,38 | 3,91 | 4,88 | 5,75 | 6,62 | 8,89 | 10,9  | 17,77 |  |  |
| 2   | 0,72                   | 1,37 | 1,97 | 2,51 | 3,04 | 3,52 | 4,46 | 5,3  | 6,14 | 8,4  | 10,37 | 17,15 |  |  |
| 3   | 0,65                   | 1,25 | 1,78 | 2,31 | 2,8  | 3,28 | 4,17 | 5,0  | 5,8  | 8,0  | 9,97  | 16,68 |  |  |
| 4   | 0,6                    | 1,14 | 1,66 | 2,15 | 2,62 | 3,09 | 3,95 | 4,75 | 5,54 | 7,69 | 9,7   | 16,28 |  |  |
| 6   | 0,52                   | 1,02 | 1,49 | 1,95 | 2,39 | 2,82 | 3,63 | 4,39 | 5,15 | 7,22 | 9,11  | 15,65 |  |  |
| 8   | 0,48                   | 0,94 | 1,37 | 1,8  | 2,21 | 2,62 | 3,38 | 4,12 | 4,8  | 6,85 | 8,69  | 15,11 |  |  |
| 12  | 0,42                   | 0,82 | 1,2  | 1,58 | 1,96 | 2,34 | 3,05 | 3,73 | 4,4  | 6,29 | 8,06  | 14,11 |  |  |
| 18  | 0,35                   | 0,71 | 1,06 | 1,4  | 1,73 | 2,06 | 2,71 | 3,31 | 3,95 | 5,72 | 7,38  | 13,95 |  |  |
| 24  | 0,32                   | 0,65 | 0,97 | 1,28 | 1,58 | 1,89 | 2,49 | 3,08 | 3,66 | 5,32 | 6,9   | 12,66 |  |  |
| 36  | 0,29                   | 0,57 | 0,85 | 1,12 | 1,39 | 1,66 | 2,2  | 2,73 | 3,25 | 4,77 | 6,23  | 11,6  |  |  |
| 48  | 0,26                   | 0,52 | 0,77 | 1,02 | 1,27 | 1,52 | 2,0  | 2,49 | 2,98 | 4,38 | 5,75  | 10,85 |  |  |
| 72  | 0,21                   | 0,43 | 0,66 | 0,89 | 1,11 | 1,32 | 1,75 | 2,17 | 2,6  | 3,86 | 5,09  | 9,75  |  |  |

**Примітка.** При визначенні доз опромінювання для інших значень рівня радіації необхідно визначену дозу помножити на фактичний рівень радіації:  $D_{\phi} = D_m \cdot P_{1\phi}$

Таблиця 2.7

Дози опромінювання ( $D_0$ ), отримані на відкритій місцевості при рівні радіації 100 Р/год на 1 год після ядерного вибуху

| Час початку опромінювання з моменту вибуху, год | Час перебування Т, год |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|---|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|   | 1                      | 2    | 3    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 18   | 24   | 48   | 96   |  |  |
| 0,5   | 113                    | 158  | 186  | 204  | 231  | 249  | 262  | 273  | 295  | 310  | 344  | 375  |  |  |
| 1   | 65                     | 98,8 | 121  | 138  | 161  | 178  | 190  | 201  | 222  | 237  | 270  | 300  |  |  |
| 1,5   | 45                     | 73   | 91   | 106  | 127  | 142  | 154  | 164  | 185  | 199  | 232  | 268  |  |  |
| 2   | 34                     | 55   | 72,8 | 85,8 | 105  | 119  | 131  | 140  | 160  | 174  | 207  | 235  |  |  |
| 3   | 22                     | 39   | 51,8 | 62,4 | 77,8 | 90,6 | 100  | 110  | 129  | 142  | 174  | 201  |  |  |
| 4   | 16                     | 29   | 40,2 | 49   | 63,4 | 74,6 | 83,8 | 91,6 | 109  | 122  | 152  | 180  |  |  |
| 6   | 11                     | 19   | 27,0 | 33,8 | 45   | 54,2 | 62   | 68,7 | 84,6 | 96,6 | 124  | 149  |  |  |
| 8   | 8                      | 14   | 20,4 | 25,6 | 34,8 | 42,6 | 49,3 | 55   | 69,5 | 80,5 | 106  | 130  |  |  |
| 10  | 6                      | 11,2 | 16   | 20,4 | 28,2 | 34,9 | 40,7 | 46   | 59,1 | 69,3 | 94,8 | 117  |  |  |
| 12  | 4,8                    | 9    | 13,2 | 17   | 23,7 | 29,5 | 34,8 | 39,6 | 51,4 | 60,8 | 85   | 107  |  |  |
| 24  | 2,2                    | 4,3  | 6,3  | 8,3  | 12   | 15,3 | 18,5 | 21,4 | 28,6 | 35,1 | 53,2 | 72,9 |  |  |

**Примітка.** При визначенні доз опромінювання для інших значень рівня радіації необхідно визначену дозу помножити на відношення фактичного рівня радіації на 1 годину після вибуху до 100,  $D_{\phi} = D_m \times P_{1\phi} / 100$

**Таблиця 2.8**  
Варіанти з розрахунку режимів життєдіяльності населення в умовах радіоактивного зараження після аварії на АЕС

| Показники                                     | Варіант       |               |             |             |             |             |             |             |             |               |
|---|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
|   | 1             | 2             | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10            |
| $t_{\text{внм}}$ , з моменту аварії, роки/год | 5/<br>48831   | 5/<br>48831   | 5/<br>48831 | 5/<br>48831 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6,5/<br>56980 |
| Рівень на момент вимірювання $P_r$ , рад/год  | 0,0003        | 0,00035       | 0,00025     | 0,0002      | 0,0005      | 0,00045     | 0,0004      | 0,00035     | 0,0003      | 0,0003        |
| Показники                                     | Варіант       |               |             |             |             |             |             |             |             |               |
|   | 11            | 12            | 13          | 14          | 15          | 16          | 17          | 18          | 19          | 20            |
| $t_{\text{внм}}$ , з моменту аварії, роки/год | 6,5/<br>56980 | 6,5/<br>56980 | 7/<br>61364 | 7/<br>61364 | 7/<br>61364 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131   |
| Рівень на момент вимірювання $P_r$ , рад/год  | 0,00025       | 0,0005        | 0,00045     | 0,00040     | 0,00035     | 0,0005      | 0,00045     | 0,0004      | 0,00035     | 0,0003        |

**Таблиця 2.9**  
Варіанти з розрахунку виробничої діяльності об'єктів економіки в умовах радіоактивного зараження після аварії на АЕС

| Показники                                     | Варіант     |               |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | 1           | 2             | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          |
| $t_{\text{внм}}$ , з моменту аварії, роки/год | 4/<br>35065 | 5/<br>48831   | 5/<br>48831 | 5/<br>48831 | 5/<br>48831 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 |
| Рівень на момент вимірювання $P_r$ , рад/год  | 0,00018     | 0,0003        | 0,00035     | 0,00025     | 0,00020     | 0,0005      | 0,00045     | 0,00040     | 0,00035     | 0,0003      |
| Показники                                     | Варіант     |               |             |             |             |             |             |             |             |             |
|   | 11          | 12            | 13          | 14          | 15          | 16          | 17          | 18          | 19          | 20          |
| $t_{\text{внм}}$ , з моменту аварії, роки/год | 6/<br>52597 | 6,5/<br>56980 | 7/<br>61364 | 7/<br>61364 | 7/<br>61364 | 7/<br>61364 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131 |
| Рівень на момент вимірювання $P_r$ , рад/год  | 0,00025     | 0,0005        | 0,00045     | 0,00045     | 0,00035     | 0,0005      | 0,00045     | 0,0004      | 0,00035     | 0,0003      |

### 2.3. Визначення допустимої тривалості перебування на забрудненій території

Допустима тривалість перебування людей на забрудненій території  $T$  (год) обчислюється за формулою 2.1.

Визначення  $T_{\text{доп}}$  є досить складною величиною, яка залежить від трьох складових:

- рівня радіації  $P_t = f(P_1)$ ;
- допустимої (установленої) дози опромінювання  $D_y$ ;
- коефіцієнта послаблення  $K_{\text{посл}}$ .

Розв'язати ці задачі аналітичним методом за формулами 2.1—2.9 складно. Доцільно цю задачу вирішувати графічним методом через відносну величину  $a$ , яку знаходимо за формулою 2.10:

$$a = \frac{P_1}{D_y \cdot K_{\text{посл}}} \quad (2.10)$$

На рисунку 2.3 показана залежність тривалості перебування людей на забрудненій території від вихідних чинників (факторів):

- коефіцієнта  $a$ ;
- $t_n$  — часу початку робіт.

**Приклад 4.** Визначити допустиму тривалість робіт першої та другої зміни в промислових спорудах ( $K_{\text{посл}}=7$ ), якщо роботу почали через 2 години після аварії, і в цю годину рівень радіації становив  $P_2=1,2$  Р/год. Установлена (допустима) доза опромінення  $D_y=0,5$  Р.

Тобто,  $D_y=0,5$  Р,  $P_2=1,2$  Р/год,  $K_{\text{посл}}=7$ ,  $t_n=2$  год.

Розв'язання:

1. Перераховуємо рівень радіації на одну годину:

$$P_1 = P_2 \cdot K_2 = 1,2 \cdot 1,27 = 1,5 \text{ Р/год.}$$

2. Проміжний коефіцієнт  $a$  дорівнює:

$$a = \frac{P_1}{D_y \cdot K_{\text{посл}}} = \frac{1,5}{0,5 \cdot 7} = 0,43$$

3. За графіком (див. рис. 2.3) за умови, що початок робіт  $t_n=2$  год, та коефіцієнт  $a=0,43$ :

$$T \approx 4 \text{ год.}$$

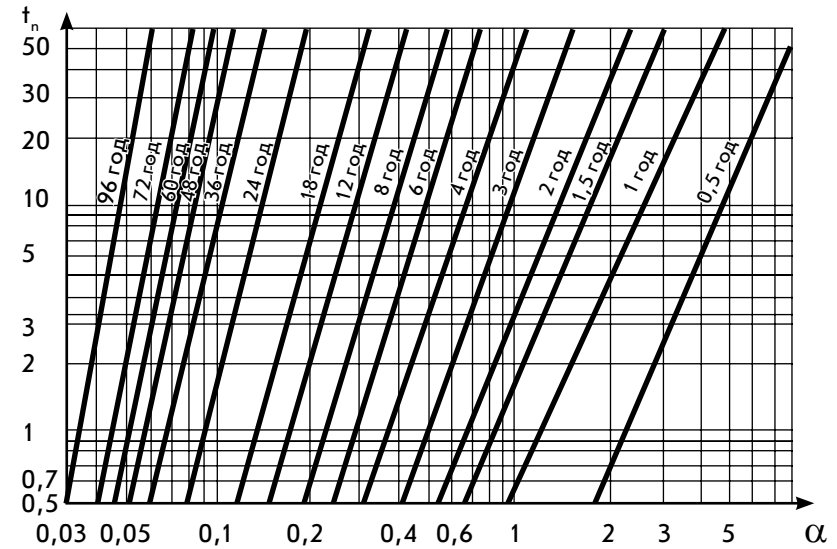
Очевидно для другої зміни:

$$t_n = 2 + 4 = 6 \text{ год,}$$

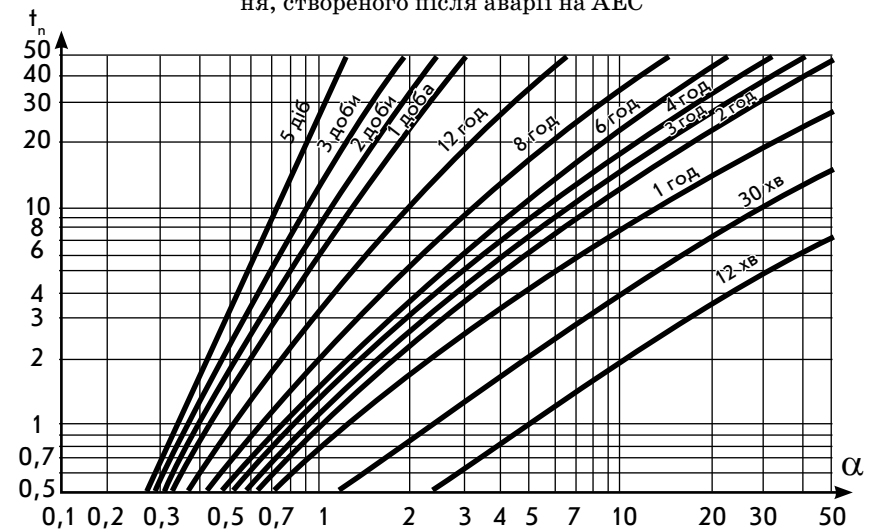
тривалість робіт:

$$T = 5 \text{ год.}$$

Висновок: для зазначених вихідних допустима тривалість робіт не може перевершувати 4 години для першої зміни та 5 годин — для другої.



Графік визначення часу перебування в зоні радіаційного зараження, створеного після аварії на АЕС



Графік визначення часу перебування людей на сліді хмари ядерного вибуху

Рис. 2.3. Залежність тривалості перебування людей на забрудненій території від коефіцієнта «а» та часу початку робіт

## 2.4. Визначення режимів захисту працюючих на об'єктах виробничої діяльності

Визначення коефіцієнту середньодобової радіаційної захищеності «С».

Вищезазначений коефіцієнт показує, в скільки разів доза опромінення, отримана за добу при визначеному режимі поведінки, менше дози, яку б отримали люди при знаходженні на відкритій місцевості.

**Приклад 5.** Визначити коефіцієнт середньодобової радіаційної захищеності людей, якщо вони протягом доби перебували 4 години на відкритій місцевості, 2 години на транспорті ( $K_{\text{посл.1}}=2$ ), 7 годин у промислових будівлях ( $K_{\text{посл.2}}=7$ ), 11 годин в одноповерхових цегляних спорудах ( $K_{\text{посл.3}}=10$ ).

*Розв'язання.* Цю задачу розв'язують за формулою 2.11:

$$C = \frac{24}{t + \frac{t_1}{K_{\text{посл.1}}} + \frac{t_2}{K_{\text{посл.2}}} + \frac{t_n}{K_{\text{посл.n}}}}, \quad (2.11)$$

де 24 — кількість годин у добі;

$t$  — час перебування на відкритій місцевості;

$t_1, t_2, t_n$  — час перебування людей в приміщенні, захисних спорудах та на транспорті.

$K_{\text{посл}}$  — коефіцієнт послаблення.

Для нашого прикладу:

$$C = \frac{24}{4 + \frac{2}{2} + \frac{7}{7} + \frac{11}{10}} = 3,4$$

Висновок: у такому режимі поведінки люди отримують дозу опромінення при наявності радіаційного забруднення в 3,4 рази меншу, ніж та, яку б вони одержали, перебуваючи 24 години на відкритій місцевості.

Знаючи коефіцієнт середньодобової захищеності та рівень радіації, уточнюють режими поведінки людей на забрудненій території, користуючись спеціальною довідковою літературою.

## 2.5. Порядок вибору режимів поведінки і роботи в умовах радіоактивного зараження (забруднення)

У комплексі заходів протирадіаційного і протихімічного захисту, що проводяться в мирний час у містах і населених пунктах, важливе місце займає розробка режимів, що гарантують безпечну

життєдіяльність населення і виробничу діяльність об'єктів економіки в умовах радіоактивного забруднення.

Під режимами поведінки, які б гарантували безпечну життєдіяльність населення і виробничу діяльність об'єктів економіки мається на увазі строго встановлений порядок роботи, пересування, відпочинку з використанням засобів і способів захисту, що виключає отримання людиною радіоактивного зараження, котре не перевищує встановлений нормами рівень.

Згідно з нормами радіаційної безпеки НРБУ — 97 встановлена доза опромінення ( $D_{\text{уст}}$ ) для населення, що проживає в зоні радіоактивного забруднення (категорія «Б»), складає 0.5 рад/рік, але не більше 35 рад протягом життя.

В основу розробки режимів поведінки та роботи в умовах радіоактивного забруднення покладено коефіцієнт середньодобової радіаційної захищеності  $C$  (формула 2.11)

Порядок вибору режимів поведінки та роботи в умовах радіоактивного забруднення.

- За даними радіаційної розвідки визначають рівень радіації (рад/год) на 1год після аварії на АЕС із формули 2.7 маємо:

$$P_1 = P_t \cdot t^{0,35}, \quad (2.12)$$

де  $P_t$  — рівень радіації, який виміряний на момент часу  $t$ , Р/год  $t^{0,35}$  — безрозмірний коефіцієнт, чисельно дорівняний часу виміру в ступені 0,35.

- Розраховують дозу опромінювання (див. формулу 2.13), яку одержали за досліджуваний термін  $N$  мешкання або роботи на місцевості, яка забруднена радіоактивними речовинами.

$$D = \frac{P_1 (t_k^{0,65} - t_n^{0,65})}{0,65}, \quad (2.13)$$

де  $t_n$  — час початку роботи або мешкання на забрудненій території, (год);  $t_k$  — час закінчення роботи або проживання на забрудненій території, (год). Визначається за формулою 2.14:

$$t_k = t_n + N, \quad (2.14)$$

де  $N$  — час роботи або проживання людей на забрудненій території, (год).

- Визначають  $C$  — коефіцієнт середньодобової захищеності за формулами 2.15, 2.16 та 2.17

Якщо  $N \neq 1$  року:

$$C = \frac{D}{D'_{\text{уст}}}; \quad (2.15)$$

$$D'_{\text{уст}} = \frac{D_{\text{уст}} \times N}{365,25 \times 24}. \quad (2.16)$$

Якщо  $N=1$  року:

$$C = \frac{D}{D_{\text{уст}}}. \quad (2.17)$$

- За табл. 2.10 або 2.11, знаючи значення  $C$ , вибирають режим поведінки або роботи, що гарантує безпечну життєдіяльність населення в умовах радіоактивного забруднення місцевості, або режим праці на об'єкті промисловості.

**Приклад 6.** Через чотири роки ( $4 \times 365, 25 \times 24$ ) після аварії на АЕС рівень радіації у місті склав  $0,0002$  Р/год, встановлена доза опромінення  $0,5$  Р/рік. Визначити режим поведінки населення на наступний рік в умовах радіоактивного забруднення місцевості.

1. За формулою 2.12 визначаємо  $P_1$  — рівень радіації на одну годину після аварії:

$$P_1 = P_n \cdot t^{0,35} = 0,0002 \cdot 35064^{0,35} = 0,0078 \text{ Р/год.}$$

2. Розраховуємо дозу  $D$ , яку б отримали люди за рік мешкання ( $N=1$  рік) на забрудненій території (див. формулу 2.13).

$$D = \frac{P_1 \times (t_k^{0,65} - t_n^{0,65})}{0,65} = \frac{0,0078(43824^{0,65} - 35064^{0,65})}{0,65} = 1,68 \text{ Р.}$$

3. Розраховуємо коефіцієнт середньодобової захищеності за формулою 2.17:

$$C = \frac{D}{D_{\text{уст}}} = \frac{1,68}{0,5} = 3,36.$$

4. За табл. 2.11 визначаємо, що коефіцієнту  $C = 3,36$  відповідає режим 6н. Це означає, що протягом доби люди можуть перебувати: 6 год на відкритій місцевості, 1—2 год — в транспорті, решту часу в кам'яних (цегляних) спорудах з  $K_{\text{осл}} \geq 10$ . За допомогою табл. 2.11 визначають режим роботи в цих умовах.

Таблиця 2.10  
Варіанти режимів поведінки населення, що мешкає на радіоактивно забрудненій території, залежно від значення коефіцієнта середньодобової радіаційної захищеності  $C$

| Значення коефіцієнта $C$ | Номер режиму | Час допустимого перебування людей протягом доби в різних умовах, год |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------|--------------|--|--|--|--|--|--|--|
|                          |              | Перебування на відкритій місцевості, $K_{\text{осл}}=1$              | Перебування в транспорті, $K_{\text{осл}}=2$ | Перебування в дерев'яних будинках $K_{\text{осл}}=3$ | Перебування в одноповерхових кам'яних будинках $K_{\text{осл}}=10$ | Перебування в двоповерхових кам'яних будинках, $K_{\text{осл}}=15$ | Перебування в триповерхових кам'яних будинках, $K_{\text{осл}}=20$ | Перебування у п'ятиповерхових кам'яних будинках, (підвалах) $K_{\text{осл}}=27/40$ |
| 1,5                      | 1н           | 12   |  |  |  |  |  |  |
| 2,0                      | 2н           | 6  |  | 18   |  |  |  |  |
| 2,5                      | 3н           | 8  | 1  |  | 15   |  |  |  |
| 2,65                     | 4н           | 8  | 1  |  |  | 15   |  | 15   |
| 3,15                     | 5н           | 6  | 1  |  | 17   |  | 17   |  |
| 3,4                      | 6н           | 6  | 1  |  |  |  | 17   | 17   |
| 3,75                     | 7н           | 4  | 1  |  |  |  |  |  |
| 4,16                     | 8н           | 4  | 1  |  |  | 19   |  |  |
| 4,6                      | 9н           | 4  | 1  |  |  |  | 19   | 19   |
| 5,2                      | 10н          | 2  | 1  |  | 21   |  |  |  |
| 6,15                     | 11н          | 2  | 1  |  |  |  | 21   |  |
| 6,76                     | 12н          | 2  | 1  |  |  |  |  | 21   |
| 7,32                     | 13н          | 2  | 1  | 1  |  | 21   |  | 21   |
| 7,87                     | 14н          | 1  | 2  |  |  |  | 21   |  |
| 8,63                     | 15н          | 1  | 2  |  |  |  |  | 21   |
| 10,4                     | 16н          | 2  |  |  |  |  |  | -/12   |
| 12                       | 17н          | 2  |  |  | 10   |  |  | -/12   |
| 13,3                     | 18н          | 2  |  |  |  | 10   |  | -/12   |
| 14,4                     | 19н          | 2  |  |  |  |  | 10   | -/12   |
| 16,2                     | 20н          | 1  |  |  |  |  |  | 10/12  |
|                          |              |  |  |  | 10   |  |  | -/13   |



Таблиця 2.11

Варіанти можливих режимів виробничої діяльності об'єктів економіки в умовах радіаційного забруднення після аварії на АЕС залежно від значення коефіцієнта середньодобової радіаційної захищеності С

| Значення коефіцієнта С | Час допустимого перебування людей протягом доби у різних умовах, год |  |                                    |   |  |  |
|------------------------|--|--|------------------------------------|---|--|--|
|                        | Перебування на відкритій місцевості, $K_{\text{посл}}=1$             | Перебування у транспорті $K_{\text{посл}}=2$ | Робота в цеху $K_{\text{посл}}=10$ | Перебування в одноповерхових кам'яних будинках $K_{\text{посл}}=10$ | Перебування у підвалі $K_{\text{посл}}=40$ | Перебування у сховищі $K_{\text{посл}}=1000$ |
| 1,5                    | 15   |  |                                    | 9   |  |  |
| 2                      | 10   | 2  |                                    | 12  |  |  |
| 3                      | 8  |  | 6                                  | 10  |  |  |
| 3,5                    | 6  |  | 7                                  | 10  |  |  |
| 5                      | 2  |  | 12                                 | 10  |  |  |
| 6,5                    |  | 2  | 12                                 | 10  |  |  |
| 8                      |  | 2  | 8                                  | 6   | 8  |  |
| 9                      |  | 2  | 8                                  | 6   |  | 8  |
| 14                     |  |  | 12                                 |   |  | 12   |
| 21                     |  |  | 8                                  |   |  | 16   |
| 27                     |  |  | 6                                  |   |  | 18   |
| 41                     |  |  | 4                                  |   |  | 20   |

Таблиця 2.12

Варіанти з розрахунку режимів життєдіяльності населення в умовах радіоактивного зараження після аварії на АЕС

| Показники   | Варіант |        |         |         |         |        |         |         |         |        |
|---|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
|   | 1       | 2      | 3       | 4       | 5       | 6      | 7       | 8       | 9       | 10     |
| $t_{\text{внм}}$ , з моменту аварії, роки/год     | 4       | 5      | 5       | 5       | 5       | 6      | 6       | 6       | 6       | 6      |
| Рівень на момент вимірювання $\Gamma_t$ , рад/год | 35065   | 43831  | 43831   | 43831   | 43831   | 52597  | 52597   | 52597   | 52597   | 52597  |
| Рівень на момент вимірювання $\Gamma_t$ , рад/год | 0,00018 | 0,0003 | 0,0035  | 0,00025 | 0,00020 | 0,0005 | 0,00045 | 0,00040 | 0,00035 | 0,0003 |
| Показники   | Варіант |        |         |         |         |        |         |         |         |        |
| $t_{\text{внм}}$ , з моменту аварії, роки/год     | 11      | 12     | 13      | 14      | 15      | 16     | 17      | 18      | 19      | 20     |
| Рівень на момент вимірювання $\Gamma_t$ , рад/год | 6,5     | 6,5    | 7       | 7       | 7       | 8      | 8       | 8       | 8       | 8      |
| Рівень на момент вимірювання $\Gamma_t$ , рад/год | 56980   | 56980  | 61364   | 61364   | 61364   | 70131  | 70131   | 70131   | 70131   | 70131  |
| Рівень на момент вимірювання $\Gamma_t$ , рад/год | 0,00025 | 0,0005 | 0,00045 | 0,00040 | 0,00035 | 0,0005 | 0,00045 | 0,0004  | 0,00035 | 0,0003 |

Варіанти по розрахунку виробничої діяльності об'єктів економіки в умовах радіоактивного зараження після аварії на АЕС

| Показники                                     | Варіант     |               |             |             |             |             |             |             |             |               |
|---|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
|   | 1           | 2             | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10            |
| $t_{\text{внм}}$ , з моменту аварії, роки/год | 5/<br>43831 | 5/<br>43831   | 5/<br>43831 | 5/<br>43831 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6/<br>52597 | 6,5/<br>56980 |
| Рівень на момент вимірювання $P_t$ , рад/год  | 0,0003      | 0,00035       | 0,00025     | 0,0002      | 0,0005      | 0,00045     | 0,0004      | 0,00035     | 0,0003      | 0,0003        |
| Показники                                     | Варіант     |               |             |             |             |             |             |             |             |               |
| $t_{\text{внм}}$ , з моменту аварії, роки/год | 11          | 12            | 13          | 14          | 15          | 16          | 17          | 18          | 19          | 20            |
| Рівень на момент вимірювання $P_t$ , рад/год  | 6/<br>52597 | 6,5/<br>56980 | 7/<br>61364 | 7/<br>61364 | 7/<br>61364 | 7/<br>61364 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131 | 8/<br>70131   |
| Рівень на момент вимірювання $P_t$ , рад/год  | 0,00025     | 0,0005        | 0,00045     | 0,00045     | 0,00035     | 0,0005      | 0,00045     | 0,0004      | 0,00035     | 0,0003        |

**ЗАДАЧА 1.** Визначити режими поведінки населення на наступний рік в умовах радіаційного забруднення після аварії на АЕС, якщо через  $t = \underline{\hspace{2cm}}$  років ( $\underline{\hspace{2cm}}$  год), рівень радіації становить  $P_t = \underline{\hspace{2cm}}$  рад/год, встановлена доза опромінювання 0,5 рад/рік. Початкові дані для розрахунку наведено в табл. 2.12.

**ЗАДАЧА 2.** Визначити режими роботи об'єкта на наступний рік в умовах радіоактивного забруднення після аварії на АЕС, якщо через  $t = \underline{\hspace{2cm}}$  років ( $\underline{\hspace{2cm}}$  год) рівень радіації складає  $P_t = \underline{\hspace{2cm}}$  рад/год, встановлена доза опромінення 0,5 рад/рік. Початкові дані для розрахунку наведено в табл. 2.13.

## 3 ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РОБОТИ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Відповідно до Міжнародного Реєстру у світі використовується в промисловості, сільському господарстві і побуті близько 6 млн т токсичних речовин, 60 тис. з яких виробляються у великих кількостях, в тому числі понад 500 речовин, які належать до групи сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) найбільш токсичних для людей.

До хімічно небезпечних об'єктів (підприємств) належать:

- заводи і комбінати хімічних галузей промисловості, а також окремі установки й агрегати, які виробляють або використовують СДОР;
- заводи (або їх комплекси) з переробки нафтопродуктів;
- виробництво інших галузей промисловості, які використовують СДОР;
- підприємства, які мають на оснащенні холодильні установки, водонапірні станції та очисні споруди, які використовують хлор або аміак;
- залізничні станції та порти, де концентрується продукція хімічних виробництв, термінали та склади на кінцевих пунктах переміщення СДОР;
- транспортні засоби, контейнери та наливні поїзди, автоцистерни, річкові та морські танкери, що перевозять хімічні продукти;
- склади і бази, на яких перебувають запаси речовин для дезинфекції, дератизації сховищ для зерна та продуктів його переробки;
- склади і бази із запасами отрутохімікатів для сільського господарства.

Усього в Україні функціонує 1810 об'єктів господарювання, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності понад 283 тис. тон СДОР, у тому числі — 98 тис. т хлору, 178,4 тис. т аміаку. Усього у зонах можливого хімічного забруднення мешкає близько 20 млн осіб (38,5% від загальної кількості населення країни).

### 3.1. Сильнодіючі отруйні речовини та їх характеристика

Сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР) називають такі хімічні сполуки, які у певних кількостях, що перевищують гранично допустимі концентрації (густини зараження), можуть викликати шкідливий вплив на людей, свійських тварин, рослин, викликаючи у них ураження різного ступеня.

Дії СДОР характеризуються концентрацією, густиною зараження, стійкістю, токсичністю. Концентрацією називається кількість СДОР, що міститься в одиниці об'єму повітря.

Густиною зараження називають вагову кількість отруйних речовин, що припадає на одиницю площі. Вимірюється у грамах на м<sup>3</sup>.

Стійкість — здатність зберігати вражаючу дію протягом певного часу.

Токсичність — здатність отруйних речовин причинити ураження при потраплянні в організм у певних дозах.

Зберігання СДОР здійснюється, в основному, у закритих ємностях під тиском власних парів. Після руйнування ємності тиск над рідкими речовинами падає до атмосферного, СДОР закипають (температура кипіння нижче за 20°С) і виділяються в атмосферу у вигляді газу або пару.

Хмара газу (пари) СДОР, що утворилася в момент руйнування ємності, називається *первинною хмарою зараженого повітря*. Воно поширюється на невеликі відстані. Частина рідини, що залишилася, особливо з температурою кипіння вище 20°С розтікається і випаровується. Пари (гази) потрапляють в атмосферу, утворюючи вторинну хмару зараженого повітря. Ця хмара розповсюджується на більшу відстань. Таким чином, територія, що піддалася впливу СДОР, включає місце його безпосереднього розливу, тобто осередок хімічного ураження, та зону, що утворилася в результаті поширення газів.

Зона хімічного зараження поділяється на дві частини: зону надзвичайно небезпечного забруднення і зону зараження. Осередок ураження (площа безпосереднього викиду СДОР) при наявності обвалування резервуарів дорівнює площі обвалованої території. При відсутності обвалування припускається, що при розливанні рідини покриває землю шаром 0,05 м. Добуток площі розливу на товщину шара рідини дасть приблизний об'єм рідини.

Зараження території підприємства, ураження персоналу і населення житлового сектора може відбутися у разі виробничої аварії

на об'єктах, що використовують СДОР, розташованих поблизу дислокації підприємства від 30 м до 20 км і більше.

На розповсюдження СДОР будуть впливати напрям і швидкість вітру, місцевість і рослинний покрив, метеоумови (температура повітря, швидкість вітру на висоті 10 м, ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП)). СВСП поділяються на:

Конвекцію — у випадку, коли при інтенсивному нагріванні поверхні землі і нижнього шару повітря відбувається перемішування нижніх і верхніх шарів атмосфери, що призводить до швидкого розсіювання СДОР, які випаровуються з місцевості і об'єктів, а вітер сприяє розсіюванню цих парів.

Ізотермію — коли температура повітря у межах 20—30 м від земної поверхні майже однакова, що сприяє збереженню високих концентрацій СДОР у приземному шарі повітря.

Інверсію — у випадку, коли нижній шар повітря нагрітий менше верхнього, що перешкоджає руху повітря вгору, створює умови для високих концентрацій СДОР у приземному шарі.

Важливою характеристикою осередку хімічного ураження і зони зараження СДОР є стійкість СДОР і тривалість його існування.

На підприємствах України широко застосовується СДОР такі, як аміак, хлор, фосген, синільна кислота, сірководень, сірчаний ангідрид, бензол тощо.

*Аміак* — це безбарвний газ із характерним різким запахом (нашатирий спирт). При звичайному тиску твердне при температурі — 78 °С, і скраплюється при — 34 °С. Густина газоподібного аміаку 0,6 кг/м<sup>3</sup>, тобто він легший за повітря. З повітрям утворює вибухонебезпечні суміші у межах 15—28 об'ємних процентів аміаку. Розчинність його у воді більша, ніж у всіх інших газів: один об'єм води поглинає при 20 °С близько 700 об'ємів аміаку. 10%-ний розчин аміаку потрапляє у продаж під назвою «нашатирий спирт», а 18—20%-ний розчин використовується як добриво. Рідкий аміак — розчинник великої кількості органічних і неорганічних сполук. Його використовують при отриманні азотної кислоти, соди, сечовини, синильної кислоти, добрив, діазотичних світлокопіювальних матеріалів. Він використовується як робоча речовина у холодильних машинах тощо. Аміак перевозиться у скрапленому стані під тиском, при виході в атмосферу парує, при потраплянні в водойми заражає їх. У людини викликає ураження дихальних шляхів. Основні ознаки ураження аміаком — нежить, кашель, ускладнене дихання, задуха і при цьому прискорюється серцебиття, порушується частота пульсу. Пари аміаку сильно подразнюють

слизові оболонки і шкірні покриви, викликають печію, почервоніння шкіри, різь в очах, сльозотечу. При високих концентраціях можливий летальні наслідки.

Для нейтралізації аміаку можна використовувати 5—6%-ний розчин соляної або азотної кислоти. При промиванні місця розливу на 1 т аміаку потрібно не менше ніж 2 т води.

У випадку аварії в зоні розповсюдження аміаку працювати необхідно у промислових протигазах марки КД (коробка сірого кольору) або у протигазах марки К (коробка зеленого кольору) і М (коробка чорного кольору). Максимально допустима концентрація для протигазів марки КД дорівнює 750 ГДК (15000 мг/м<sup>3</sup>). Якщо концентрація аміаку не відома або перевищує максимального допустимого, треба користуватися ізолюючими протигазами.

*Хлор* — зеленувато-жовтий газ із різким запахом, важчий за повітря у 2,5 рази, тому його хмара буде переміщатися у напрямку вітру, притискаючись до землі. Температура скраплення 34,6 °С, легко стискається при тиску 5—7 атмосфер у жовто-зелену рідину. При випаровуванні рідкий хлор утворює з водяною парою білий туман. Один кілограм хлору утворює 316 л газу. Хлор має широке промислове застосування. Для його перевезення використовуються цистерни і балони під тиском. Сильно отруйний. Викликає подразнення дихальних шляхів з подальшим набряком легень. При високих концентраціях смерть настає через 5—25 хв. У повітрі виявляється приладом УГ-2 або ВПХР з індикаторною трубкою з трьома зеленими кільцями. Ознаки отруєння хлором — різкий загродинний біль, різь в очах, сльозотеча, болісний сирий кашель, блювання, задишка. У випадках аварій з розливом хлору треба осадити газ, для чого створити гідрозавісу під великим тиском води, розпорошити воду або розчин кальцинованої соди. Після цього місце розливу слід залити аміачною водою, вапняним молоком, розчином кальцинованої соди чи каустика з концентрацією 60—80% і більше.

*Синільна кислота* (ціанистий водень, ціанисто-воднева кислота HCN — безкольорова прозора рідина. Має специфічний дурманний запах, який нагадує запах гіркого мигдалю. Температура плавлення -13,3 °С, кипіння — +25,7 °С, тиск пари при 20 °С — 612 мм рт.ст. Через низьку температуру кипіння, високий тиск при звичайній температурі дуже летюча, при 20 °С максимальна концентрація досягає 837—1100 г/м<sup>3</sup>, краплі синильної кислоти на повітрі швидко випаровуються: влітку — протягом 5 хв, взимку — близько години.

З водою змішується у будь-яких пропорціях, легко розчиняється в спиртах, бензині та інших органічних розчинниках. Пари HCN добре адсорбуються текстильними волокнами, пористими матеріалами, харчовими продуктами тощо. Рідка синільна кислота активно вступає в реакцію з розчинами лугів і мало стійка до окислення.

Світове виробництво синильної кислоти становить більше півмільйона тони на рік. Вона використовується для отримання хлорціану, акрилонітрилу, амінокислот, акрилатів, необхідних для виробництва пластмас, а також як засіб боротьби зі шкідниками в сільському господарстві, для обробки закритих приміщень і транспортних засобів.

У природі HCN у вільному і сполученому стані трапляється в рослинах, наприклад, у ядрах гіркої мигдалю, абрикос, вишень, слив.

Можливі шляхи отруєння кислотою: вдихання парів, проникнення крізь шкіру, прийом безпосередньо усередину.

Залежно від концентрації парів і часу їхньої дії розрізняють ураження легкого, середнього і важкого ступенів, а також блискавичну форму. Синильна кислота припиняє окислювальні процеси в тканинах організму.

При дії HCN відчувається металевий присмак у роті, подразнення в горлі, запаморочення в голові, слабкість, відчуття страху. При слабкому отруєнні ці симптоми поступово проходять, при тяжкій формі — посилюються і переходять у задишку, потім спостерігається сповільнення пульсу, розширення зіниць, втрата свідомості, судоми, параліч, зупинка дихання.

Концентрація HCN нижче 50 мг/м<sup>3</sup> при багатогодинному вдиханні призводить до отруєння; при 80 мг/м<sup>3</sup> отруєння виникає незалежно від експозиції. ГДК — 0,3 мг/м<sup>3</sup>.

Крізь шкіру всмоктується як газоподібна, так і рідка HCN.

Захист — фільтруючі та ізолюючі протигази. Коли концентрація невідома, роботи з ліквідації аварії мають проводитися в ізолювальних протигазах і засобах захисту шкіри.

Надання допомоги: одягти протигаз, дати антидот (ампула з амільнітрином), евакуювати з зараженої зони. При шлункових отруєннях потрібно якомога скоріше викликати блювання і прийняти всередину 1%-ний розчин гіпосульфїту натрію.

Дегазацію HCN на місцевості не проводять, оскільки вона високолетюча. Закрите приміщення для цього достатньо провітрити або обприскати формаліном.

Якщо розлилася значна кількість кислоти, то застосовують пісок, кизельгур, тирсу та інший матеріал, який потім обробляють дегазуючими розчинами сульфату заліза, а потім розчинами лугів.

### 3.2. Гранично допустимі і вражаючі концентрації

Гранично допустимі концентрації — СДОР встановлюються органами охорони здоров'я.

Під токсодозою розуміють кількісну оцінку токсичності СДОР, що відповідає ефекту ураження. При середній токсодозі з'являються початкові ознаки отруєння у 50% тих, хто перебуває в осередку ураження. Середня уражаюча токсодоза деяких СДОР у мг хв/л дорівнює: хлорпїкрин — 0.1; хлор, фосген, диметиламін — 0.6; хлорціан, синильна кислота — 0.75; двоокис азоту, азотна кислота — 1.5; сірководень — 5; аміак — 15; сірчистий ангїдрид, соляна кислота — 20.

Регламентований допустимий ступінь зараження СДОР повітря при постійному впливі на людину під час роботи не може викликати захворювання навіть через тривалий проміжок часу.

Для аміаку гранично допустимі концентрації (ГДК) у повітрі населених пунктів — 0.2 мг/м<sup>3</sup> (0.0002 мг/л); гранично допустима у робочому приміщенні промислового підприємства — 20 мг/м<sup>3</sup> (0.02 мг/л). Запах аміаку відчувається при концентрації 40 мг/м<sup>3</sup> (0.04 мг/л), при 500 мг/м<sup>3</sup> (0.5 г/л) можливий летальний кінець. Наявність і концентрація аміаку у повітрі визначається приладом УГ-2, межі його вимірювання до 0.3 мг/л. Визначити наявність аміаку можна за допомогою ВПХР або ПХР — МВ (без фіксації концентрації).

Для хлора вражаюча концентрація — при одночасній експозиції складає 0.01 мг/л, смертельна — 0.2 мг/л. Наявність і концентрація визначається аналогічно з урахуванням того, що у ВПХР використовується індикаторна трубка з трьома зеленими кільцями.

За дією на організм людини отруйні речовини (ОР) поділяються на групи:

- нервово-паралітичні;
- шкірно-наривні;
- задушливі;
- загальноотруйні;
- психохімічні;
- подразнюючі.

До нервово-паралітичних ОР належать Ві-ікс, гази, зарин, зоман. Вони токсичні. При потраплянні в організм людини через органи дихання і шкіру діють на нервову систему. Ознаки ураження: звуження зіниць (міоз), виділення слини, ускладнення дихання, блювання, втрата свідомості. У разі появи цих ознак необхідно вжити таблетку із індивідуальної аптечки (АІ-2). Якщо ОР потрапили на шкіру або одяг, уражені місця слід обробити рідиною із індивідуального протихімічного пакету (ІПП-8). Надійний захист від цих ОР — протигаз, спеціальні костюми, комбінезони, укриття у сховищах.

До групи шкірно-наривних ОР належить іприт. Потрапляючи в організм людей крізь органи дихання, шкіру і шлунково-кишковий тракт, він викликає загальне отруєння. Ознаки ураження шкіри: почервоніння через 2—6 год, утворення пухирів через 24 год і виразок через 2—3 доби. Щоб уникнути ураження, використовують протигаз, засоби захисту шкіри, різноманітні укриття. При потраплянні краплі іприту на шкіру й одяг заражені місця слід негайно обробити рідиною із протихімічного пакету.

ОР задушливої дії — фосген. У нього є період прихованої дії. Перші ознаки ураження (сльозотеча, запаморочення, загальна слабкість) проявляється через 4 — 5 год, після чого розвивається набряк легень. Надійним захистом є протигаз.

До групи ОР загальноотруйної дії належать синильна кислота і хлорціан. Вони діють на органи дихання і шлунково-кишковий тракт. Ознаки ураження: подразнення очей, запаморочення голови, задишка, судороги, параліч. Засіб захисту — протигаз.

Психохімічні ОР Бі-Зет та інші речовини, що ушкоджують центральну нервову систему, викликають психічні розлади (галюцинації, страх, відчуття пригніченості) або фізичні розлади (сліпота, глухота). Ефективний захист — протигаз.

ОР подразнюючої дії — адамсит і Сі-Ес. Вони подразнюють чутливі нервові закінчення верхніх дихальних шляхів і очі. Ознаки: сильна сльозотеча, кашель, біль у грудях.

### 3.3. Ліквідація осередку хімічного зараження

Локалізація та ліквідація осередку хімічного ураження — головна складова частина комплексів заходів Ц.О. захисту персоналу і населення при аварії на хімічно небезпечному об'єкті з викидом СДОР. Ці засоби спрямовані на локалізацію місць викиду або розливу хімічно небезпечних речовин, усунення сформованої хмари та припинення розповсюдження її в повітрі, та дії на населення.

При локалізації осередку зараження головними роботами є ізоляція та знешкодження. Мета ізоляції: якомога скоріше припинити дію самого джерела викиду, для цього необхідно загерметизувати технологічне обладнання та перелити СДОР у справну ємність. За рахунок чітких та вмілих дій вдається значно знизити просторово-часові масштаби аварії і вагу їх наслідків.

Далі йде процес знезараження (мається на увазі розклад, видалення або зниження до допустимого рівня вмісту ОР на зараженій місцевості, техніці, засобах захисту, повітрі, воді).

У загальній системі засобів та способів екстреної локалізації при знешкодженні — зменшити швидкість надходження хімічно-шкідливих речовин в атмосферу з ділянок їх розливу та не дозволити подальшого розповсюдження хмари зараженого повітря. Досягається це шляхом екранування, розводження, структурування, охолодження, обвалування та прибирання.

Екранування включає в себе постановку водяних заслонів або заслонів з хімічними додатками, утворення теплових (вогневих) заслонів, приховання ОР шаром піни. Постанова водяних заслонів має на меті протиставити руху хмари (хлор, аміак, дифеніламін, метил бромистий, метил хлористий, сірчаний альдегід, фосфоген та інші) ОР, що мають високу летючість. При організації водяних заслонів за допомогою хімічно активних речовин слід вважати, що саме ці речовини є екоотоксичними. Вони можуть погіршити екологічну обстановку не тільки в районі аварії, а й за його межами. Для збору продуктів та нейтралізації ОР необхідно підготувати відповідні канали та скидні ями.

Постанова теплових заслонів використовується для розсіювання ОР в атмосферу, піднімання приземного шару зараженого повітря за допомогою теплового потоку. Для цього використовують теплові машини, великі вогнища.

Одним із перспективних засобів зниження швидкості потрапляння ОР в атмосферу є укриття «дзеркала» ОР шаром піни. До піни додають хімічні добавки, які вступаючи в реакцію з ОР, утворюють нетоксичні мало летючі речовини. Розроблено пінні сполуки на основі полівінілового спирту для некиплячих ОР (ацетонитрил, ацетон, соляна кислота, сірковуглець, хлорпікрин).

При обвалуванні місць розливу ОР споруджують земляні перепони. Розводження полягає в розчиненні рідкої фази ОР у воді та може технічно використовуватися в перші хвилини аварії пожежними силами.

Хімічна нейтралізація — це дія, спрямована на знищення токсичних властивостей СДОР та перетворення їх у нетоксичні про-

дукти за допомогою обробки хімічно активними речовинами, розчинами або термічного розпаду, в тому числі випалюванням їх на місці або спалюванням у спеціальних установках та пристроях.

Зрізання ґрунту — знімання шару ґрунту на всю глибину проникнення ОР. Ґрунт звозять у спеціально відведене місце заховання та знешкоджують шляхом хімічної нейтралізації або випалюванням.

### **3.4. Дії формувань цивільної оборони об'єкта при аварії на хімічно небезпечному об'єкті з викидом (вилівом) сильнодійних отруйних речовин**

При виникненні осередку хімічного ураження негайно оповіщаються робітники, службовці та населення, які можуть опинитися в зоні зараження і в районах, яким загрожує небезпека. Висилається хімічна і медична розвідка для уточнення місця, часу, типу і концентрації СДОР, визначення межі осередку ураження (зони зараження) та напрямку розповсюдження зараженого повітря. Готуються формування для проведення рятувальних робіт. На підставі даних, отриманих від розвідки та інших джерел, начальник Ц.О. об'єкта вирішує, особисто організовує проведення рятувальних робіт і заходів щодо ліквідації хімічного зараження, в першу чергу залучаються санітарні дружини, зведені загони (команди, групи), команди знезараження, формування механізації. Спочатку в осередок вводяться санітарні дружини, формування радіаційного і хімічного захисту, охорони громадського порядку та інші.

Особовий склад формувань забезпечується засобами індивідуального захисту, антидотами, індивідуальними протихімічними пакетами.

В осередку хімічного ураження, перш за все, надається допомога потерпілим (ураженим), проводиться відбір за складністю поранення та організовується евакуація в медичні установи. Осередок ураження оточується, здійснюється знезараження місцевості, транспорту, споруд, а також санітарна обробка особового складу формувань і населення. Формування знезараження дегазують проїзди, територію, споруди, техніку, чим забезпечують дії інших формувань, а також виведення населення із осередку хімічного ураження.

Необхідно пам'ятати, що при проведенні рятувальних робіт в осередку хімічного ураження можливий застій повітря в підземних спорудах, приміщеннях, парках, закритих дворах та тунелях. Тому після завершення рятувальних робіт або заміни формувань направляються на пункти спеціальної обробки, які розгортаються на незараженій території (місцевості) поблизу маршрутів руху формувань та населення.

### **3.5. Оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах**

Під хімічною обстановкою при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО) розуміють ступінь хімічного забруднення атмосфери і місцевості, що впливають на життєдіяльність населення і проведення аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт.

При оцінці хімічної обстановки використовують такі основні поняття:

- зона зараження СДОР — це територія, на якій концентрація СДОР досягає величин, небезпечних для життя і здоров'я людини;
- глибина зараження — максимальна протяжність відповідної площі зараження за межами місця аварії;
- глибина розповсюдження — максимальна протяжність зони розповсюдження первинної або вторинної хмари СДОР;
- зона розповсюдження — площа хімічного зараження повітря за межами району аварії, що створюється внаслідок розповсюдження хмари СДОР за напрямком вітру;
- тривалість хімічного зараження — це час випарювання СДОР, протягом якого існує небезпека зараження людей;
- первинна хмара СДОР — це пароподібна частина СДОР, яка виникає внаслідок миттєвого переходу (1 — 2 хв) в атмосферу частини СДОР з ємності при руйнуванні;
- вторинна хмара СДОР — це хмара, що виникає внаслідок випарювання СДОР з підстильної поверхні;
- еквівалентна кількість СДОР — така кількість СДОР, масштаби зараження якої (при інверсії) еквівалентні масштабам зараження кількістю СДОР, що перейшли в первинну (вторинну) хмару.

Прогнозування й оцінка хімічної обстановки включає виконання таких завдань:

1. Визначення напрямку осі і сліду хмари викиду хімічних речовин унаслідок аварії або руйнування технологічного

обладнання чи ємності для зберігання СДОР за метеоданими.

2. Визначення розмірів забруднення місцевості за очікуваними значеннями доз ураження.
3. Прогнозування глибини зон ураження СДОР.
4. визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкта і тривалості дії ураження СДОР.
5. Визначення можливих заражень людей, що перебувають в осередку зараження.
6. Нанесення зон ураження на карти і схеми.

Оперативне прогнозування здійснюється під час виникнення аварії для визначення можливих наслідків аварії і порядку дій.

Вихідні дані:

- загальна кількість СДОР на момент аварії;
- характер розливу («вільно» або «в піддон»);
- висота обвалування ємностей;
- реальні метеоумови.

### 3.5.1. Прийняті припущення при оцінці хімічної обстановки

- *Розлив* вільно береться при висоті *шару СДОР* не вище 0,05 м. Розлив у «піддон» береться:
  - при індивідуальному піддоні висота шару дорівнює (3.1):

$$h = H - 0,2 \quad (3.1)$$

де  $H$  — висота піддону, м;

- при груповому піддоні висота шару обчислюється за формулою (3.2)

$$h = \frac{Q}{Fd}, \quad (3.2)$$

де  $Q$  — кількість викинутих СДОР, т;

$F$  — площа розливу, м<sup>2</sup>;

$d$  — щільність СДОР, т/м<sup>3</sup>.

- При завчасному прогнозуванні масштабів ураження на випадок виробничих аварій у ролі *вихідних даних рекомендується брати*:
  - викид СДОР ( $Q$ ) — кількість СДОР у максимальній за об'ємом одиночній ємності (технологічній, складській, транспортній і т. д.), для сейсмічних районів загальний запас СДОР;

- метеоумови: швидкість вітру  $V_{\text{сер}} = 1$  м/с, температура повітря +20°C, СВСП — інверсія;
- ступінь заповнення ємностей 70% від паспортного об'єму;
- допустимий час перебування людей у зоні зараження та тривалість збереження метеоумов (СВСП) дорівнює  $N = 4$  год.

- *Прогнозування глибини зони зараження.* Визначення еквівалентної кількості СДОР ( $Q_{\text{екв}}$ ) у первинній хмарі проводять за формулою (3.3)

$$Q_{\text{екв}} = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_0, \quad (3.3)$$

де  $K_1$  — коефіцієнт, який залежить від умов зберігання СДОР (табл. 3.1). Для стиснених газів  $K_1 = 1$ ;  $K_3$  — коефіцієнт, дорівнюваний відношенню порогу токсичної дози хлору до порогу токсичної дози іншої СДОР (табл. 3.1);  $K_5$  — коефіцієнт, який враховує ступінь вертикальної стійкості повітря для інверсії — 1, для конвекції — 0,08, для ізотермії — 0,23;  $K_7$  — коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря (табл. 3.1). Для стиснених газів  $K_7 = 1$ ;  $Q_0$  — кількість викинутої маси СДОР при аварії, т.

При аваріях на сховищах стиснутого газу  $Q_0$  визначається за формулою (3.4):

$$Q_0 = d \times W_x, \quad (3.4)$$

де  $d$  — щільність СДОР, т/м<sup>3</sup>;  $W_x$  — об'єм ємності, м<sup>3</sup>.

При аваріях на газопроводі  $Q_0$  дорівнює:

$$Q_0 = \frac{n \times d \times W}{100}, \quad (3.5)$$

де  $n$  — кількість СДОР у газі, %;  $W$  — об'єм секції газопроводу між автоматичними відсікачами, м<sup>3</sup>.

Для стиснутих газів, що не ввійшли до табл. 3.1, значення коефіцієнту  $K_1$  розраховують за формулою (3.6):

$$K_1 = \frac{C_p \times \Delta T}{\Delta H_{\text{вип}}}, \quad (3.6)$$

де  $\Delta T$  — різниця температури рідкої СДОР до і після руйнування ємності, °C;  $\Delta H_{\text{вип}}$  — питома теплота випаровування рідкої СДОР при температурі випаровування, кДж/кг.

Визначають еквівалентну кількість СДОР ( $Q_{\text{екв}2}$ ) вторинної хмари за формулою (3.7):



$$Q_{\text{екв2}} = \frac{(1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times Q}{h \times d}, \quad (3.7)$$

де  $K_2$  коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР, визначається за табл. 3.1;  $K_4$  — коефіцієнт, що враховує швидкість вітру, визначається за табл. 3.2;  $K_6$  — коефіцієнт, що залежить від часу  $N$ , який пройшов після аварії. Він визначається після розрахунку тривалості випаровування СДОР. Якщо час після аварії не заданий, то при визначенні коефіцієнта беруть  $N=4$  год.

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T \\ T^{0,8} & \text{при } N \geq T \end{cases}$$

при  $T < 1$  рік  $K_6$  беруть для 1 год.

Час випаровування (год):

$$T_{\text{вип}} = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}$$

Таблиця 3.1  
Характеристики СДОР та допоміжні коефіцієнти для визначення глибин зон забруднення

| Назва СДОР            | Щільність СДОР, т/м <sup>3</sup> |        | Температура кипіння, °С | Порогова токсодоза, мг хв/л | Значення допоміжних коефіцієнтів |       |       |       |       |     |
|-----------------------|----------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
|                       | Газ                              | Рідина |                         |                             | $K_1$                            | $K_2$ | $K_3$ | $K_7$ |       |     |
| Аміак (під тиском)    | 0,0008                           | 0,681  | -33,42                  | 15                          | 0,18                             | 0,025 | 0,04  | 0,3/1 | 0,6/1 | 1/1 |
| Аміак (ізо-термічний) | —                                | 0,681  | -33,42                  | 15                          | 0,01                             | 0,025 | 0,04  | 1/1   | 1/1   | 1/1 |
| Водень ціанідний      | —                                | 0,687  | 25,7                    | 0,2                         | 0                                | 0,026 | 3,0   | 0     | 0,4   | 1   |
| Фосген                | 0,0035                           | 1,432  | 8,2                     | 0,6                         | 0,05                             | 0,061 | 1,0   | 0/0,3 | 0/0,7 | 1/1 |
| Хлор                  | 0,0035                           | 1,558  | -34,1                   | 0,6                         | 0,18                             | 0,18  | 1,0   | 0,3/1 | 0,6/1 | 1/1 |

Примітка:

- Щільність газоподібних СДОР приведена до атмосферного тиску в ємності, якщо тиск відрізняється від атмосферного, щільність газоподібних СДОР помножується на тиск.
- Значення  $K_7$  наведено: чисельник — для первинної, знаменник — для вторинної хмари.

Таблиця 3.2

Значення коефіцієнту  $K_4$  залежно від швидкості вітру

| Швидкість, м/с | 1 | 1,5  | 2   | 3    | 4 | 5    | 6    | 7 | 8    | 9    | 10   |
|----------------|---|------|-----|------|---|------|------|---|------|------|------|
| Значення $K_4$ | 1 | 1,18 | 1,3 | 1,67 | 2 | 2,34 | 2,67 | 3 | 3,34 | 3,67 | 5,68 |

- Визначення глибини зони зараження. Максимальне значення глибини зони зараження первинною ( $\Gamma_1$ ), чи вторинною ( $\Gamma_2$ ) хмарами СДОР розраховується за формулою 3.8 ( $\Gamma_2$  — визначається методом інтерполяції.) за табл. 3.3. Загальна глибина зараження визначається за формулою 3.8:

$$\Gamma = \Gamma_1 + 0,5\Gamma_2, \quad (3.8)$$

де  $\Gamma_1$  — найбільша за розмірами глибина зараження (км); $\Gamma_2$  — найменша за розмірами глибина зараження (км).

Отримане значення порівнюється з максимально можливим значенням глибини переносу повітряних мас (км), яке розраховується за формулою 3.9:

$$\Gamma_n = N \times V_{\text{пер}}, \quad (3.9)$$

де  $N$  — час від початку аварії (год); $V_{\text{пер}}$  — швидкість переносу фронту зараженого повітря при заданій швидкості вітру і СВСП (км/год).

За кінцеву величину береться найменше з двох порівнюваних значень.

Таблиця 3.3

Глибина зон можливого забруднення СДОР (км)

| Швидкість, м/с | Еквівалентна кількість СДОР, т |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|----------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | 0,01                           | 0,05 | 0,1  | 0,5  | 14   | 5     | 10    | 50    | 100   | 1000  |
| 1              | 0,38                           | 0,85 | 1,25 | 3,16 | 4,75 | 12,53 | 19,20 | 52,67 | 81,91 | 363   |
| 2              | 0,26                           | 0,59 | 0,84 | 1,92 | 2,84 | 7,2   | 10,83 | 28,73 | 44,09 | 189   |
| 3              | 0,22                           | 0,48 | 0,68 | 1,53 | 2,17 | 5,34  | 7,96  | 20,59 | 31,30 | 130   |
| 5              | 0,17                           | 0,38 | 0,53 | 1,19 | 1,68 | 3,75  | 5,53  | 13,88 | 20,82 | 83,60 |
| 7              | 0,14                           | 0,32 | 0,45 | 1,00 | 1,42 | 3,17  | 4,49  | 10,87 | 16,17 | 63,16 |

Примітка: при швидкості вітру менше 1 м/с (більше 7 м/с) розміри зон забруднення визначити, як при швидкості вітру 1(7) м/с.

- Визначення площі зони зараження СДОР

Площу зони зараження ( $S$ ) для первинної (вторинної) хмари визначають за формулою (3.10):

$$S = 8,72 \times 10^{-3} \Gamma^2 \varphi, \quad (3.10)$$

де  $\Gamma$  — глибина можливого зараження (км); $\varphi$  — кутові розміри можливого зараження залежно від швидкості вітру (табл. 3.4)Площа фактичного зараження  $S_\phi$  розраховується за формулою (3.11):

$$S_\phi = K_8 \times \Gamma^2 \times N^{0,2}, \quad (3.11)$$

де  $K_8$  — коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості атмосфери і дорівнює: при інверсії — 0,081, при ізотермі — 0,133, при конвекції — 0,235; $N$  — час після аварії (год).

$$N = \frac{\Gamma}{V_n}$$

Таблиця 3.4

Кутові розміри можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

| Швидкість вітру, м/с | 0.5 | 0.6–1 | 1.1–2 | і більше |
|----------------------|-----|-------|-------|----------|
| $\varphi$ , град     | 360 | 180   | 90    | 45       |

- Визначення тривалості зараження

Тривалість дії фактору зараження визначається за формулою (3.12)

$$T = h \times d / K_2 \times K_4 \times K_7, \quad (3.12)$$

де  $h$  — товщина шару СДОР (м); $d$  — щільність СДОР (т/м<sup>3</sup>); $K_2, K_4, K_7$  — коефіцієнти з попередніх розрахунків.

Можливі втрати в осередку хімічного ураження від СДОР залежать від умов розташування людей та забезпечення їх проти-газами (табл. 3.5)

Таблиця 3.5

Можливі втрати робочих, службовців та населення від СДОР (%)

| Місцезнаходження людей  | Забезпечення людей проти-газами |    |    |    |    |     |
|-------------------------|---------------------------------|----|----|----|----|-----|
|                         | 0                               | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| На відкритій місцевості | 90—100                          | 75 | 58 | 40 | 25 | 10  |
| У простих спорудах      | 50                              | 40 | 30 | 22 | 14 | 4   |

Примітка: орієнтована структура втрат робочих, службовців та населення від СДОР в осередку ураження, %: легкого ступеня — 25, середнього та важкого — 40, з летальним кінцем — 35.

- *Порядок нанесення зон зараження на карту (схему)*

Зона можливого зараження хмарою СДОР на карту (схему) носяться у вигляді кола, напівкола, сектора з радіусом, що дорівнює глибині зони зараження ( $\Gamma$ ), а кутовий розмір залежить від швидкості приземного вітру.

### 3.6. Розрахункова частина

**Завдання.** Оцінити хімічну обстановку на території об'єкту, що утворилася від руйнування на обвалованій ємності, яка містить 120 т хлору на залізничній станції «Сортувальна» на відстані 7 км. Метеоумови: швидкість вітру 3 м/с, температура повітря і ґрунту 20 °С, ізотермія. Люди протигазами не забезпечені, час після аварії — 2 год.

- *Визначення еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі*

Еквівалентна кількість СДОР у первинній хмарі визначається за формулою (3.3). Значення коефіцієнтів визначають за табл. 3.1:  $K_1 = 0,18$  (для скраплених газів);  $K_3 = 1$ ;  $K_5 = 0,23$ ; (для інверсії — 1, ізотермії — 0,23; конвекції — 0,08),  $K_7 = 1$ .

$$Q_{e1} = 0,18 \times 1 \times 0,23 \times 1 \times 120 = 4,97.$$

Для вторинної хмари еквівалентна кількість СДОР визначається за формулою (3.7). Коефіцієнт  $K_4$ , який враховує швидкість вітру, розраховується за формулою 3.13:

$$K_4 = 1 + 0,33(v - 1), \quad (3.13)$$

де  $v$  — швидкість вітру, м/с.

$$K_4 = 1 + 0,33(3 - 1) = 1,66$$

$K_2 = 0,52$ ,  $K_6$  — коефіцієнт, що залежить від часу  $N$ , який пройшов після аварії. Він визначається після розрахунку тривалості випаровування СДОР, яка розраховується за формулою 3.12, де  $h$  при розливі — 0,05 м,  $d$  — (з табл. 3.1) 1,558.

$K_6 = N^{0,8}$  при  $N < T$  і  $K_6 = T^{0,8}$  при  $N > T$ , при  $T < 1$  год, тоді:

$$T_{\text{вип}} = \frac{0,05 \times 1,558}{0,052 \times 1,661} = 0,9 \text{ (год)}, K_6 = 1,0$$

$$Q_{e2} = (1 - 0,18) \times 0,052 \times 1 \times 1,66 \times 0,23 \times 1 \times 120 / 0,05 \times 1,558 = 25 \text{ (т)}$$

- *Визначення глибини зони зараження*

За табл. 3.3 визначається глибина зони зараження первинною хмарою (4,97 т, приймаємо 5 т і швидкість вітру 3 м/с буде 5,34 км, тобто  $\Gamma_{\text{нх}} = 5,34$  км).

Глибина зони зараження вторинної хмари розраховується методом інтерполяції (для  $Q_{\text{вх}} = 25$  т і  $V = 3$  м/с)

$$\Gamma_{\text{вх}} = 11,94 + \left[ \frac{(20,59 - 11,94)}{(50 - 20)} \right] \times (25 - 20) = 13,38$$

Повна глибина зони зараження  $\Gamma$  (км) визначається за формулою 3.8:

$$\Gamma = 13,38 + 0,5 \times 5,34 = 16,05.$$

Отримане значення порівнюємо з максимально можливим значенням глибини переносу повітряних мас  $\Gamma_{\text{п}}$  (км), яке розраховується за формулою 3.9. Швидкість переносу фронту зараженого повітря при заданій швидкості вітру і ступеня вертикальної стійкості повітря визначається за табл. 3.6 і 3.7.

$$\Gamma_{\text{п}} = 2 \times 18 = 36, \text{ так як } \Gamma < \Gamma_{\text{п}}, \text{ то } \Gamma = 16,05.$$

Таблиця 3.6

Швидкість переносу переднього фронту хмари забрудненого повітря залежно від швидкості вітру

| Швидкість, м/с                                  | 1         | 2  | 3  | 4  | 5  | 7  |
|---|-----------|----|----|----|----|----|
| Швидкість переносу забрудненого повітря, км/год | Інверсія  |    |    |    |    |    |
|   | 5         | 10 | 16 | 21 | —  | —  |
|   | Ізотермія |    |    |    |    |    |
|   | 6         | 12 | 18 | 24 | 29 | 41 |
|   | Конвекція |    |    |    |    |    |
|   | 7         | 14 | 21 | 28 | —  | —  |

Таблиця 3.7

Визначення ступеню вертикальної стійкості повітря за прогнозом

| Швидкість вітру, м/с | ніч                     |                    | ранок                   |                    | день                    |                    | вечір                   |                    |
|----------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
|                      | Ясно, мінлива хмарність | Судільна хмарність | Ясно, мінлива хмарність | Судільна хмарність | Ясно, мінлива хмарність | Судільна хмарність | Ясно, мінлива хмарність | Судільна хмарність |
| До 2                 | Ін                      | Із                 | Із(ін)                  | Із                 | К(із)                   | Ін                 | Ін                      | Із                 |
| 2—3,1                | Ін                      | Із                 | Із(ін)                  | Із                 | Із                      | Із                 | Із                      | Із                 |
| 4 і більше           | Ін                      | Із                 | Із(ін)                  | Із                 | Із                      | Із                 | Із                      | Із                 |

Примітка: 1. Ін — інверсія; Із — ізотермія; К — конвекція; літери у дужках — показники в разі снігового покриву.

2. Ранок — час із 2 год після сходу сонця; вечір — час із 2 год після заходу сонця.

• *Визначення площі зони зараження СДОР*

Площу зони зараження ( $S_3$ ) для первинної (вторинної) хмари СДОР визначають за формулою 3.10. Куткові розміри можливого зараження залежно від швидкості вітру визначають за таблицею 3.4.  $\varphi=45^\circ$ .

Площа зони можливого зараження для первинної хмари ( $\text{км}^2$ ):

$$S_{\text{пх}} = 8,72 \times 10^{-3} \times 5,34^2 \times 45 = 11,19.$$

Для вторинної хмари:

$$S_{\text{вх}} = 8,72 \times 10^{-3} \times 13,38^2 \times 45 = 70,25.$$

Визначити загальну площу зони ймовірного зараження:

$$S_{\text{заг}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 16,5^2 \cdot 45 =$$

Площа зони фактичного зараження визначається за формулою 3.11. Коефіцієнт  $K_8$  залежить від ступеня вертикальної стійкості атмосфери: при інверсії — 0,081, при ізотермії — 0,133, при конвекції — 0,235.

$$S_{\text{вх}} = 0,133 \times 16,05^2 \times 0,89^{0,2} = 33,5.$$

Час підходу хмари  $t$  (год) зараженого повітря до об'єкта розраховують за формулою 3.14:

$$t = \frac{X}{V}, \quad (3,14)$$

де  $X$  — відстань джерела зараження до об'єкта (км);

$V$  — швидкість переносу переднього фронту хмари зараженого повітря (км/год)

$$t = 7/18 = 0,39.$$

Час уражальної дії СДОР визначається часом випаровування і дорівнює 0,9 год. Можливі втрати робочих, службовців та населення в зоні хімічного зараження можуть бути до 50%, оскільки люди не забезпечені протигазами (див. табл. 3.5). Враховуючи, що крім залізничної станції «Сортувальна» навколо є інші об'єкти, необхідно передбачити заходи щодо захисту населення та персоналу підприємства.

Результати розрахунків зведені в табл. 3.8:

Таблиця 3.8

Результати оцінки хімічної обстановки на об'єкті

|               | СДОР | Кількість СДОР, т | Глибина зони зараження, км | Площа зони зараження, $\text{км}^2$ | Час початку зараження, год | Час вражаючої дії СДОР, год | Можливі втрати, % |
|---------------|------|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Вибух ємності | хлор | 120               | 16,05                      | 33,5                                | 0,3                        | 0,9                         | 50                |

Пропозиції щодо захисту населення та персоналу підприємства.

Перший період (негайно):

- оповіщення про аварію;
- приведення в готовність формувань Ц.О. об'єкта;
- надання невідкладної (першої медичної) допомоги ураженим, евакуація в медичні заклади;
- оцінка масштабів аварії, визначення площі забруднення рідким СДОР, глибини та ширини розповсюдження забрудненого повітря;
- уточнення числа людей на об'єкті і в зоні розповсюдження забрудненого повітря, вжиття заходів для захисту населення, використання індивідуальних засобів захисту, при необхідності — евакуація населення;
- організація невідкладних аварійно-рятувальних і дегазаційних робіт.

Другий період (1—3 год):

- уточнення й оцінка хімічної обстановки, проведення постійного хімічного контролю;
- вияв потерпілих, надання їм першої медичної допомоги, евакуація в медичні заклади;
- санітарна обробка ліквідаторів аварії;
- дегазація аварійного об'єкта, робочих місць;
- заборона перебування людей на відкритій місцевості без засобів захисту, споживання води і продуктів харчування до проведення хімічного контролю.

Третій період (4 год і далі):

- уточнення й оцінка хімічної обстановки, її прогнозування;
- медичне обстеження населення, яке було в зоні ураження СДОР;
- проведення розширеного хімічного контролю навколишнього середовища, води, продуктів харчування, санітарний нагляд;
- санітарна обробка людей, дегазація об'єкта, робочих місць.

**ЗАДАЧА.** За прикладом (див. пункт 3.6) виконати оцінку хімічної обстановки на об'єкті, що склалася після руйнування ємності зі СДОР відповідно до варіанта, поданого в табл. 3.9, зробити звіт і дати свої пропозиції щодо захисту персоналу і населення.

Варіанти завдань для оцінки хімічної обстановки на об'єкті

| Показник                              | Варіанти |     |     |     |     |     |    |    |     |     |
|---------------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|
|                                       | 1        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9   | 10  |
| Вибух ємності                         | З хлором |     |     |     |     |     |    |    |     |     |
| Маса СДОР, т                          | 30       | 30  | 40  | 40  | 50  | 50  | 60 | 60 | 80  | 80  |
| Швидкість вітру, м/с                  | 3        | 1   | 3   | 1   | 3   | 1   | 3  | 1  | 3   | 1   |
| Температура повітря, °С               | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   |
| Відстань, км                          | 5        | 6   | 6   | 6   | 7   | 6   | 7  | 6  | 5   | 6   |
| Середня вертикальна стійкість повітря | із       | ін  | із  | ін  | із  | ін  | із | ін | із  | ін  |
| Показник                              | Варіант  |     |     |     |     |     |    |    |     |     |
| Вибух ємності                         | 11       | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17 | 18 | 19  | 19  |
| Маса СДОР, т                          | 120      | 100 | 100 | 100 | 150 | 150 | 60 | 80 | 120 | 120 |
| Швидкість вітру, м/с                  | 1        | 3   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Температура повітря, °С               | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 20 | 20 | 20  | 20  |
| Відстань, км                          | 6        | 10  | 6   | 4   | 6   | 6   | 6  | 6  | 6   | 6   |
| Середня вертикальна стійкість повітря | ін       | із  | ін  | ін  | ін  | ін  | ін | ін | ін  | ін  |

Примітка: із — ізотермія; ін — інверсія.